

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

7
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ЭКОНОМИКА

Зерновая отрасль России:
итоги, риски, перспективы

20

ВЕТЕРИНАРИЯ

Дезинфекция питьевой воды
для сельскохозяйственной
птицы

62

АГРОНОМИЯ

Методы многомерного анализа
в оценке новых перспективных
отборов земляники

149

23-25 ОКТЯБРЯ 2024 г

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ТЕРРИТОРИЯ «СИРИУС»

VE ASIA EXPO | 2024

II Международный сельскохозяйственный конгресс ASIAEXPO



Мероприятие организовано при государственной поддержке в интересах российского аграрного бизнеса

50 стран-участниц

76 000 м² выставочного пространства

350 ведущих компаний отрасли

300 экспертов-практиков

10 000 целевой аудитории

Комьюнити гарантов продовольственной безопасности - стань одним из нас!

АЗИЯЭКСПО - открываем мир возможностей!



КормВет экспо Грэйн 2024

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

22-24 ОКТЯБРЯ

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



СВИНОВОДСТВО | ПТИЦЕВОДСТВО | ЖИВОТНОВОДСТВО | АКВАКУЛЬТУРА
ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМОВ | ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА



FEEDVET-EXPO.RU

НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!

ТЕЛ.: +7 (499) 649-50-20
E-MAIL: INFO@FEEDVET-EXPO.RU

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ ООО "ДЕКАРТС СИСТЕМ"
119049, Г. МОСКВА, ЛЕНИНСКИЙ ПРОСПЕКТ, 2/2А, ОФИС 326

7 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 384, номер 7, 2024

Volume 384, number 7, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

© 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 Нерозик Д.С.
Журналист Седова Ю.Г.
Менеджер по работе с клиентами Теплова А.С.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спаская, д. 20
Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 2
Тел. редакции +7 (916) 616-05-31
agrovetpress@inbox.ru
www.vetpress.ru
<https://agrarnayanauka.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 печатный журнал можно подписаться: в редакции по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, agrovetpress@inbox.ru; в агентстве подписки ООО «Урал-Пресс Округ» — <https://www.ural-press.ru/catalog/>; Бесплатная подписка на электронную версию — <https://agrarnayanauka.ru> Подписка на архивные номера и отдельные статьи: на сайте научной редакции <https://www.vetpress.ru/jour> на сайте научной электронной библиотеки www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 11.07.2024

Дата выхода в свет 19.07.2024

Отпечатано в типографии ООО «Пропечать»: 119618, г. Москва, Боровское ш, дом 2А, корп. 4, кв. 260.

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-Спаская, 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+

Топурия 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.

Щербakov 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 Нтсомбо 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.

Джураев 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 Souza, 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. Махомулдали, 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.

Кузьменко 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.

7 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 384, номер 7, 2024

Volume 384, number 7, 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 Neroznic D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

Account Manager Teplova A.S.

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

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

Editorial phone +7 (916) 616-05-31

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.

You can subscribe to the print magazine:

— in the editorial office by phone. +7 (495) 777 67 67, ext. 1453, agrovetpress@inbox.ru

— in the subscription agency Ural-Press Okrug LLC — <https://www.ural-press.ru/catalog/>

Free subscription to the electronic version of the magazine — <https://agrarnayanauka.ru>

Subscription to archived issues and individual articles:

— on the website of the Scientific editorial staff

<https://www.vetpress.ru/jour>

— on the website of the Scientific Electronic Library

www.elibrary.ru

The circulation of 2000 copies.

Signed in print 11.07.2024

Release date 19.07.2024

The journal is printed in the printing house of LLC "Propechat": 119618, Moscow, Borovskoye sh., building 2A, bldg. 4, apt. 260.

АГРАРНАЯ АGRARIAN НАУКА 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.

Abitov 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.

Ansoni 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.

16+

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, Uralsk, 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	8	
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ		
З вопроса эксперту. Профилактика и борьба с фузариозом колоса	9	
Сергей Митин: «Племенное животноводство может и должно стать драйвером интенсивного развития АПК».....	10	
Влияние мастита на снижение оплодотворяемости у крупного рогатого скота голштинской породы.....	11	
Рациональное использование животного протеина: ключ к повышению производительности животных	14	
Экспорт продукции АПК из РФ в Африку в 2023 году вырос на четверть	18	
РЗС: Таких поздних возвратных заморозков на нашей территории не было больше 100 лет.....	19	
Зерновая отрасль России: итоги, риски, перспективы.....	20	
В Новосибирской области завершается посевная кампания	22	
Новая структура – Уральское межрегиональное управление Россельхознадзора – создана в рамках реорганизации регуправлений Службы	23	
Природная кормовая добавка как средство усиления контроля над субклиническим кокцидиозом у индеек	24	
Эффективная профилактика заболеваний копытцев заразной этиологии	28	
Необходимость и актуальность профилактики дерматофитозов кошек и собак	30	
Перспективы внедрения искусственного интеллекта в систему оценки знаний и мониторинг успеваемости учащихся аграрных вузов.....	33	
Экологический интеллект и ESG-стратегии: изучение экологического аспекта на примере ПАО «Лукойл»	36	
ВЕТЕРИНАРИЯ		
Бурков П.В., Ребезов М.Б., Дерхо М.А., Щербаков П.Н., Дерхо А.О. Иммунометаболические особенности формирования поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок.....	38	
Куванов Т.К., Пименов Н.В., Кореньга М.В., Найденов Д.А. Иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров	49	
Абилов А.И., Новгородова И.П., Никанова Д.А., Комбарова Н.А., Корнеевко-Жилев Ю.А. Неспецифическая резистентность быков-производителей в зависимости от пород, внутривидовых возрастных отличий и уровня общего белка	55	
Еланчинцева О.В., Генятов С.И. Дезинфекция питьевой воды для сельскохозяйственной птицы	62	
ЗООТЕХНИЯ		
Романова Е.А., Тулинова О.В. Конструирование прогнозного индекса для получения новых высокоценных генотипов коров	69	
Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н. Тестирование разработанного способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по SNP-маркеру гена <i>iNOS</i>	74	
Попов Н.А., Щегольков Н.Ф. Определение генетической ценности животных селекционных групп для заказных спариваний в популяции красно-пестрой породы	79	
Колесник Н.С., Зеленченкова А.А., Вьючная П.С., Артемьева О.А. Микробиологические показатели в рубце овец при скармливании разного уровня концентратов	85	
Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В., Черногорев О.А., Сизенцов А.Н. Оценка аддитивного эффекта взаимодействия фитобиотиков с цинком на <i>Quorum Sensing P. aeruginosa</i> на модели <i>in vitro</i>	91	
Горелик О.В., Харлап С.Ю., Неверова О.П., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Влияние возраста первого осеменения на продуктивные качества коров.....	96	
АГРОНОМИЯ		
Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Хозяйственная эффективность сортов ярового ячменя от применения микробиологического препарата «Органит N, Ж» и «Органит Р, Ж» в Рязанской области.....	102	
Дорошенко Э.С., Донцова А.А. Характеристика коллекционных образцов озимого ячменя по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам	107	
Ториков В.Е., Мельникова О.В., Наливайко Т.А. Сравнительная оценка урожайности зеленой массы и зерна гибридов кукурузы в условиях Центрального региона России	113	
Зотова В.С., Пролётова Н.В., Конова А.М. Влияние провокационных условий повышенного кислого фона почвы на морфологические признаки растений льна-долгунца (<i>Linum usitatissimum</i>).....	119	
Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е. Ширина листа — маркерный признак высокой урожайности зеленой массы сорго сахарного.....	125	
Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А. Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья	130	
Казахмедов Р.Э., Фейзуллаев Б.А., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И. Генетические ресурсы и селекция винограда в Дагестане.....	136	
Яковенко В.В., Лапшин В.И. Методы многомерного анализа в оценке новых перспективных отборов земляники	149	
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Мосяков М.А. Методика и результаты лабораторно-полевых исследований сепарирующей системы машины для уборки сахарной свеклы	154	
Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Прогнозное распределение технологий переработки свиного навоза и куриного помета в РФ для принятия мер по снижению выбросов парниковых газов.....	160	
Якименко М.В., Татаренко И.Ю., Сорокина А.И. Культурально-физиологическая характеристика штаммов <i>Sinorhizobium fredii</i> селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои и их способность продуцировать витамины B_9 и B_{12}	166	
Чанов И.М. Применение методов <i>in silico</i> при направленном гидролизе сывороточных белков.....	170	
РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА		
Улыбина Л.В. Современное состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса РФ в контексте экономической безопасности	179	
Кузнецова Л.В., Лавров А.В. Анализ обеспеченности тракторами аграрного сектора экономики Калужской области.....	187	

CONTENTS

NEWS	8	
INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES		
3 questions for the expert. Prevention and control of fusarium head blight	9	
Sergey Mitin: "Pedigree livestock farming can and should become a driver of intensive development of the agro-industrial complex"	10	
The effect of mastitis on the reduction of fertility in Holstein cattle	11	
Sustainable use of animal protein: the key to improving animal performance	14	
Exports of agricultural products from the Russian Federation to Africa increased by a quarter in 2023	18	
Such late return frosts have not occurred on our territory for more than 100 years	19	
Russian grain industry: results, risks, prospects	20	
The sowing campaign is ending in the Novosibirsk region	22	
The Ural Interregional Directorate of Rosselkhoznadzor was created as part of the reorganization of the regulatory departments of the Service	23	
Natural feed additive as a means of enhancing control of subclinical coccidiosis in turkey	24	
Effective prevention of contagious claw diseases	28	
The need and relevance of the prevention of dermatophytosis in cats and dogs	30	
Prospects for the introduction of artificial intelligence into the system of knowledge assessment and monitoring the progress of students at agricultural universities	33	
Environmental intelligence and ESG strategies: studying the environmental aspect using the example of PJSC Lukoil	36	
VETERINARY MEDICINE		
Burkov P.V., Rebezov M.B., Derkho M.A., Shcherbakov P.N., Derkho A.O. Immunometabolic features of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows. Agrarian science. 2024	38	
Kuvanov T.K., Pimenov N.V., Korenyuga M.V., Naydenov D.A. Immunotropic effect of feed additives based on metaprobiotics and phytobiotics in providing specific immunity in broiler chickens	49	
Abilov A.I., Novgorodova I.P., Nikanova D.A., Kombarova N.A., Korneenko-Zhilyaev Yu.A. Nonspecific resistance of breeding bulls depending on breeds, intrabreed age differences and total protein level	55	
Epanchintseva O.V., Geniyatov S.I. Disinfection of drinking water for poultry	62	
ZOOTECHNICS		
Romanova E.A., Tulinova O.V. Construction of a predictive index to create new high-value genotypes of cows	69	
Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N. Testing of the developed method for PCR-RFLP genotyping of cattle using SNP markers of the <i>iNOS</i> gene	74	
Popov N.A., Shchegolkov N.F. Determination of the genetic value of animals of breeding groups for custom mating in the population of the red-mottled breed	79	
Kolesnik N.S., Zelenchenkova A.A., Vyuchnaya P.S., Artemyeva O.A. Microbiological indicators in the rumen of sheep when fed different levels of concentrates	85	
Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kilyakova Yu.V., Chernogorets O.A., Sizentsov A.N. Evaluation of the additive effect of the interaction of phytobiotics with zinc on <i>Quorum Sensing P. aeruginosa</i> in an <i>in vitro</i> model	91	
Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Neverova O.P., Gorelik A.S., Rebezov M.B. The influence of the age of the first insemination on the productive qualities of cows	96	
AGRONOMY		
Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Economic efficiency of spring barley varieties from the use of microbiological preparation "Organit N, Zh" and "Organit R, Zh" in the Ryazan region	102	
Doroshenko E.S., Dontsova A.A. Characteristics of collection winter barley samples according to the main economically valuable traits and properties	107	
Torikov V.E., Melnikova O.V., Nalivaiko T.A. Comparative assessment of the yield of green mass and grain of corn hybrids in the conditions of the Central Regions of Russia	113	
Zotova V.S., Proletova N.V., Konova A.M. The influence of provocative conditions of increased acidity of the soil on the morphological characteristics of fiber flax plants (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	119	
Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E. Leaf width as a marker trait of high productivity of sweet sorghum green mass	125	
Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A. The role of cereal grasses in the formation of pasture grass stands on drained lands of the Upper Volga region	130	
Kazakhmedov R.E., Feyzullaev B.A., Agakhanov A.H., Abdullayeva T.I. Genetic resources and grape breeding in Dagestan	136	
Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Methods of multivariate analysis in estimation of the new prospect strawberry selections	149	
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES		
Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Mosyakov M.A. Method and results of laboratory and field studies of a separating system with thermal energy of cleaning a machine for sugar beet harvesting	154	
Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasiliev E.V. Forecast distribution of technologies for processing pig and poultry manure in the Russian Federation to take measures for GHG reduction	160	
Yakimenko M.V., Tatarenko I.Yu., Sorokina A.I. Cultural and physiological characteristics of <i>Sinorhizobium fredii</i> strains (selected by the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean and their ability to produce vitamins B ₉ and B ₁₂)	166	
Chanov I.M. Application of <i>in silico</i> methods for targeted hydrolysis of whey proteins	170	
REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY		
Ulybina L.V. Current state and problems of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of economic security	179	
Kuznetsova L.V., Lavrov A.V. Analysis of the supply of tractors in the agricultural sector of the Kaluga region economy	187	

**РОССИЯ — ЧЕТВЕРТАЯ СТРАНА
В МИРЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МЯСА**

РФ вышла на четвертое место в мире по производству мяса, сообщил премьер-министр России Михаил Мишустин на стратегической сессии по нацпроекту «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности». «Обеспечиваем себя с серьезным запасом и рыбой, и сахаром, и картофелем, — отметил глава кабмина, — по итогам прошлого года увеличился урожай овощей». В РФ продолжаются работы по наращиванию выпуска молочной продукции, молока, соли, семян, фруктов и ягод.

«Наша страна — ведущий поставщик на внешние рынки по многим товарам и позициям. Мы занимаем третье место в мире по торговле ячменем, второе место — по поставкам зерновых и зернобобовых, подсолнечного и рапсового масла, первое место — по экспорту пшеницы», — проинформировал Михаил Мишустин.

Вся эта продукция востребована в России и за рубежом, и никакие ограничения и санкции не помешали агробизнесу продвигать российское сельскохозяйственное сырье и продовольствие на экспорт, заключил премьер-министр.

(Источник: ТАСС)

**В ЧУВАШИИ
СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЯМ
ВОЗМЕСТЯТ ЗАТРАТЫ НА
ОПЛАТУ ТРУДА ПРОФИЛЬНЫХ
ПРАКТИКАНТОВ**

Минсельхоз Чувашии возместит аграриям оплату труда практикантов: отбор проходит на портале предоставления мер финансовой господдержки 4–12 июня (прием заявок открыт на возмещение средств сельхозтоваропроизводителям, которые предоставляют места для практики студентам). Информация об этом размещена на сайте министерства.

Сельхозтоваропроизводители региона смогут вернуть 90% затрат, направленных в 2023 и 2024 годах на оплату труда и проживание профильных практикантов из образовательных организаций Минсельхоза России, и 30% — для обучающихся в других госучреждениях, уточнили в ведомстве.

Как отметил вице-премьер, министр сельского хозяйства республики Сергей Артамонов, регион впервые присоединился к предоставлению этой меры господдержки в 2024 году, и теперь аграрии смогут компенсировать затраты на проживание и оплату труда студентов-практикантов, обеспечить себя квалифицированными кадрами. На эти цели в федеральном и республиканском бюджете, благодаря госпрограмме «Комплексное развитие сельских территорий», предусмотрено 675,8 тыс. руб., сообщил он.

*(Источник: Официальный сайт Минсельхоза
Чувашской Республики)*



**В РФ ОБЪЕМ ПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОВО-ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ
В 2023 ГОДУ СОСТАВИЛ 1,9 МЛН Т**

Сбор плодов и ягод в промышленных садах России к 2030 году вырастет до 2,26 млн т, сообщил директор департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства РФ Роман Некрасов в ходе пленарной сессии VI Международной выставки «ПРО ЯБЛОКО 2024».

Российское садоводство в последние годы демонстрирует устойчивую тенденцию роста и развития, в России увеличивается и площадь насаждений, и урожайность, отметил Роман Некрасов. Так, согласно его данным, по итогам 2023 года с 1 га было получено почти 17,5 т продукции — наилучшее значение за последние годы.

По информации директора департамента Минсельхоза, в РФ объем производства плодово-ягодной продукции в прошлом году составил 1,9 млн т. Таким образом, по прогнозу, к 2030 году данный показатель вырастет на 18,5%, в том числе урожай семечковых культур достигнет 2,08 млн т (+16% от прошлогоднего уровня), косточковых — 135,6 тыс. т (+56%) и ягод — 45,2 тыс. т (больше в 1,8 раза), обозначил он. При этом площадь плодоносящих насаждений по сравнению с 2023 годом, должна вырасти к указанному периоду на 19% и достигнуть 130 тыс. га, а средняя урожайность в промышленных садах России составит 178 ц/га (в 2023 году — 174,7 ц/га), отметил Роман Некрасов.

(Источник: Официальный сайт Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ им. М.В. Ломоносова)

ВОПРОСЫ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК ОБСУДИЛИ В ТГУ

В числе 9 нацпроектов, которые до 2030–2036 годов планирует запустить Правительство России, проект технологического обеспечения продбезопасности РФ, сообщил директор департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России Вугар Багиров на круглом столе «Аграрная наука и образование: перспективы развития», прошедшем в Томском госуниверситете. Аграрные вузы, научно-исследовательские институты должны стать локомотивом реализации проекта, отметил он. «Наша задача — интегрировать науку, образование и реальный сектор экономики. Это единственный магистральный путь обеспечения технологического суверенитета страны», — заявил чиновник.

ТГУ поставил амбициозную цель — «сложить» современную агробиотехнологическую профессиональную школу и исследовательское направление, сообщил ректор вуза Эдуард Галажинский. «Мы вошли в первый раунд проектов по передовым инженерным школам и третий год активно работаем», — уточнил он.

В ходе мероприятия была отмечена важность профессий АПК для страны. «Агроном — одна из трех самых престижных профессий в мире, которая не умрет ни при какой автоматизации. Специалисты АПК нужны всегда», — сказала ректор Ярославского государственного аграрного университета Светлана Гусар, отметив, что в аграрную сферу идут 60% выпускников вуза. «Это говорит о крайней востребованности специалистов», — заключила она.

(Источник: Официальный сайт Департамента по социально-экономическому развитию села Томской области)

**Подпишитесь
на наш
Telegram-канал!**





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 методах профилактики и борьбы с фузариозом колоса и системном фунгициде профилактического и лечебного действия «Фея, КЭ».



1 Такое заболевание, как фузариоз колоса пшеницы, знакомо многим аграриям. Расскажите поподробнее, чем оно опасно.

Во всем мире фузариоз колоса относится к одному из самых опасных заболеваний зерновых культур. Наряду с потерями урожая, вызванными снижением всхожести семян и энергией прорастания, уменьшением количества зерна в колосе и другими показателями, эта болезнь может ухудшить и хлебопекарные качества зерна, и, кроме того, образовывать в собранном урожае опасные микотоксины, причиняющие вред людям и животным. Содержание фузариозных зерен регламентировано в ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» и не должно превышать 1%.

Возбудителями фузариоза колоса являются грибы рода *Fusarium*. Они поражают пшеницу в период цветения, так как в это время растение наиболее уязвимо. В среднем цветение пшеницы составляет от одного до двух дней, но в случае дождливой погоды этот срок увеличивается. Соответственно, повышается и риск заражения.

Простыми словами фузариоз можно описать как сухую гниль растения. При этом чешуйки колоска темнеют и становятся более маслянистыми. Колос покрывается налетом из вредоносных спор.

К основным причинам фузариоза относят плохую обработку почвы и зараженный посевной материал. Зараженные семена не взойдут, но могут поспособствовать распространению спор. Именно поэтому перед посадкой посевной материал необходимо обработать фунгицидами. Это предотвратит развитие спор в семенах и защитит их от заражения в почве.

2 Возможно ли предотвратить развитие фузариоза? Какие методы профилактики существуют?

Фузариоз легче предотвратить, чем обезвредить. При профилактике фузариоза нужно ответственно отнестись к выбору сорта пшеницы, опираясь на данные, что произрастало на поле до этого. Например, если ранее выращивали кукурузу,

допускаются к посеву только некоторые сорта пшеницы, более устойчивые к возбудителям фузариоза колоса. При этом абсолютно не восприимчивых сортов к фузариозу не существует.

Фузариоз колоса пшеницы — это не тот случай, когда с обработкой поля можно задержаться на неделю-две или провести ее заранее. Наиболее интенсивно заражение происходит в фазе цветения пшеницы, поэтому обработку фунгицидами следует проводить в начале этого периода.

Необходимо предупредить заражение колоса возбудителем *Fusarium*, проведя обработку озимой пшеницы фунгицидами. На рынке есть эффективные действующие вещества для защиты от фузариоза колоса: тебуконазол, метконазол, протиоконазол.

В портфеле ГК «Шанс» есть фунгицид «Фея, КЭ», способный предотвратить вспышку этой болезни.

3 Расскажите, пожалуйста, о вашем препарате «Фея, КЭ». Насколько он эффективен в борьбе с фузариозом?

Оба действующих вещества фунгицида «Фея, КЭ» относятся к группе триазолов — протиоконазол 125 г/л и тебуконазол 125 г/л. Сочетание протиоконазола и тебуконазола обеспечивает:

- продолжительное (за счет различий в скорости проникновения) поступление действующих веществ в растения и клетки патогена;
- равномерное распределение действующих веществ по тканям растения;
- действие на широкий спектр возбудителей болезней.

Спектр действия: «Фея, КЭ» — более «точечный» препарат по заболеваниям колоса. Отличная эффективность препарата по листовым болезням.

Сроки применения: в более поздние фазы. Применяем препарат «Фея, КЭ» по кукурузе нормой 1 л/га в фазу «8–10 листьев», последующая обработка в фазу выметывания по 0,8 л/га.

Спектр активности — культура кукуруза. Фузариозные и гельминтоспориозные гнили (*Fusarium spp.*), плесневение початков (*Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Mucor spp.*,



Alternaria spp.), пузырчатая головня (*Ustilago zaeae* (Link) Unger.). По пшенице работаем фунгицидом «Фея, КЭ» нормой 0,8–1 л/га в фазу колошения (до начала цветения).

Спектр активности — культура пшеница. Виды ржавчины (*Puccinia spp.*), септориоз листьев и колоса (*Septoria spp.*), пиренофороз (*Drechslera tritici-repentis*), мучнистая роса (*Blumeria graminis*), темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana*), фузариоз колоса (*Fusarium spp.*)

Период защитного действия фунгицида «Фея, КЭ»: продолжительность защитного действия зависит от погодных условий, степени инфицирования на момент проведения обработки и ряда других факторов. Как правило, защитный эффект сохраняется в течение 2–5 недель.

Скорость воздействия: тебуконазол проникает и распределяется в растении быстрее, чем протиоконазол, и обеспечивает быстрое начало действия. Протиоконазол обеспечивает продолжительное действие, медленнее проникая и равномерно распределяясь в растении в течение более длительного, чем тебуконазол, времени.

Препарат «Фея, КЭ» работает очень хорошо по фузариозу, но точное прогнозирование инфекции имеет решающее значение для своевременного применения фунгицидов.

Читайте в следующем номере статью о возможностях инсектицида Гоплит, КС.

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.

СЕРГЕЙ МИТИН: «ПЛЕМЕННОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО МОЖЕТ И ДОЛЖНО СТАТЬ ДРАЙВЕРОМ ИНТЕНСИВНОГО РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА»

Ведущие эксперты обсудили современное состояние, проблемы и перспективы развития отечественного животноводства и ветеринарии в ходе круглого стола, организованного верхней палатой российского парламента. Мероприятие провел первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин.

В рамках заседания были рассмотрены вопросы значимости подотраслей животноводства, ветеринарии как системообразующей части российского АПК. Согласно данным экспертов, животноводство — один из наиболее капиталоемких и наукоемких секторов — обеспечивает на сегодняшний день более 40% производства сельхозпродукции, отметил первый зампред Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин. Данная отрасль оказывает существенное влияние не только на формирование внутреннего агропродовольственного рынка, но и на развитие смежных сфер народного хозяйства, включая пищевую и легкую промышленность, заявил он. Более того, сельхозорганизации, специализирующиеся на молочном и мясном животноводстве, во многом определяют уровень жизни сельского населения и ее качество, поскольку именно они обеспечивают круглогодичную занятость работников, несут социальную нагрузку и решают многие жилищно-коммунальные вопросы, добавил парламентарий.

В настоящее время на территории Российской Федерации представлены скотоводство, свиноводство, птицеводство, овцеводство, кролиководство, коневодство, пчеловодство и ряд других подотраслей животноводства, констатировал сенатор. «Отмечу позитивные результаты: в прошлом году в России уровень самообеспечения по мясу и мясопродукции превысил 100%, обойдя на 15% показатель, установленный Доктриной продовольственной безопасности, — рассказал он. — Несколько сложнее обстоит ситуация по молоку и молокопродуктам — 85,3%, но, тем не менее, темпы роста здесь тоже достаточно стабильны и позволяют надеяться, что в ближайшем будущем этот показатель будет достигнут». Сергей Митин также обозначил устойчивый рост производства скота и птицы в живом весе на убой, которых, как зафиксировал Росстат, в минувшем году было произведено 16,5 млн тонн. Благодаря господдержке в России создана собственная база племенных ресурсов по 13 видам сельскохозяйственных животных, проинформировал он. Однако имеются и проблемы, — дефицит квалифицированных кадров, недостаточность обеспечения лабораторий оборудованием, отметил законодатель, выделив «критическую зависимость отечественного птицеводства от импортного генетического материала». По оценке Министерства



сельского хозяйства РФ, на текущий момент она составляет 98%, отметил он. Парламентарий указал, что федеральный Минсельхоз проводит серьезную системную работу по локализации производственных мощностей для воспроизводства на территории нашей страны племенных ресурсов. В этой связи он напомнил о реализации, — в целях развития племенной базы генетического материала в бройлерном птицеводстве, — глобального проекта по строительству современного, но пока единственного в России, селекционного центра с использованием нового российского кросса мясных кур «Смена 9», расположенного в Подмосковье.

По словам сенатора, племенное животноводство может и должно стать приоритетом аграрной политики государства и драйвером интенсивного развития агропромышленного комплекса страны. Он сделал акцент на прямой зависимости развития внутреннего рынка животноводческой продукции, повышения ее конкурентоспособности и эффективности, успешной реализации экспортного потенциала от обеспечения необходимого уровня ветеринарной безопасности. В фокусе особого внимания, в условиях усиления и без того беспрецедентного санкционного давления на Россию, находится отрасль производства ветеринарных препаратов, используемых для лечения, профилактики и диагностики заболеваний животных, заявил сенатор, отметив масштабную работу, которая ведется в стране по обеспечению эпизоотического благополучия, прежде всего, животноводческого сектора.

Ю.Г. Седова

ВЛИЯНИЕ МАСТИТА НА СНИЖЕНИЕ ОПЛОДОТВОРЯЕМОСТИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

Мастит — распространенное заболевание, которое приводит не только к существенным затратам на лечение, но и к затратам при браковке некондиционного молока на молочных фермах по всему миру [5]. По утверждению некоторых авторов, мастит коров оказывает негативное влияние не только на производство молока, но и на репродуктивные показатели, что снижает чистую прибыль молочных ферм [4, 6, 10].

У коров с клиническим маститом, вызванным грамотрицательными возбудителями, происходят изменения интервалов между течками и уменьшается продолжительность лютеиновой фазы, что ведет к отрицательной корреляции между клиническим маститом и воспроизводством [9]. Это может быть связано с тем, что эндотоксин, вырабатываемый грамотрицательными возбудителями, может индуцировать лютеолиз и влиять на оплодотворение и ранние выживания эмбрионов за счет высвобождения медиаторов воспаления [7]. Цитокины, как медиаторы воспаления, вырабатываемые при мастите и попадающие в кровоток, вызывают выработку простагландина F_{2α} [12], а простагландин F_{2α} вызывает не только регресс желтого тела, но и приводит к уменьшению уровня прогестерона в крови, что снижает вероятность наступления стельности. Было доказано, что цитокины оказывают пагубное влияние на функцию гипоталамо-гипофизарной системы в послеродовом периоде, приводя к аномальной выработке гонадотропина [11]. Снижается уровень фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормона, что пагубно влияет на развитие фолликулов и овуляции, возникают репродуктивные проблемы, такие как ановуляция после течки, неудачное оплодотворение и последующая гибель эмбриона [8].

Насколько известно, в нашей стране мастит у коров также имеет широкое распространение, на что указывают ряд авторов [1–3]. Но мы так и не нашли данных о статистических исследованиях влияния мастита на показатели воспроизводства крупного рогатого скота.

Цель данной работы — установить взаимосвязь между заболеванием маститом и его практическим влиянием на показатели воспроизводства крупного рогатого скота.

Материалы и методы

В статистическом исследовании было задействовано стадо крупного рогатого скота голштино-фризской породы на фермах, расположенных в Краснодарском крае и Московской области. Среднее количество лактирующих коров в стаде за исследуемый период составило примерно 4150 голов, среднесуточный удой на дойную корову — 30 л.

Коров содержали в секциях с бетонным полом и системой удаления навоза. Лежаки из прорезиненных матов без использования подстилочного материала.

Кормили общим смешанным рационом два раза в день с неограниченным доступом к воде. Для сохранения здоровья животных применялись стандартные методы управления. Доеение животных осуществлялось двукратно — в 6:00 и 18:00. На исследуемых молочных фермах раз в месяц проводился скрининг на соматические клетки для выявления коров с высоким содержанием соматических клеток. На ежедневной основе дояры выявляли больных маститом коров и отправляли их на лечение ветеринарному врачу. Все данные по больным животным заносились в программу управления стадом DairyComp305.

Программа воспроизводства на фермах Краснодарского края была выстроена без выявления животных в охоте. Для первого осеменения животных применялся протокол DoubleOvsynch, постановка животных на данный протокол проводилась с 40-го по 46-й день в доении. Повторные осеменения проводились с использованием протокола Resynch спустя 32 дня после предыдущего осеменения.

На фермах Московской области использовался протокол для первого осеменения Presynch/Ovsynch с выявлением животных в охоте. Повторные осеменения проводили по охоте и с применением для невыявленных животных программы Resynch спустя 32 дня после предыдущего осеменения.

Искусственное осеменение животных проводилось ректоцервикальным способом с использованием традиционного семени компании Alta.

Все процедуры диагностики стельности осуществлялись опытными ветеринарными врачами на 36-й день после искусственного осеменения с использованием ультразвукового исследования ректальным зондом 5–7,5 МГц BCF EasyScan.

Результаты исследований

В общей сложности в исследуемых хозяйствах Краснодарского края были выявлены 397 случаев заболевания маститом, что составляет 23% от поголовья ферм. В хозяйствах Московской области были выявлены 665 случаев заболевания маститом, что составило 28% от поголовья ферм. Причем наибольший процент случаев заболевания маститом приходится на коров 3 и более лактаций, у коров первой лактации число случаев заболевания маститом было меньше (табл. 1).

Таблица 1. Частота заболеваний маститом по лактациям

Лактация	Краснодарский край			Московская область		
	Всего, гол.	Кол-во случаев мастита	Процент	Всего, гол.	Кол-во случаев мастита	Процент
1	595	75	13	685	141	21
2	450	110	24	716	178	25
3 и более	703	212	30	1006	346	34
Всего	1748	397	23	2407	665	28

Таблица 2. Показатели воспроизводства здоровых коров и больных маститом

Показатели	Краснодарский край			Московская область		
	Здоровые n = 1351	Больные (n = 397)	Всего (n = 1748)	Здоровые (n = 1742)	Больные (n = 665)	Всего (n = 2407)
Индекс стельности	28%	22%	26%	29%	23%	26%
Индекс выявления охоты	62%	59%	61%	60%	55%	58%
Индекс оплодотворения:						
1-я лактация	44%	36%	41%	47%	40%	45%
2-я лактация	50%	42%	48%	48%	44%	47%
3+ лактация	40%	36%	38%	49%	41%	46%
3+ лактация	39%	35%	37%	45%	38%	42%
Стельные к 150-му дню доения	77%	67%	75%	84%	78%	82%
Сервис-период, дни	131	159	140	103	113	106
Средний день первого осеменения	78	78	78	67	69	68

Далее разбили исследования на три группы: 1-я группа (здоровые) — коровы, которые не болели маститом в течение периода воспроизводства; 2-я группа (больные) — коровы, которые в момент осеменения были больны или заболели в интервале от осеменения до теста стельности; 3-я группа (всего) — средние показатели воспроизводства по двум группам. Некоторые показатели воспроизводства представлены в таблице 2.

Как можем наблюдать из представленных данных (табл. 2), индекс стельности у здоровых животных значительно выше, чем у больных, как на фермах Краснодарского края, так и в Московской области. Но индекс выявления охоты на фермах Краснодарского края у больных животных всего ниже на 3% относительно здоровых и на 2% относительно среднего показателя по фермам. Возможно, такое небольшое отличие заключается в том, что на данных фермах система воспроизводства ведется строго по протоколам синхронизации половых циклов.

На фермах Московской области разница в индексе выявления в охоте у больных коров уже заметно выше и составляет 5% от здоровых, 3% от среднего показателя. Но всё же большее влияние на индекс стельности, как на комплексный показатель, оказывает разница в индексах оплодотворения. Так, разница в среднем индексе оплодотворения у больных животных относительно здоровых составляет 7–8%, а относительно среднего показателя по фермам — 5%. Если проанализировать ситуацию по первым трем осеменениям, то можно увидеть еще большую разницу в показателях оплодотворения (табл. 3).

Если проанализировать данные таблицы 3, то самая большая разница в индексе оплодотворения между больными и здоровыми животными приходится на два первых искусственных осеменения. В Краснодарском крае индекс оплодотворения по первому осеменению

на 13% больше у здоровых коров (50%) относительно больных (37%), а в Московской области разница составляет 8% по первому осеменению. Скорее всего, такая разница связана с тем, что на первые два осеменения приходится наибольшее количество случаев заболевания коров маститом.

Был проанализирован индекс оплодотворения по секциям осеменения. Так, в Краснодарском крае на секцию больных маститом коров приходится 5% от всех осеменений, индекс оплодотворения в данной секции составляет 26%, что на 15% ниже относительно среднего показателя (41%) по фермам.

В Московской области на секцию больных маститом коров приходится 3% от всех осеменений, индекс оплодотворения в данной секции составляет 30%, что на 15% ниже относительно среднего показателя (45%) по фермам.

Заключение

Мастит коров максимально негативно влияет на индекс оплодотворения, что в дальнейшем приводит к ухудшению общепроизводственных показателей, таких как индекс стельности и сервис-период. Индекс выявления охоты ниже у больных коров, нежели у здоровых, но при использовании протоколов синхронизации половых циклов разница этого показателя нивелируется.

Хочется обратить внимание, что и больные животные становятся стельными, поэтому главным посылом является не то, что больных животных не надо осеменять, а то, что необходимо как можно эффективнее решать проблему с маститом как одним из факторов, ухудшающих показатели воспроизводства.

М. Решетка, руководитель учебного центра, канд. ветеринар. наук,

И. Кухтенко, руководитель отдела IT-решений ООО «Альта Дженетикс Раша»

Таблица 3. Индекс оплодотворения здоровых и больных маститом коров по номеру осеменения

Показатели	Краснодарский край			Московская обл.		
	Здоровые (n = 1351), %	Больные (n = 397), %	Всего (n = 1748), %	Здоровые (n = 1742), %	Больные (n = 665), %	Всего (n = 2407), %
1-й ИО	50	37	46	46	38	44
2-й ИО	43	37	40	51	43	48
3-й ИО	39	34	37	46	45	45
4-й и далее ИО	35	36	35	45	38	42
Итого	44	36	41	47	40	45

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпенко Ю.А., Боженев С.Е., Грига Э.Н., Грига О.Э. Распространение и причины возникновения острого мастита у коров / Ю.А. Карпенко, С.Е. Боженев, Э.Н. Грига, О.Э. Грига // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013; 2: 6: 221–228. EDN QJGGIJ
2. Коба И.С., Новикова Е.Н., Бурменская Г.А., Дятлов Н.В. Распространение мастита у коров в двух климатических поясах Краснодарского края / И.С. Коба, Е.Н. Новикова, Г.А. Бурменская, Н.В. Дятлов // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей, Краснодар, 14 марта 2018 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. 2018; 159–160. EDN YNHRMFW
3. Павленко О.Б., Зимников В.И., Сулин В.Ю. и др. Распространение мастита среди лактирующих коров различных пород / О.Б. Павленко, В.И. Зимников, В.Ю. Сулин и др. // Ветеринарный фармакологический вестник. 2022; 2(19): 72–83. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2022.2.72, EDN PXIJZY
4. Barker A.R., Schrick F.N., Lewis M.J., Dowlen H.H., Oliver S.P. Influence of clinical mastitis during early lactation on reproductive performance of Jersey cows. J. Dairy Sci. 1998; 81(5): 1285–1290. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75690-5, PMID: 9621230
5. Bonestroo J., Fall N., Hogeveen H., Emanuelson U., Klaas I.C., van der Voort M. The costs of chronic mastitis: a simulation study of an automatic milking system farm. Prev. Vet. Med. 2023; 210: 105799. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2022.105799
6. Borş A., Borş S.-I., Floriştian V.-C. Mastitis impact on high-yielding dairy farm's reproduction and net present value. Front. Vet. Sci. 2024; 10: 1345782. DOI: 10.3389/fvets.2023.1345782
7. Cullor J.S. Mastitis and its influence upon reproductive performance in dairy cattle in Proc. Int. Symp. Bovine Mastitis, Indianapolis, IN. Natl. Mastitis Council, Inc. and Am. Assoc. Bovine Pract., Arlington, VA. 1990; 176–180.
8. Hansen P.J., Soto P., Natzke R.P. Mastitis and fertility in cattle — possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality. Am J. Reprod Immunol. 2004; 51: 294–301. DOI: 10.1111/j.1600-0897.2004.00160.x
9. Moore D.A., Cullor J.S., BonDurant R.H., Sischo W.M. Preliminary field evidence for the association of clinical mastitis with altered interestrus intervals in dairy cattle. Theriogenology. 1991; 36: 257–265.
10. Schrick F.N., Hockett M.E., Saxton A.M., Lewis M.J., Dowlen H.H., Oliver S.P. Influence of subclinical mastitis during early lactation on reproductive parameters. J. Dairy Sci. 2001; 84(6): 1407–1412. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70172-5. PMID: 11417699
11. Sheldon I.M., Williams E.J., Miller A.N., Nash D.M., Herath S. Uterine diseases in cattle after parturition. Vet J. 2008; 176: 115–121. DOI: 10.1016/j.tvjl.2007.12.031
12. Wijayagunawardane M.P., Gabler C., Killian G., Miyamoto A. Tumor necrosis factor alpha in the bovine oviduct during the estrous cycle: messenger RNA expression and effect on secretion of prostaglandins, endothelin-1, and angiotensin II. Biol Reprod. 2003; 69: 1341–1346. DOI: 10.1095/biolreprod.103.017327



**15 ЛЕТ РАБОТЫ
ЭКСПЕРТОВ В ОБЛАСТИ:**

- > СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИКИ КРС
- > ВОСПРОИЗВОДСТВА
- > УПРАВЛЕНИЯ ФЕРМОЙ
- > ПРОГРЕССИВНЫХ
ИТ-РЕШЕНИЙ

**УНИКАЛЬНЫЕ УСЛУГИ
ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
ЖИВОТНОВОДСТВА**

**ПОЛУЧИТЕ МАКСИМУМ
ОТ ВАШЕГО СТАДА!**

АЛЬТА ДЖЕНЕТИКС РАША

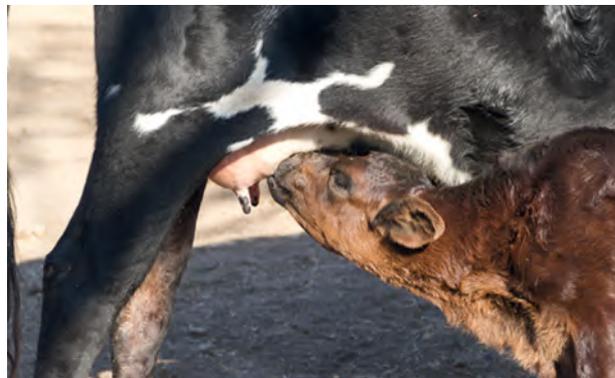
Москва, 3-я ул. Ямского Поля,
д. 18, этаж 9

+7 (495) 748-98-98
info@altagenetics.ru



РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИВОТНОГО ПРОТЕИНА: КЛЮЧ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЖИВОТНЫХ

Главная цель фермерских хозяйств, занимающихся КРС, — повышение производительности своих животных. Постепенно уровень надоя на лучших фермах уже достигает 40 кг и более в сутки на одну голову, в то время как менее продуктивные фермы доят от 15 до 20 кг. Ожидается, что в ближайшем будущем эти показатели улучшатся благодаря усовершенствованию селекции и повышению эффективности кормления.



Важно понимать, что процессы кормления и воспроизводства тесно связаны между собой. Качество кормления оказывает влияние на множество аспектов животноводства, но до сих пор в этой области существует ряд проблем. Некорректная заготовка и хранение кормов, отсутствие контроля за содержанием сухого вещества в грубых кормах, несовершенные смесители и технологии смешивания, ошибки в рационах и моделях кормления — всё это только часть проблем, с которыми сталкиваются фермеры.

Экономия на кормах для животных часто приводит к снижению содержания протеина в рационе, что в свою очередь негативно сказывается на уровне производительности и качестве молока. Важные параметры, такие как содержание белка и жира в молоке, определяют сумму, которую переработчики готовы заплатить фермерам за товарное молоко. Понимание того, что инвестиции в высококачественное кормление животных играют решающую роль в повышении производительности фермы, является ключевым компонентом успешного ведения хозяйства. Улучшение качества питания животных приводит не только к увеличению производительности и качества молока, но и снижает риск заболеваний, улучшая здоровье стада. Поэтому инвестиции в высококачественное кормле-

ние — это существенный компонент эффективного управления фермерским хозяйством.

Сбалансированный корм как залог хорошего производства

По каким основным показателям отслеживать результаты фермы? Конверсия корма, средний день доения, индекс стельности. Первые два показателя как раз очень взаимосвязаны между собой и отражают общую производительность животных на ферме.

Правильное использование потребляемого корма у животных приводит к увеличению производства молока при экономичном расходе ресурсов. Это подчеркивает важность эффективности конверсии корма для повышения продуктивности животных. Чем выше конверсия, тем эффективнее использование корма и выше производство продукции на каждую единицу потребляемого корма.

Для увеличения продуктивности животных и экономической эффективности производства важно поддерживать постоянный химический состав комбикорма. Отдельные корма обладают высокой биологической ценностью или выделяются содержанием определенных аминокислот.

Эффективность использования растительного белка животными сильно варьируется, колеблясь от 8 до 45%. Это обусловлено множеством факторов, включая вид животного, его возраст, тип кормления и уровень продуктивности.

Протеиновая питательность является индикатором способности корма удовлетворять потребности животных в необходимых аминокислотах — как заменимых, так и незаменимых. Основным показателем такой питательности является содержание сырого протеина в корме, охватывающего все азотсодержащие соединения органического и неорганического происхождения.

Белок, как ключевой строительный материал для клеток, тканей и органов организма животных, имеет решающее значение для их здоровья и продуктивности. Недостаток белка в рационе животных негативно сказывается на их здоровье, росте, производительности и качестве продукции.



Таблица 1.

Источник	СВ, %	СП, г/кг СВ	Переваримый в кишечнике протеин, г/кг СВ	Используемый сырой протеин, г/кг СВ
Кровяная мука	96	958	656,5	987
Мясосточная мука	95	707	246,6	345
Соевый шрот	88	493	220,4	299
Подсолнечный шрот	90	424	182,6	250
Рапсовый жмых	94	366	152,1	232

Белки животного происхождения не только служат богатым источником транзитного протеина, но и являются значительным источником аминокислот — основных строительных блоков для белков.

Таблица 2. Содержание лимитирующих аминокислот

Источник	Лизин, %	Метионин, %
Соя полножирная	2,4	0,54
Соевый шрот	2,68	0,54
Рыбная мука	7	2,4
Кровяная мука	6	2
Перьевая мука	2	0,88
Мясосточная мука	3,7	1,3

Немаловажно! Помимо лимитирующих аминокислот, животные протеины богаты другими видами аминокислот. Они не только содержатся в большом количестве, но и лучше усваиваются, так как имеют натуральное происхождение. С экономической точки зрения такие аминокислоты более выгодны, чем, например, защищенные искусственные аминокислоты.

Важно стремиться к оптимальному питанию, учитывая потребности животных и обеспечивая им всё необходимое для успешного функционирования и производства.

Когда корова становится доходной?

Особенно высокую прибыльность для фермы обеспечивает корова в период от отела до пика лактации. Этот временной интервал считается наиболее плодотворным для достижения максимальных результатов. Что вы скажете на то, чтобы еще улучшить эти показатели? Возможно ли это? Да, с помощью транзитного протеина, основным источником которого являются белки животного происхождения, такие как кровяная мука, мясокостная мука и рыбная мука.

Одной из ключевых целей в кормлении является не только увеличение потребления СВ, но и обеспечение производства микробного белка у коровы. Однако можно упереться в потолок, так как «ресурсы» коровы ограничены. Здесь как раз на помощь приходят транзитные протеины, которые прекрасно работают в кишечнике, позволяя увеличить надои и качество молока. Они добавляют в рацион протеин, тем самым позволяя освободить место в рубце от концентратов и дать больше грубых кормов. Потребление СВ увеличивается, соответственно, растет надой.

Преимущества белков животного происхождения

Благодаря своему богатому составу, высокой концентрации питательных веществ и небольшому весу, к примеру, кровяная мука при вводе в рацион всего 500 г/гол обеспечивает следующие преимущества:

- повышение индекса конверсии корма;
- обеспечение дополнительной прибыли с каждого грамма сухого вещества рациона;
- способствование увеличению содержания белка и жира в молоке (на личном опыте: содержание белка



увеличилось с 3,2 до 3,37% с пропорциональным увеличением жира);

повышение доли грубых кормов в рационе, что способствует правильному функционированию рубца.

Немаловажным фактором для фермеров является стоимость продукта, которая может варьироваться от количества, качества компонентов. В таблице 3 представлено сравнение содержания сухого протеина и сухого вещества в различных компонентах, а также их стоимость.

Таблица 3.

Источник	СВ, %	Стоимость 1 кг НВ, руб.	Стоимость СВ, руб/кг	СП, % НВ	СП, % СВ	Стоимость 1 кг СП, руб.
Рыбная мука	95	250	278	72	80	347,2
Кровяная мука	95	90	100	92	102,2	97,8
Мясостная мука	94	45	50	65	72,2	67,1
Перьевая мука	97	55	61,1	82	91,1	69,2
Рапсовый шрот	92	30	32,6	38	41,3	79
Соевый шрот	92	54	58,7	47	51,1	115
Пивная дробина	90	12	13,3	22	24,4	55

Еще одно преимущество белков животного происхождения заключается в том, что данные продукты не представляют опасности для животных, так как в процессе обработки убиваются все микроорганизмы, которые могли присутствовать в сырье (которое проходит тщательный лабораторный контроль). При соблюдении норм хранения и отбора появление посторонних организмов можно исключить.

Внедрение протеина в рацион

Затрагивая важность правильного внедрения животного протеина как части питательного рациона животных, следует уточнить, что важно:

1. Проводить тщательный отбор поставщиков. Важно убедиться в качестве поставляемого сырья, его происхождении и соответствии стандартам безопасности и качества. Сюда же можно отнести и проверку производства поставщика. Перед использованием сырья необходимо удостовериться в применении современных технологий в производственном процессе поставщика, а также в свежести и сохранности сырья.

2. Проведение лабораторного контроля входящего сырья для исключения подделок и фальсификаций. Добавление карбамида или сульфата аммония, а также растительных компонентов может существенно снизить эффективность кормления. Стоит учитывать, что для обеспечения однородности и равномерности состава кормосмеси необходимо использовать специализированный миксер.

3. Добавление протеина должно происходить в процессе подготовки кормосмеси, а не поверх корма при раздаче на кормовые столы. Для максимальной эффективности животноводства важно оптимизировать рацион животных, включая в него протеин, и внедрять этот подход на самый продуктивный период, например лактацию. Это позволит достичь максимальной производительности и результативности от кормления.

В каких случаях животный протеин не будет работать

Животный протеин, несмотря на свою значимость и пользу, может оказаться не эффективным в определенных ситуациях. Важно учитывать ряд факторов, которые могут привести к неполноценному использованию животного белка в рационе животных:



Дисбаланс в рационе. Одним из ключевых аспектов, влияющих на эффективность животного протеина, является сбалансированность рациона животных. Недостаточное или избыточное потребление белка может привести к нарушениям в пищеварении и недостаточной усвояемости питательных веществ.

Неправильное распределение кормлений. Неравномерное распределение кормлений по времени и количеству может привести к недостаточному усвоению животного белка организмом животных, что снизит его эффективность.

Несоответствие целям кормления. Важно учитывать цели и потребности конкретного животного при формировании рациона. Неадекватное использование животного протеина в случае несоответствия целям кормления может привести к нежелательным последствиям.

Так, для ферм с невысокими результатами, где удой животных ниже 20 л, использование животного протеина может оказаться не столь целесообразным из-за низкой рентабельности фермы, которая не может направить инвестиции в высокую продуктивность.

Необходимо внимательно планировать и проводить кормление животных, учитывая не только наличие белка в рационе, но и потребности и особенности конкретного хозяйства, чтобы обеспечить оптимальные условия для развития и производства животных на ферме.

Заключение

Можно отметить, что использование белков животного происхождения может дать важный вклад в улучшение производительности и качества продукции фермы. Однако для ферм с более низкими показателями, где удой коров ниже 20 л, использование животного протеина может оказаться не таким целесообразным ввиду относительно низкой рентабельности самой фермы. В любом случае при проектировании кормления важно учитывать не только доступность животного протеина, но и потребности и особенности конкретного хозяйства, с тем чтобы обеспечить оптимальные условия для роста, развития и производства животных на ферме.

Васькова Т.А., директор АО «АСК»

160000, Россия, г. Вологда,
пр-т Победы, д. 67А
Тел. 8 (800) 234-44-14
E-mail: officeko@askfeed.ru
www.askfeed.ru



АО «АСК» - производим то, что действительно работает с 1999 года

Оптовые поставки:

- Мясокостная мука - протеин 50-70%
- Перьевая мука - протеин 80-85%
- Кровяная мука - протеин 89-96%
- Рыбная мука - протеин 58-72%
- Животный жир
- Рыбный жир



реклама

АСК АГЕНТСТВО
«СЕЛЬХОЗКОРМА»

г. Вологда, пр. Победы, 67а

8(800) 234-44-14

E-mail: officeko@askfeed.ru



Узнай больше
на нашем сайте

ЭКСПОРТ ПРОДУКЦИИ АПК ИЗ РФ В АФРИКУ В 2023 ГОДУ ВЫРОС НА ЧЕТВЕРТЬ

В ходе панельной дискуссии «Россия — Африка» XXVII Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ-2024), прошедшей 06.06.2024, состоялось обсуждение широкого спектра вопросов российско-африканского сотрудничества, в частности — расширения направлений взаимодействия в агропромышленном комплексе и обеспечения продовольственной безопасности стран Африканского континента. Большой интерес аудитории вызвало выступление заместителя министра сельского хозяйства РФ Сергея Левина.

В настоящее время Россия продолжает наращивать объемы экспорта агропромышленной продукции в африканские страны, которые становятся всё более значимыми торговыми партнерами для нашего государства, сообщил заместитель министра сельского хозяйства РФ Сергей Левин, выступая на панельной дискуссии ПМЭФ. Вопросы продовольственной безопасности в этом регионе, — в том числе из-за значительного повышения численности населения, — принимают всё более острый характер, заявил он. Как результат, Российская Федерация существенно увеличила за последние несколько лет экспорт сельхозпродукции на Африканский континент, отметил чиновник. Согласно данным замглавы Минсельхоза России, только за минувший год уровень сельскохозяйственных поставок в Африку из РФ вырос на четверть (при этом 80% из них приходится на пшеницу) и почти достиг 6 млрд долл. США. «Здесь интересно то, это двусторонний процесс, — сказал он. — Мы также наращиваем закупки продовольствия у африканских государств и за прошлый год по его импорту перешли отметку в 2,1 миллиарда долларов. Импортируем фрукты, овощи, какао-бобы и ряд других продуктов, которые на территории нашей страны не выращиваются, и в дальнейшем намерены активно развивать это направление, что подтверждают показатели текущего года. Так, за январь — апрель 2024 года (за I квартал с небольшим) мы уже наторговали друг с другом порядка 3 миллиардов долларов. И даже более того. Мы готовы и дальше увеличивать торговлю, взаимные закупки наших продуктов, всё больше переходя на прямые закупки, прямые поставки, минуя европейских посредников, доминировавших в этой торговле многие годы».

Сергей Левин сообщил, что по поручению президента России Владимира Путина, была организована масштабная гуманитарная поставка из РФ в 6 стран Африки одновременно в общей сложности 200 тыс. т российской пшеницы. «Мы, разумеется, понимаем, что не все страны в Африке могут позволить себе покупать это зерно по рыночным ценам, — заметил он. — Поэтому наша гуманитарная поставка была ориентирована именно на те рынки и на те страны, где сейчас существуют политические и экономические трудности, для кого она станет необходимым подспорьем». По словам замминистра, эта гуманитарная акция — доброе дело — является залогом будущих успешных деловых



партнерских отношений РФ с африканскими государствами, в том числе — в области сельхозпроизводства и торговли продукцией АПК, и способствует формированию безупречной деловой репутации России среди населения региона.

Чиновник сделал акцент на вопросах развития российско-африканского сотрудничества в сфере высшего образования в области сельского хозяйства (по направлениям аграрного профиля) и подготовки квалифицированных кадров для АПК. «Мы постоянно работаем над повышением в наших аграрных вузах числа иностранных студентов — представителей государств Африки, которые могут обучаться у нас бесплатно, по выделенным грантам», — отметил он. Таким образом, Россия, возвращая целое поколение специалистов, владеющих современными (наиболее передовыми на сегодняшний день) сельскохозяйственными технологиями, помогает партнерам из африканских стран «получить удочку, чтобы рыбу ловить своими руками», резюмировал Сергей Левин. Он сообщил, что за прошедший год количество африканских студентов, обучающихся в вузах РФ, увеличилось почти на 10%, уточнив, что это далеко не предел, в планах — дальнейшее увеличение набора африканцев в отечественные профильные высшие учебные заведения. «Мы готовы и далее развивать научно-техническое сотрудничество со странами Африки», — подытожил замминистра.

Ю.Г. Седова

РЗС: ТАКИХ ПОЗДНИХ ВОЗВРАТНЫХ ЗАМОРОЗКОВ НА НАШЕЙ ТЕРРИТОРИИ НЕ БЫЛО БОЛЬШЕ 100 ЛЕТ

Текущее положение дел в отечественном зерновом секторе обсудили участники пресс-конференции президента Российского зернового союза Аркадия Злочевского, прошедшей на площадке МИА «Россия сегодня».

В этом году валовый сбор зерна в Российской Федерации вследствие гибели посевов из-за заморозков в европейской части страны в I декаде мая после аномально теплой погоды в середине весны предположительно не превысит 130 млн т, сообщил президент Российского зернового союза (РЗС) Аркадий Злочевский. По его словам, в России таких поздних возвратных заморозков не было больше 100 лет (по информации Министерства сельского хозяйства РФ, совокупно они затронули посевы в 23 регионах страны, при этом в 8 регионах введен режим ЧС). Потери уже сейчас достаточно значительные. В общей сложности пострадали свыше 1,5 млн га посевных площадей, из которых пересеваться, по данным Минсельхоза России, будет 900 тыс. га, заявил глава РЗС. «Думаю, что реальные цифры общего посева уйдут за миллион гектаров, а пострадавших в регионах посевов — порядка двух миллионов гектаров всего», — сказал он. Однако далеко не все пострадавшие от неблагоприятных погодных условий площади нужно пересевать. Целесообразность этих работ должна быть основана на рациональном подходе — экономическом расчете, чтобы их общая стоимость не превысила потенциальный доход, отметил эксперт. «В связи с этим необходимо учесть, что на пересев, вызванный поздними майскими заморозками, у нас практически не осталось времени. Для оптимальных сроков время ушло. Пересев в неоптимальные сроки означает позднюю уборку и зависит от погодных условий во время уборочных работ. Как результат, мы можем лишиться еще части урожая, которая уйдет под снег, что приведет автоматом к потере как количества, так и качества», — пояснил он.



Усугубляет столь непростую ситуацию довольно серьезная засуха на юге России, которая в настоящее время продолжается и нарастает, что также ведет к снижению урожайности, добавил спикер. «Влагозапаса недостаточно. Более того, под пересевом тоже сухая почва. Это высокий, серьезный риск, что зерно с пересянных площадей окажется щуплым», — заметил он.

Таким образом, в РФ при средней урожайности за 5 лет в 25,8 ц/га, исходя из текущих площадей, которые пойдут под уборку, получается порядка 129 млн т валового сбора. Достаточно серьезное понижение, поскольку ранее прогнозы аналитиков отрасли составляли от 142 до 147–149 млн т, резюмировал Аркадий Злочевский. В частности, эксперты РЗС прогнозировали, что РФ в этом году при нормальных погодных условиях и в отсутствии природных катаклизмов сможет собрать около 135–145 млн т зерна. Причем в новых «прогнозах учтены только состоявшиеся неблагоприятные погодные условия», так что возможны еще изменения в прогнозных оценках, отметил спикер.

Что касается экспортных показателей, то в целом экспорт зерна из России прогнозируется на уровне 67–69 млн т, сообщил эксперт. В частности, по итогам сельхозсезона 2023/24, РФ может занять четверть мирового рынка пшеницы, отметил он, добавив, что в 2024 году (за последнее время) российские поставки этой ценнейшей продовольственной культуры снизились и отстают от прошлогодних значений. По мнению спикера, снижение экспорта завязано не на ущербе от поздних майских заморозков, а на ценовой динамике. «Динамика внутренних цен сейчас выше динамики внешних, что отражается на интересе экспортеров. Заморозки на экспорт не повлияют, они отразятся на будущей производственной базе», — пояснил он. Так, по данным на 27.05.2024, поставки всех зерновых составляли порядка 4,6 млн т, из них пшеницы — 3,8 млн т, тогда как в 2023 году всех зерновых было 5,8 млн т, из них пшеницы — более 4 млн т, уведомил президент РЗС. «Это отставание в июне, может быть, еще нарастет», — уточнил он. Эксперт заострил внимание на поставках российского зерна из Калининградской области. Он отметил, что у России уже традиционно сложилась достаточно динамичная линия поставок из этого региона во многие страны, в том числе Латинской Америки (в силу объективных условий суда, везущие оттуда сою на переработку, на обратном пути заполняются зерновыми ресурсами) и Африканского континента.

Ю.Г. Седова

ЗЕРНОВАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ: ИТОГИ, РИСКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Актуальные отраслевые вопросы обсудили участники Всероссийского зернового форума, прошедшего 30 мая — 1 июня 2024 года в г. Сочи. В мероприятии, организованном Союзом экспортеров зерна при поддержке Минсельхоза России, принял участие заместитель председателя правительства РФ, экс-министр сельского хозяйства Дмитрий Патрушев.

Правительство России сохраняет прогноз по урожаю зерновых в стране, ожидая не менее 132 млн т зерна в текущем году, из них порядка 85 млн т пшеницы, несмотря на потери, вызванные возвратными заморозками, отметил в ходе форума вице-премьер РФ Дмитрий Патрушев. По его словам, планируемую структуру посевных площадей (как и прогноз по сбору зерновых) позволяет сохранить практически заверченный пересев на территориях пострадавших регионов. «Объем, который мы планируем собрать, с учетом переходящих остатков позволит и в новом сезоне поставить на внешние рынки до 60 миллионов тонн зерна», — сообщил спикер. В соответствии с указом президента России Владимира Путина о национальных целях, к 2030 году российский АПК должен нарастить производство на 25%, а аграрный экспорт — в 1,5 раза к уровню 2021 года, отметил он. Решение этих задач во многом зависит от развития зерновой отрасли, особенно учитывая, что к указанному году объемы зарубежных поставок зерна должны достичь 80 млн т, уточнил чиновник. Планы эти крайне амбициозные, но исполнимые, добавил он.

Экспортные перспективы напрямую связаны с эффективностью системы агрологистики, ее следует развивать по таким направлениям, как расширение возможностей для хранения и перевалки грузов, развитие внутренних водных путей и речного судоходства,



создание отечественного сухогрузного флота, увеличение пропускной и провозной способности железнодорожной инфраструктуры, сообщил спикер. «Работа по этому комплексу задач уже ведется», — отметил он. Вице-премьер сделал акцент на необходимости продолжения анализа причин роста цен (и путей их снижения) транспортировки зерна автомобильным и железнодорожным транспортом, поручив эту задачу Минсельхозу России и Федеральной антимонопольной службе. Помимо этого, он порекомендовал ФАС обратить внимание на повышение стоимости вагонов-хопперов.

Цены на мировых рынках постепенно нормализуются, начали они восстанавливаться и внутри страны, отметил чиновник. Он сообщил, что правительственная подкомиссия по таможенно-тарифному и нетарифному регулированию приняла решение об очередной корректировке расчета пошлин (базовые экспортные цены, применяемые при расчете, будут увеличены на 1000 руб. по всем видам зерновых).

Дмитрий Патрушев напомнил, что в минувшем году российские аграрии собрали урожай почти в 150 млн т зерновых, подтвердив статус РФ как одного из ведущих производителей на глобальном рынке, где каждая 4-я партия пшеницы — российского происхождения. В частности, на нашу страну пришлось 12% мирового объема пшеницы и 14% ячменя, что позволило выполнить ориентиры



собственной продбезопасности и продолжить развитие экспорта. Несмотря на санкции, уход с рынка иностранных трейдеров, Россия не снижает, а наращивает экспортные поставки и намерена экспортировать в текущем сельхозсезоне до 70 млн т зерновых, включая порядка 53 млн т пшеницы, отметил чиновник. Он объявил о введении со следующего сельхозсезона понижающего коэффициента для компаний, не использующих полностью свои квоты, с целью стимулирования активного использования ресурсов и повышения объемов экспорта зерновых.

В презентации спикер перечислил следующие меры стабилизации внутреннего рынка:

- запрет на экспорт твердой пшеницы и риса;
- квотирование экспорта зерна (механизм ежегодно дорабатывается);
- прямые субсидии производителям зерна (направлено более 70 млрд руб. с 2021 года);
- государственные закупочные интервенции;
- корректировка механизма расчета экспортных пошлин.

«Без этих мер мы не сможем балансировать цену на внутреннем рынке и, по сути дела, обеспечивать население качественной продукцией по оптимальным ценам», — отметил он.

По информации вице-премьера, в России не будет продлен временный запрет на экспорт твердой пшеницы, действующий с декабря 2023-го по 31 мая 2024 года, а вот ограничение на вывоз риса остается в силе. В результате аварии на Фёдоровском гидроузле на Кубани были существенно снижены объемы посева и производства этой культуры, что привело к необходимости введения запрета на ее экспорт, отметил он. «В настоящее время объемы производства риса увеличиваются, но еще не достигли показателей, которые позволили бы нам спокойно себя чувствовать на внутреннем рынке. Поэтому по рису мы пока наше решение по запрету пролонгируем», — пояснил спикер. В ближайших планах — увеличить объем производства этой сельхозкультуры не менее чем до 2 млн т для возобновления ее экспорта, добавил он.

Заострив внимание на текущей ситуации, чиновник сообщил, что яровой сев превысил 45 млн га (это практически 80% от плановой площади), так что через пару недель несколько регионов юга и Северного Кавказа уже смогут приступить к уборке урожая. Вместе с тем,



поскольку весна в этом году выдалась крайне непростой, возвратные заморозки нанесли ущерб более чем 1 млн га посевов (из них порядка 850 тыс. га — зерновые культуры), ряд регионов объявили режимы чрезвычайной ситуации на местном уровне. Учитывая масштаб ущерба, для некоторых из них планируется введение ЧС федерального значения, отметил вице-премьер. «Застраховавшие свои посевы смогут получить соответствующие выплаты от страховых компаний. Конечно, мы будем и дальше продвигать работу по страхованию посевов. В нашем понимании, должно быть застраховано не менее 30% посевов. Сейчас мы приближаемся к этой цифре, но еще ее не достигли», — сказал он. Со стороны государства, как и раньше, будут действовать механизмы поддержки, добавил спикер.

Дмитрий Патрушев отметил, что на сегодняшний день предпосылок для продажи зерна из интервенционного фонда — эффективного инструмента регулирования наличия продукции на внутреннем рынке — пока нет. «Тот объем зерновых, который мы планируем собрать (даже с учетом тяжелых погодных условий), полностью закроет потребности внутреннего рынка», — проинформировал он.

Вице-премьер сообщил, что будет продолжено начавшееся в текущем году квотирование импорта семян сельхозкультур из недружественных стран, пояснив, что данный механизм призван защитить внутренний рынок. «Будем уменьшать поэтапно объем ввозимых в РФ семян», — уточнил он. Как результат, аграриям необходимо будет переориентироваться на отечественную селекцию и генетику. «Мы очень многое для этого уже сделали: вводим финансовую поддержку для тех, кто пользуется собственной селекцией, оказываем ее тем, кто строит селекционно-семеноводческие центры. Мы ориентировали российский бизнес на работу с отечественными научно-исследовательскими институтами, занимающимися разработкой новых семян», — рассказал чиновник. Он выразил надежду, что поставленная главой государства задача — достичь самообеспеченности семенами на уровне 75% к 2030 году — будет выполнена. Россия готова сотрудничать и с иностранными производителями семян, но только на основании правил локализации, регламентирующих условия работы зарубежных селекционно-семеноводческих компаний на российском рынке, подытожил Дмитрий Патрушев.

Ю.Г. Седова



В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАВЕРШАЕТСЯ ПОСЕВНАЯ КАМПАНИЯ

Предварительные итоги посевной кампании — 2024 в Новосибирской области обсудили участники пресс-конференции исполняющего обязанности министра сельского хозяйства региона Андрея Шинделова, прошедшей 14 июня на площадке ТАСС (Новосибирск).

Посевная кампания в Новосибирской области близится к завершению, а в нескольких районах сев уже закончен, отметил и.о. главы областного Минсельхоза Андрей Шинделов. По его данным, общая посевная площадь региона в 2024 году составит 2362 млн га, что выше почти на 1000 га показателей 2023 года, при этом основная ее часть — 1,5 млн га — отведена под зернобобовые культуры. В текущем году в области увеличены посевные площади техкультур: рапса — до 66 тыс. га, сои — до 16,3 тыс. га, подсолнечника — до 12,8 тыс. га, добавил спикер.

Чиновник напомнил о недавних кратковременных возвратных заморозках, от которых пострадала часть посевов в Ордынском и Чистоозерном районах. «Главное, поскольку не была повреждена точка роста, растения остались живыми. Сейчас они восстановились, развиваются и к концу вегетационного периода наберут прежнюю силу», — отметил он.

В настоящее время на территории области наблюдается сильное переувлажнение почвы, из-за которого возникли затруднения с входом на некоторые участки полей западной зоны сельхозтехники, сообщил Андрей Шинделов. Он рассказал, что чрезмерное увлажнение почвы даже стимулировало сельхозпроизводителей одного из районов к инновационному подходу — для посева мелкосемянных культур они начали использовать беспилотники (дроны), что позволило им продолжить работы, несмотря на невозможность применения традиционной техники.

По оценке областного Минсельхоза, на весенние полевые работы были потрачены 17,5 млрд руб. (в 2023 году — 16,5 млрд руб.), в том числе собственных средств — 10,4 млрд руб., или 59,4%, банковских

кредитов — 6,2 млрд руб., или 35,4%, господдержки — 300 млн руб., или 1,7%.

Для успешной реализации посевной кампании в регионе был налажен активный процесс импортозамещения в производстве сельхозтехники: всего аграриям задействованы 7098 тракторов, 3252 грузовых автомобиля, 4895 сеялок, из них 1253 единицы современных высокопроизводительных посевных комплексов, проинформировал чиновник. В этом году на обновление агропарка запланированы 2,3 млрд руб. (рекордные затраты — 12 млрд руб. на эту сферу были в 2022 году), уточнил он.

Новосибирские сельхозпредприятия полностью обеспечены семенным материалом (для весенних полевых работ им потребовалось порядка 300 тыс. т) при этом основной акцент был сделан на семена отечественной селекции, отметил спикер. Причем если соотношение между семенами российской и иностранной селекции в марте находилось в пропорции 60% к 40%, то сейчас оно примерно 74% к 26%, посевы кукурузы и сои полностью выполнены отечественными семенами, уточнил он.

Чиновник сообщил, что для местных сельхозтоваропроизводителей предусмотрены меры поддержки в рамках утвержденной областным правительством госпрограммы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Новосибирской области», а также государственная поддержка по 43 видам технических средств и оборудования для сельхозпроизводства, произведенных на территориях Российской Федерации и Республики Беларусь. По его данным, с начала 2024 года аграриям региона были направлены более 1,4 млрд руб. господдержки, вырос и объем предоставления кредитов, в том числе по льготной ставке, благодаря увеличенным для области лимитам.

И. о. министра заострил внимание на экспортном потенциале сельхозпродукции области, занимающей лидирующие позиции в Сибирском федеральном округе по экспорту в сфере АПК. За 5 месяцев текущего года экспорт областной агропродукции достиг 244 млн долл., превысив показатели аналогичного прошлого периода, резюмировал он. Чиновник отметил, что регион, отправляющий сельхозпродукцию в более чем 50 государств (среди ее основных потребителей — Китай, Турция и страны ЕАЭС), открыл новое направление — начал поставки зерна на Кубу. Согласно его данным, первые 30 тыс. т зерна уже отправлены в эту республику из Новосибирской области.

Ю.Г. Седова

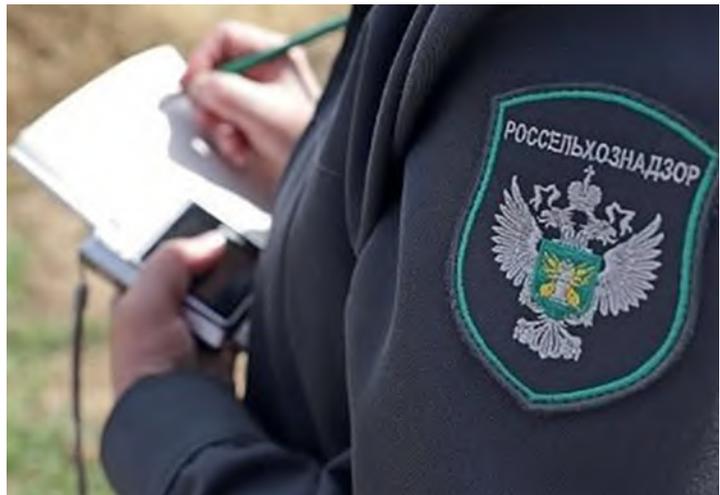


НОВАЯ СТРУКТУРА — УРАЛЬСКОЕ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОССЕЛЬХОЗНАДЗОРА — СОЗДАНА В РАМКАХ РЕОРГАНИЗАЦИИ РЕГУПРАВЛЕНИЙ СЛУЖБЫ

О задачах Уральского межрегионального управления Россельхознадзора, созданного 16 февраля 2024 года, и об итогах надзорной деятельности в Свердловской области в 2023 году сообщили на пресс-конференции, прошедшей на площадке ТАСС (г. Екатеринбург), возглавивший объединенную структуру Анатолий Литовченко и его заместители Евгения Косарева и Татьяна Патрушева.

В ходе мероприятия было отмечено, что решение о создании в текущем году Уральского межрегионального управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору с центром в Челябинске — реорганизации региональных управлений ведомства — принято на основании схемы размещения территориальных органов Россельхознадзора и в целях совершенствования организации деятельности его территориальных управлений. В результате к Управлению Россельхознадзора по Челябинской и Курганской областям присоединили Управление Россельхознадзора по Свердловской области, завершив таким образом процедуру реорганизации территориальных подразделений Службы (ранее были объединены Челябинское и Курганское управления). Полномочия созданной структуры распространяются на территории указанных регионов. Всего в системе Россельхознадзора за последние три года из 80 территориальных управлений созданы 37 межрегиональных управлений, проинформировал врио руководителя объединенной структуры на дату пресс-конференции (в настоящее время руководитель Уральского межрегионального управления) Анатолий Литовченко. На сегодняшний день в планах управления, в частности, — сделать более системной и завершённой работу по контролю за вводом в оборот земель сельхозназначения в Свердловской области, поскольку в регионе не обрабатываются более 300 тыс. га сельхозземель, а также за качеством и безопасностью поставляемой в местные учреждения социальной сферы продукции, отметил он. «Сегодня в области проверяется только 30–40% таких учреждений. Мы поставили перед собой задачу: проверять все. В Челябинской и Курганской областях такой цели мы добились», — сказал спикер.

Как уточнила заместитель главы управления Евгения Косарева, в Свердловской области в 2023 году сотрудниками Службы были отобраны 380 проб пищевой продукции, из них 23 пробы — в социально значимых учреждениях, в 50 пробах, что составляет 13%, выявлено несоответствие требованиям по показателям качества и безопасности. На текущий момент в регионе сохраняется тенденция выявления несоответствий требованиям действующего законодательства Российской Федерации именно в готовой молочной продукции, заявила она. Что касается итогов контрольно-надзорной деятельности регуправления, то, согласно данным чиновника, в прошлом году специалистами Россельхознадзора были досмотрены и оформлены 21 т импортных



и экспортных грузов и 17,5 млн животных. Общий объем проконтролированной продукции при внутрисельскохозяйственных перевозках составил 452,5 тыс. т животноводческой продукции и кормов для животных, отметила она. «В пункте пропуска через Государственную границу Российской Федерации в аэропорту Кольцово при досмотре ручной клади и багажа пассажиров было задержано 639 килограммов пищевой продукции неустановленного происхождения», — сообщила Евгения Косарева. — По выявленным нарушениям составлены 217 протоколов». Помимо этого, представителями регуправления досмотрены более 5000 вагонов с пищевой продукцией и в 40% случаев (при перевозках) выявлены нарушения, чаще всего температурного режима. На автомобильном транспорте инспекторами были проконтролированы 312 партий импортной и экспортной продукции (в основном это инкубационное яйцо, корма, кормовые добавки, племенные суточные цыплята), добавила спикер.

В 2023 году по сравнению с предшествующим годом вырос объем экспортных поставок сельхозпродукции растительного происхождения с территории Свердловской области (преимущественно в Китай), проинформировала заместитель Анатолия Литовченко Татьяна Патрушева. При экспорте подкарантинной продукции специалистами Службы проводятся карантинно-санитарные мероприятия и выдаются фитосанитарные сертификаты, отметила она. Должностными лицами осуществляется мониторинг карантинно-санитарного состояния области. В 2023 году ими была проконтролирована площадь порядка 3 млн га, в том числе с применением феромонных ловушек, сообщила чиновник.

Ю.Г. Седова

ПРИРОДНАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА КАК СРЕДСТВО УСИЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ НАД СУБКЛИНИЧЕСКИМ КОКЦИДИОЗОМ У ИНДЕЙКИ

В статье представлены данные производственного опыта на индейке кросса ВУТ-6 при введении в корма натуральной кормовой добавки ОЛЕОСТАТ, свидетельствующие о снижении риска, связанного с возникновением субклинического кокцидиоза. По итогам закрытой партии птицы получили среднюю живую массу самочек (+117 г), самцов (+439 г). Выход мяса с 1 м² — +2,7 кг. Конверсия корма ниже на 6 пунктов, индекс эффективности — +9 пунктов.

В настоящее время в России производство индейки динамично развивается и реально обладает значительным ростом для дальнейшего развития. Выпуск мяса птицы, по расчетам Национальной ассоциации производителей индейки (НАПИ), увеличился на 1,8% по отношению к показателям предыдущего года — с 414,5 до 422 тыс. т, и это на фоне снижения сохранности поголовья индейки на 1–1,5% из-за напряженной эпизоотической обстановки, сохранявшейся в течение 2023 года, а также вследствие остатков поставок отдельных зарубежных ветеринарных препаратов [1].

Один из вызовов сдерживания роста производственных показателей в индейководстве напрямую связан с субклинической формой кокцидиоза, то есть кокцидиоз может не диагностирован, но прирост живой массы и конверсия корма нарушены [2]. При данной форме течения эймериоза имеет место вторичное инфицирование бактериями с клинической формой поражения желудочно-кишечного тракта.

Нерациональное применение кокцидиостатических препаратов способствовало развитию резистентности у патогенов к отдельным действующим веществам. И не надо забывать, что процесс формирования резистентности у эймерий идет непрерывно. Поэтому на птицефабриках даже на фоне применения кокцидиостатиков встречается субклиническая форма кокцидиоза, которая сопровождается задержкой прироста и ухудшением конверсии корма. Спровоцировать субклиническую форму кокцидиоза могут и корма, содержащие микотоксины, и производственные стрессы.

В связи с повреждением некоторых участков слизистой оболочки эймериями активизируется условно-патогенная микрофлора, в частности *Clostridium perfringens* и *E. coli*, что приводит к серьезным негативным последствиям при выполнении функции кишечника как первой линии защиты физического проникновения патогенов. А здоровье кишечника — это залог высокой продуктивности и экономической эффективности выращивания птицы [3].

Субклинический кокцидиоз может вызывать слабовыраженные симптомы: задержку роста, бледность кожи и жидкий помет. Одно из клинических проявлений осложненного кокцидиоза, например при некротическом энтерите, — помет: липкий, несформированный, оранжевого цвета. Повреждения слизистой обычно крупные, эрозивные, и присутствует некроз тканей. Наличие ооцист в кишечных соскобах дает подсказку, но не патогномоничную, так как

оба заболевания — и кокцидиоз, и некротический энтерит — могут быть в одном и том же кишечном сегменте.

Ежегодно в ветеринарный бюджет закладывают высокие суммы на приобретение кокцидиостатиков для профилактики экономически значимого заболевания, как кокцидиоз, и антибиотиков для лечения бактериальных болезней ЖКТ. К примеру, на профилактику и лечение на 1000 голов индейки в тур тратится до 75 тыс. руб.

Род паразитических простейших сем. *Eimeridae* (эймерия), относящихся к подклассу кокцидий, насчитывает множество видов — внутриклеточных паразитов. Они имеют сложный многостадийный прямой цикл развития в организме птицы, обладают высоким репродуктивным потенциалом, устойчивы во внешней среде к физическим и химическим воздействиям.

Таким образом, на птицефабриках ооцисты эймерий практически невозможно уничтожить, риск заражения кокцидиозом поддерживается постоянно. Паразитируют они в клетках слизистого слоя кишечника, который покрыт микроворсинчатым простым колончатый эпителием (энтероцитами) [3]. У индейки 6 видов: *E. meleagritidis*, *E. dispersa*, *E. innocua*, *E. meleagridis*, *E. gallopavonis*, *E. Adenoids*. Наибольшая инвазионность кокцидиями у молодняка самцов установлена в возрасте 35–49 дней — 30–45%, у самок 35–63 дня — 5–30%. Индюшата заражаются эймериями в течение всего тура с несущественными колебаниями по сезонам года. Возраст молодняка оказывает более заметное влияние на зараженность индюшат [4].

Контроль кокцидиоза

Краеугольным камнем профилактики и борьбы с эймериозом являются оптимальное содержание, применение профилактических антикокцидийных препаратов и вакцин.

Для профилактики кокцидиоза у индейки используются различные программы: «прямые» полные ротационные, в которых применяется только один ионофор или один химический кокцидиостатик; и «челночные» (шатл), в которых чередуют кокцидиостатики из разных групп (химические и ионофорные) в течение одного цикла выращивания птицы. Химические кокцидиостатики более эффективны, чем ионофорные, но к ним резистентность вырабатывается быстрее. Химические кокцидиостатики используют в течение 4 мес. один раз в год.

В настоящее время существует интерес к применению так называемых натуральных кормовых

добавок, которые включают экстракты растений и эфирные масла. Механизм действия экстрактов растений, основан на физиологическом действии стимуляции иммунной системы. Они способствуют здоровью кишечника, увеличивая площадь и высоту кишечных ворсинок, а некоторые компоненты растений оказывают синергидный эффект и направлены на вытеснение эймерий и патогенных бактерий из желудочно-кишечного тракта. Растительные экстракты не вызывают развития резистентности у патогенов и являются безопасными для птицы.

Таким образом, в связи с растущей устойчивостью патогенов к кокцидиостатикам и сегодняшней ситуации на рынке ветеринарных препаратов на данный момент не существует «идеального решения» полного контроля эймериоза у птицы, в частности субклинической формы проявления, которая напрямую зависит от получения зоотехнических показателей. Поэтому была поставлена цель с учетом текущей стратегии контроля кокцидиоза на птицефабрике Центрального региона по выращиванию индейки провести производственный опыт для уменьшения риска, связанного с возникновением субклинического течения данного заболевания; его профилактики и анализа производственных показателей, с введением в основной рацион природной кормовой добавки ОЛЕОСТАТ производства компании ССРА (Франция).

В основе разработки данной добавки — дифференцированный подход к действующим природным веществам и синергидный эффект составляющих компонентов.

Эфирное масло гвоздики (эвгенол) разрушает стенки ооцист и действует на мембраны спорозоитов и репликацию их ДНК [5]. Эвгенол эфирного масла гвоздики может стимулировать рост и пролиферацию *Lactobacillus spp.*, которые способны положительно влиять на изменения ворсинок тонкого отдела кишечника и, как следствие, эффективно улучшать показатели роста бройлеров [6].

Экстракт чеснока (аллицин) проникает через мембраны спорозоитов и бактерий. Разрушает внутренние ферменты спорозоитов, зависящие от тиоловых групп [7]. Добавление ферментированного чеснока в рацион птицы увеличивает высоту кишечных ворсинок, площадь ворсинок, клеток и клеточный митоз в кишечнике, что приводит к повышению эффективности конверсии корма [8].

Экстракт куркумы (куркумин) действует на мембраны спорозоитов и нарушает осмотический обмен с окружающей средой, что ограничивает инвазионность спорозоитов и их жизнеспособность [9]. Куркумин обладает антиоксидантной, противовоспалительной и антимикробной активностью, а также высокой степенью защиты от энтеропатогенных бактерий и микотоксинов [10].

Эфирное масло корицы (коричный альдегид) обладает антимикробными свойствами, разрушающими клеточные мембраны возбудителей, а благодаря своим антиоксидантным свойствам стимулирует функционирование и регенерацию эпителиальных клеток кишечника [11].

Экстракт стручкового перца (капсаицин) способен увеличить высоту, ширину и площадь поверхности ворсинок тощего отдела кишечника, сохраняя структуру ворсинок и целостность [12]. Сдерживая инвазию за счет воздействия на оболочку ооцист и спорозоитов, а также нарушая внутренние жизненные

процессы спорозоитов, ОЛЕОСТАТ сохраняет контакт возбудителя с хозяином и не препятствует формированию иммунного ответа [13].

С учетом представленных свойств кормовой добавки природные компоненты в целом способны: моделировать микрофлору кишечника; оказывать защитное действие на стенки слизистой кишечника, улучшать доступность и усвоение питательных веществ; укреплять иммунитет; предотвращать рост эймерий и условно-патогенных бактерий; проявлять противовоспалительные и гепатопротекторные свойства, тем самым естественным путем улучшать доступность и усвоение питательных веществ в кишечнике при интенсивном производственном процессе выращивания птиц, которое ведет к высоким зоотехническим показателям.

Материалы и методы

Производственный опыт был проведен в условиях птицефабрики закрытого типа, специализирующейся на откорме индейки кросса BUT-6 напольного содержания. При обсуждении проведения производственного опыта главным ветеринарным врачом птицефабрики было поставлено условие, что схема основного рациона с введенным премиксом не меняется, и это будет контролем, а в опытной группе дополнительно добавляют кормовую добавку ОЛЕОСТАТ: в период подращивания (с 14-го по 42-й день) — в рационах ПК11-1 и ПК11-2, в период выращивания (с 42-го по 84-й день) — в ростовых рационах ПК12-1, ПК12-2, ПК13-1.

В производственном опыте были сформированы две группы индейки — общее поголовье 65,8 тыс.: контрольная — 32,8 тыс., опытная — 33 тыс. Группы были сформированы с учетом возраста, живой массы, условий содержания, плотности посадки, фронта кормления и поения. Параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми, соответствовали рекомендациям выращивания кросса и утвержденной технологии на птицефабрике. Программы выращивания опытной и контрольной групп были идентичными (условие содержания, программа ветеринарно-профилактических мероприятий, вода, световая программа, возраст стада и т. д.).

На начало производственного опыта возраст индейки составлял 14 дней. Продолжительность опыта — 78 дней. Плотность посадки индейки в среднем составляла 13 гол/м².

Индейка с 14-го по 85-й день выращивания в контрольной и опытной группах получала основной рацион, в который входил премикс в дозировке 0,2 кг/т комбикорма с препаратами кокцидиостатик «Монезин» (в дозировке 0,4 кг/т) и кормовой антибиотик «Стафак-110». В опытной группе в основной рацион с присутствием того же премикса дополнительно вводили кормовую добавку ОЛЕОСТАТ в дозировке 1 кг/т корма.

Наличие эймериоза у индюшат изучали прижизненными методами диагностики: копроскопическими исследованиями по Мак-Мастеру и Фюллеборну, ОРГ. Материалом для оценки распространения эймериозного заболевания у индюшат служили результаты собственных лабораторных исследований биоматериала (проб помета). При определении ооцист руководствовались нормативной документацией [14–16].

При изучении возрастной динамики зараженности индюшат эймериями обследованиям подвергали

молодняк с 26-суточного возраста и до 93 дней путем исследования не менее 5 голов разного возраста от каждой группы птицы, отбирая свежие пробы помета для OPG-мониторинга количественного анализа подсчета ооцист в 1 г помета. От выбранных птиц исследовали не менее 10 соскобов кишечника.

В графике 1, таблице 1 показан анализ проб помета опытной и контрольной групп в OPG-мониторинге — количественный анализ подсчета ооцист в 1 г помета в разных возрастах. Исследование выполнялось методом флотации с последующей микроскопией. Использовали при помощи электронного микроскопа при увеличении $\times 10/0,25$, подсчет ооцист проводили в камере МакМастера. По данным мониторинга видно, что в контрольной группе с 26-го по 64-й день жизни индейки количество ооцист в 1 г помета возрастает.

При подсчете ооцист в пробах помета (OPG) отмечается сниженное количество ооцист в опытной группе по отношению к контрольной (табл. 1).

Визуальные наблюдения в период производственного опыта за общим состоянием индейки показали, что птица была клинически здоровой в обеих группах.

Результаты исследований и их обсуждение

В период подращивания индейки в расчете на одну голову и с учетом сохранности поголовья было установлено в опытной группе 2410 кг прироста живой массы (рис. 2).

В опытной группе были получены более высокий прирост в среднем на каждую голову за 40,6 дня подращивания и лучшая сохранность поголовья, что позволило получить конверсию корма 1,532 ед., что на 2,6 пункта ниже, чем в контрольной, средний вес головы выше на 73 г, сохранность ниже на 0,53%. (рис.1–3.)

В завершении выращивания самок в 105 дней на рисунках 4, 5 видно, что при одинаковой сохранности индеек в опыте и контроле разница составила 0,29% в группе, где получали в составе корма ОЛЕОСТАТ.

В результате закрытой партии самцов в 142,5 дня (рис. 6, 7) наблюдали сохранность в опыте 94,3%, что на 0,9% выше, чем в контроле, средний вес одной головы 21 266 г, что больше на 439 г, чем в контрольной.

По итогам выращивания в опытной группе самок и самцов (рис. 8–10) конверсия корма составила 2,44 ед., что ниже на 6 пунктов, чем в контрольной, мяса с 1 м² произведено 110,5 кг, что на 2,7 кг больше, чем в контрольной группе, индекс эффективности выше на 9 пунктов.

График 1. Результаты исследования OPG-мониторинга в опытной и контрольной группах



Таблица 1. Мониторинг количества ооцист в помете по методу OPG

Возраст проведения исследования, дней	26	35	42	54	64	74	84	93
Опыт	3800	4444	10 400	12 600	8400	6600	6500	4400
Контроль	12 400	13 332	23 520	29 600	14 200	12 800	11 200	6200

Фото 1. OPG-мониторинг ооцист с помощью микроскопа ABAXIS 3000-LED Series



Фото 2. Ооцисты при микроскопии

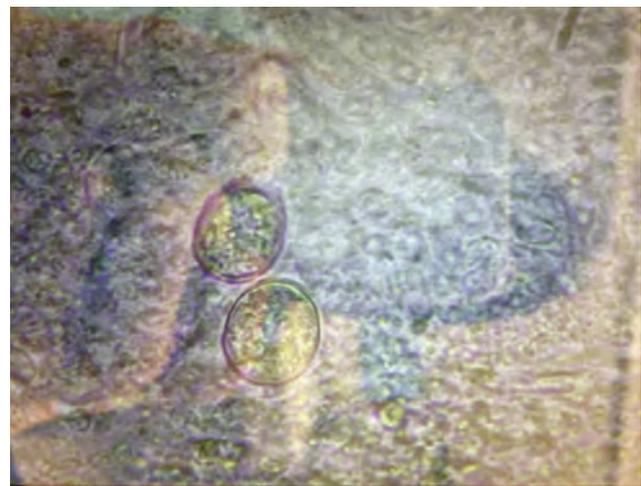


Рис. 1–3. Результаты периода подращивания, перевод птицы на участок выращивания в 40,6 дня



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Рис. 4–7. Участок выращивания: результаты закрытой партии самок и самцов**Рис. 4****Рис. 5****Рис. 6****Рис. 7****Рис. 8****Рис. 9****Рис. 10**

Заключение

Ввод в корма индейки кормовой добавки ОЛЕОСТАТ показал, что в значительной степени снижается количество ооцист в помете. Входящие компоненты в данной добавке имеют способность предотвращать в определенной степени рост патогенов, включая эймерий, и, как известно, при небольших дозах инвазии начинают работать в организме птицы механизмы врожденного и адаптивного иммунитета. Кроме этого, защитное действие на слизистую кишечника отдельных экстрактов растений и эфирных масел в кормовой добавке способствует усвоению питательных веществ, что подтвердилось на практике получением зоотехнических показателей птицы: в опытной группе выше, чем в контрольной, где также в корм входил премикс, содержащий в своем составе «Монензин» и «Стафак-110».

Значительный прирост живой массы в опытной группе и низкая конверсия корма. Основные показатели при субклинической форме кокцидиоза показывают, что кормовая добавка ОЛЕОСТАТ препятствует развитию предвставленной формы течения кокцидиоза у индейки и способствует реализации продуктивных характеристик, заложенных на генетическом уровне.

Кроме этого, надо учитывать, что к природным кормовым добавкам не развивается резистентность, они безопасны для окружающей среды, производителей и потребителей мяса птицы.

*Т.В. Полуночкина, ведущий ветеринарный врач-консультант по птицеводству ГК «ВИК»
polunochkina@vicgroup.ru*
*С.Г. Дорофеева, заместитель генерального директора по ветеринарии ГК «ВИК», кандидат ветеринарных наук
dorofeeva@vicgroup.ru*
*Р.Ю. Трофимов, ведущий технолог – консультант по птицеводству ГК «ВИК»
trofimov@tdvic.ru*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- По материалам НАПИ / Индейководство: уроки ценового кризиса. Животноводство России. 2024; 12.
- Chapman H.D. / Coccidiosis in the turkey | Received 28 Dec 2007, Published online: 19 Feb 2009. Cite this article <https://doi.org/10.1080/03079450802050689> // Avian Pathology. 2008; 37: 205–223. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03079450802050689>
- Сурай П.Ф., Кочиш И.И., Фисинин В.И., Грозина А.А., Щацких Е.В. Молекулярные механизмы поддержания здоровья кишечника птицы: роль микробиоты. Москва. 2018; 212, 216.
- Сафиуллин Р.Т., Чалышева Э.И. Кокцидиозы индеек в хозяйствах промышленного типа Центрального региона России / Российский паразитологический журнал. УДК 619:616.993:636.5 // <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-2-160-169>
- Remmal A. et al. Oocysticidal effect of essential oil components against chicken Eimeria oocysts // International Journal of Veterinary Medicine Research & Reports. 2013; 1–8.
- Mohammadi Z., Shokoufe Ghazanfari, Adib Moradi M. Effect of supplementing clove essential oil to the diet on microflora population, intestinal morphology, blood parameters and performance of broilers // Europ. Poult. Sci., 78. 2014; ISSN 1612-9199 © Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. DOI: 10.1399/eps.2014.51 <https://www.european-poultry-science.com/>
- Borlinghaus J. et al. Allicin // Chemistry and Biological Properties. Molecules. 2014; 12591–12618.
- Muhammad Tanveer Munir. Effect of garlic on the health and performance of broilers. 2015 // Veterinaria https://www.academia.edu/24120352/Effect_of_garlic_on_the_health_and_performance_of_broilers
- Khalafalla R. Effects of curcumin (diferuloylmethane) on Eimeria tenella sporozoites in vitro // Parasitology Research. 2010; 879–886.
- Ruan D., Wang W.C., Lin C.X., Fouad A.M., Chen W., Xia W.G., Wang S., Luo X., Zhang W.H., Yan S.J., Zheng C.T., Yang L. Effects of curcumin on performance, antioxidant, intestinal barrier and mitochondrial function in ducks fed corn contaminated with ochratoxin // Animal. 2019; 13: 1: 42–52. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731118000678>
- Matusevičius Paulius, Steponiowska Anna, Jurczak Paweł, Magdalena Krauze, Cendrowska-Pinkosz Monika, Ognik Katarzyna. The Effect of Administration of a Phytoantic Containing Cinnamon Oil and Citric Acid on the Metabolism, Immunity, and Growth Performance of Broiler Chickens. Animals. 2021; 11(2): 399. <https://doi.org/10.3390/ani11020399> <https://www.mdpi.com/2076-261>
- Zhihua Li, Jiaqi Zhang, Ting Wang, Jingfei Zhang, Lili Zhang, Tian Wang. Effects of Capsaicin on Growth Performance, Meat Quality, Digestive Enzyme Activities, Intestinal Morphology, and Organ Indexes of Broilers. Front. Vet. Sci. Comparative and Clinical Medicine. 2022; 9. | <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.8412315/11/2/399>
- Орлов С. Антикокцидийная активность кормовой добавки ОЛЕОСТАТ. Ценовик. 2022; 12: 59.
- ГОСТ 25383-82 Животные сельскохозяйственные. Методы лабораторной диагностики кокцидиоза.
- Методические указания по лабораторным исследованиям на гистомоноз (тифлогепатит) птиц. Минсельхоз СССР от 29.12.1985.
- Сидоров М. Определитель зоопатогенных микроорганизмов. Справочник. М.: Колос. 1995.

ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ КОПЫТЕЦ ЗАРАЗНОЙ ЭТИОЛОГИИ

В настоящее время среди крупного рогатого скота молочного и мясного направлений широко распространена хромота [1, 3, 5]. Согласно статистическим исследованиям [3, 4], более 25% высокопродуктивных коров могут быть подвержены заболеваниям конечностей различной этиологии, что неизбежно приводит к значительному ущербу.

От хромых животных молочные предприятия недополучают более 15% молока [4, 5], в среднем на 17% снижаются показатели воспроизводства [4, 5]. Значительная часть экономических потерь в хозяйстве связана с лечением и выбраковкой больных животных, браковкой молока и увеличением сервисного периода [3, 4, 9]. По экономической значимости патологии, связанные с дистальным отделом конечностей, занимают второе место после заболеваний вымени [1, 3, 4]. Высокий процент выбраковки животных свидетельствует о сложной, многофакторной этиологии поражения конечностей, имеющей организационную, инфекционную и неинфекционную природу. Среди заболеваний копытцев к наиболее распространенным относятся болезнь Мортелларо, подошмерит, язва подошвы, ламинит и др. При этом наибольший процент (более 70%) [4, 10] приходится на язвы венчика, мякиша, а также на болезнь Мортелларо.

При болезни Мортелларо у заболевших животных наблюдаются хромота, нарушение постановки конечностей (фото 1, 2). При проявлении болезни Мортелларо наиболее часто поражаются тазовые конечности [3, 4].

При осмотре больного животного чаще всего в области путового сустава выявляют покраснение, выпадение волос, а также изъязвление кожи (фото 3, 4).



Фото 1

Фото 2

У животных с проявлением болезни Мортелларо наиболее часто наблюдаются поражения на задних конечностях — в области плантарной поверхности путового сустава, что приводит к нарушению постановки конечностей.



Фото 3

Фото 4

У животных с проявлением болезни Мортелларо выявляют покраснение вокруг пораженных участков, выпадение волос, а также изъязвление кожи. Пораженные участки кожи болезненны, имеют округлую форму и специфический зловонный запах.

Многие отечественные и зарубежные авторы считают, что именно анаэробные формы бактерий родов *Treponema* и *Borrelia* являются возбудителями болезни Мортелларо [4]. Возбудители заболевания могут длительное время присутствовать на поверхности копытцев здоровых животных без проявления клинических признаков.

К предрасполагающим факторам возникновения заболевания относятся неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия содержания [2, 3, 6], высокая концентрация аммиака [2, 6], отсутствие профилактической обрезки копытцев, нарушение обмена веществ, снижение резистентности организма в послеотельный период, воздействие стресс-факторов, связанных с кормлением, транспортировкой животных, воздействием высокой температуры окружающей среды и т. д. [2].

Для снижения хромоты в стаде предлагаются различные методы оздоровления хозяйств:

- улучшение санитарно-гигиенических условий содержания;
- индивидуальная обработка копытцев;
- повышение общей резистентности организма;
- применение ножных дезинфицирующих ванн.

К традиционному и наиболее популярному методу лечения и профилактики заболеваний копытцев бактериальной этиологии относится метод копытных ванн [3, 4, 6]. Практический опыт работы ветеринарных специалистов сформировал к данному методу ряд требований: оптимальная длина ванны с раствором, обеспечивающая не менее 2,5 окунаций каждой конечности при прохождении животных, глубина рабочего раствора не менее 13 см, обеспечивающая качественную обработку копытного рога.

В настоящее время специалисты предприятий отдают наибольшее предпочтение средствам для копытных ванн на основе формальдегида, сульфата меди и цинка. Указанные средства не являются специальными для лечения болезней копытцев, обладают рядом недостатков, таких как высокий раздражающий эффект, высокая токсичность для животных и людей, высокие трудозатраты при использовании, связанные с растворением в воде, снижение эффективности в холодный период года.

В связи с этим у специалистов предприятия возникла потребность в препаратах нового поколения, обладающих высоким лечебно-профилактическим действием. Одним из таких препаратов является «Макродез», выпускаемый в форме высококонцентрированного раствора с комплексным составом, обеспечивающим высокую эффективность (табл. 1).

Таблица 1. Состав и свойства «Макродеза»

Состав препарата, наименование ДВ	Свойства ДВ, обуславливающие эффективность препарата	Примечание
Глутаровый альдегид	дезинфицирующее действие	самая высокая концентрация ДВ на рынке — 35%!
Формальдегид	дезинфицирующее, подсушивающее, прижигающее действие	Комбинация обеспечивает эффективность при любой температуре
Алкилдиметилбензиламмоний хлорид	синергизм бактерицидного действия глутарового альдегида и формальдегида, облегчение проникновения дезинфицирующего компонента в поры копытного рога	повышает эффективность в условиях присутствия органических загрязнений
Дидецилдиметиламмония хлорид		
Оксиэтилированный спирт	моющее действие, удаление органики с поверхности копытного рога, снижение поверхностного натяжения воды	повышение эффективности в сложных санитарных условиях при использовании предварительных копытных ванн
Стабилизатор, консервант	обеспечение стабильности препарата при хранении	

Производственный опыт с применением «Макродеза» проводился на животноводческом предприятии в Свердловской области с 27 октября по 19 ноября. Температура окружающей среды — плюс 5–8 °С. В производственном опыте участвовали 1800 дойных голов, из них на начало опыта выявлены с признаками хромоты 1098 голов, с клиническими признаками, характерными для болезни Мортелларо.

При осмотре больных животных на плантарной поверхности путового сустава выявляли покраснение, выпадение волос, а также изъязвление кожи. Пораженные участки кожи болезненны, имели округлую форму и специфический зловонный запах.

«Макродез» применяли в 5%-ной концентрации один раз в день (три раза в неделю). Глубина рабочего раствора в ванне для обработки копытца — не менее 13–15 см (фото 5). При прохождении через ванну животные делали не менее 2,5–3 окунаций. Замена производилась по мере загрязнения (в случае присутствия в растворе более 20% органических загрязнений). Оценку



Фото 5. Глубина рабочего раствора при прохождении через ванну составляет не менее 13–15 см

эффективности применения «Макродеза» проводили путем учета хромоты у животных, анализа проявления клинических признаков, характерных для болезни Мортелларо (табл. 2). Группа животных с клиническими признаками хромоты была отмечена ТУБ-карандашом.

Таблица 2. Оценка эффективности применения препарата «Макродез»

Показатели	Опытная группа «Макродеза»
Количество обработанных животных, гол.	1800
Концентрация рабочего раствора, %	5
Хромые животные на начало опыта, гол.	1098
Хромые животные на конец опыта, гол.	216
Терапевтическая эффективность, % гол.	80,3
Частота применения	однократно
Срок применения, кратность	6 недель (3 раза в неделю)
Замена раствора	200–250 голов по мере загрязнения
Выбраковано голов	54
Запах	слабоспецифический

По окончании производственного опыта (через 42 дня после применения копытных ванн с применением препарата «Макродез» в 5%-ной концентрации рабочего раствора) количество хромоты животных снизилось с 1098 до 216 голов. Таким образом, терапевтическая эффективность составила 80,3%. У всего поголовья опытной группы животных уже через три недели наблюдали активное подсушивание и заживление язв, укрепление копытного рога. При использовании препарата «Макродез» на предприятии специалистами отмечены низкие раздражающие свойства и удобство в применении.

Ежова Е.Н.,
ведущий ветеринарный врач-консультант
Департамента животноводства ГК «ВИК», Москва, Россия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Архангельский И.И. Некоторые вопросы иммунитета при копытной гнили / И.И. Архангельский, Ю.Д. Караваев, А.А. Сидорчук, И.Н. Семенова, С.Д. Панасюк // Тр. ВИЭВ. 1983.
- Баланин В.И. Микроклимат животноводческих зданий / В.И. Баланин // СПб.: Профи КС. 2003.
- Васин Г.Н. Профилактика и лечение болезней дистального отдела конечностей у продуктивных животных в условиях животноводческих комплексов / Г.Н. Васин // Методические указания. Казань: КВИ. 1986.
- Гимранов В.В. Обоснование и разработка комплексных методов диагностики, лечения и профилактики гнойно-некротических поражений в области пальцев у крупного рогатого скота / В.В. Гимранов. Дисс. д-ра ветеринар. наук // Казань, 2006.
- Лопатин С.В., Самоловов А.А. Расчистка копытцев крупного рогатого скота как метод профилактики болезней пальца / С.В. Лопатин, А.А. Самоловов // Сибирский вестник с.-х. науки. 2009; 3.
- Лукьяновский В.А. Применение ванн для обработки конечностей крупного рогатого скота / В.А. Лукьяновский // Ветеринария. 1977; 12.
- Давыдова Н.Ю. Предупреждение заболеваний копытцев у крупного рогатого скота / Н.Ю. Давыдова // Современные вопросы ветеринарной медицины и биологии. Уфа, 2000.
- Лукьяновский В.А. Применение ванн для обработки конечностей крупного рогатого скота / В.А. Лукьяновский // Ветеринария. 1997; 12.
- Гимранов В.В. Распространенность, ущерб от болезней в области пальцев у крупного рогатого скота в республике Башкортостан / В.В. Гимранов, Р.Р. Вахитов, Н.В. Фисенко // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015; 1.
- Шакуров М.Ш., Кутлукаев И.И., Галимзянов И.Г. Лечение гнойно-некротических заболеваний пальцев у крупного рогатого скота / М.Ш. Шакуров, И.И. Кутлукаев, И.Г. Галимзянов // Ветеринарный врач. 2003; 3: 35–38.
- Шакуров М.Ш., Тимофеев С.В., Галимзянов И.Г. Новокаиновые блокады в ветеринарии / М.Ш. Шакуров, С.В. Тимофеев, И.Г. Галимзянов // М.: КолосС. 2007; 72.
- Шакуров М.Ш., Кутлукаев И.И., Галимзянов И.Г. Ткань «Адсорбент» при лечении гнойно-некротических поражений пальцев крупного рогатого скота / М.Ш. Шакуров, И.И. Кутлукаев, И.Г. Галимзянов // Ученые записки КГБВМ им. Н.Э. Баумана. Казань. 2010; 203: 73–77.

НЕОБХОДИМОСТЬ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОФИЛАКТИКИ ДЕРМАТОФИТОЗОВ КОШЕК И СОБАК

Дерматофитозы — инфекционные заболевания кератинизированных тканей (кожи, волос, ногтей), вызываемые грибами видов *Microsporum*, *Trichophyton*, *Epidermophyton*. В последние годы одной из ведущих проблем для многих ветеринарных специалистов являются поражения кожи и волосяного покрова у собак и кошек, обусловленные инфекционной патологией, в частности дерматофитозами [3].

Дерматофитозы (трихофития и микроспория), несмотря на своевременные достижения медицинской и ветеринарной микологии, по-прежнему широко распространены как среди людей, так и среди домашних животных.

Опасность дерматофитозов в том, что возбудители заболевания образуют большое количество спор, разбрасываемых повсеместно носителем. Так, домашний здоровый питомец может заразиться лишаем, даже если поел на том месте, где находилось больное животное [2].

Основной резервуар грибов дерматофитов и важнейший вектор распространения дерматофитозов — домашние животные. Заражение человека в подавляющем большинстве случаев происходит от животных, в то время как передача инфекции от человека к человеку наблюдается довольно редко [4].

Возросший интерес к декоративным породам собак и кошек, создание большого числа питомников с высокой концентрацией животных на небольших площадях, нарушение ветеринарно-санитарных и гигиенических правил создают благоприятные условия для распространения микроспории, что представляет прямую угрозу заражения людей.

Особую опасность в распространении возбудителя и поддержании эпизоотологического очага представляют бездомные кошки и собаки, животные с атипичной и скрытой формой болезни. Они не редко являются источником возбудителя для человека, особенно для детей.

Человек может заразиться дерматофитией от кошек и собак. Немаловажный факт, что кошки являются носителем спор без каких-либо клинических проявлений. В группе риска — дети, пожилые люди, люди со сниженным иммунитетом.

Заболеваемость дерматофитозами людей и животных находится в теснейшей взаимосвязи, и эффективная борьба с этими заболеваниями возможна только при объединении усилий медицинских и ветеринарных служб [1].

Дерматофитозы склонны к саморазрушению, однако бороться с ними необходимо из-за высокой

контагиозности как для других животных, так и для человека.

Важным звеном в системе мероприятий по борьбе с дерматофитозами мелких домашних животных наряду с ветеринарно-санитарными и гигиеническими является терапия животных. Своевременно начатая профилактика и эффективное лечение не только приводят к выздоровлению пациента, но делают его безопасным для окружающих.

В современных условиях дерматофитозы, вызванные патогенными грибами, широко распространены во многих странах мира. Препараты для местного лечения трихофитии и микроспории, в основном спреи и шампуни, в состав которых входят энилконазол и кетоконазол, оказывают лишь ограниченное действие на возбудителя и не могут остановить распространение дерматофитозов.

Для лечения мелких домашних животных испытано значительное количество антимикотических препаратов.

Факторы, ограничивающие применение антимикотических препаратов в ветеринарии

- плохая переносимость, побочные эффекты, в том числе отдельные (печеночная недостаточность, нефротоксичность, нарушение функции яичников, гипокалиемия, нарушение зрения, нейротоксичность (судороги) общая тератогенность);
- длительность курсов лечения (несколько месяцев) с постоянным контролем функции печени и почек;
- себестоимость терапии и контроля микологического выздоровления;
- вероятность рецидивов.

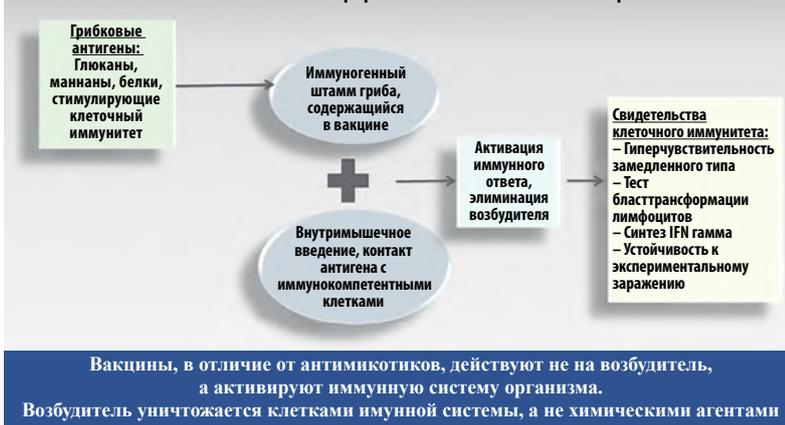
Предпосылки распространения устойчивости к антимикотикам

- бессимптомное, часто беспричинное применение химиотерапевтических противогрибковых препаратов на фоне роста частоты грибковых инфекций;
- накопление антимикотиков (и их аналогов — некоторых пестицидов) в почве, воде, кормах и т. д.;
- появление в популяции штаммов, устойчивых к противогрибковым препаратам на фоне частого их применения (отбор);

- распространение устойчивых штаммов (через почву в местах выгула домашних животных, через бессимптомных носителей и т. д.).

Многие из вышеперечисленных местных и химических апробированных препаратов оказались неэффективными, другие были высокотоксичными, обладали побочным действием и отдаленным воздействием. Учитывая это, применение ряда предлагаемых средств было запрещено или резко ограничено, что активизировало работы по созданию вакцин, лишенных этих недостатков и направленных на специфическую профилактику и терапии стригущего лишая.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ВАКЦИН



В основе этих исследований лежало воздействие на иммунную систему животных специфическими средствами с целью активизации гуморальной и клеточной защиты к возбудителям трихофитии и микроспории.

Материалы и методы

Для определения профилактической и терапевтической эффективности вакцин «Фелидерм» и «Канидерм» были использованы беспородные кошки, собаки и образцы исследуемых вакцин.

Определение профилактической и терапевтической эффективности вакцин «Фелидерм» и «Канидерм» на целевых видах животных

Для определения профилактической и терапевтической эффективности вакцин в условиях приюта были сформированы:

профилактическая эффективность кошек — три опытные и три контрольные группы по 15 голов в каждой;

терапевтическая эффективность кошек — были использованы животные из опыта по определению терапевтической эффективности и 10 животных, которым перед опытом был поставлен диагноз «дерматофитоз».

Итого: в исследованиях были использованы 100 кошек; *профилактическая эффективность собак* — три опытные и три контрольные группы по 15 голов в каждой;

терапевтическая эффективность собак — были использованы животные из опыта по определению терапевтической эффективности и 8 животных, которым перед опытом был поставлен диагноз «дерматофитоз».

Итого: в исследованиях были использованы 98 собак.

Животным вакцину «Фелидерм» вводили в область бедра двукратно с интервалом 10 дней: сначала в одну конечность, затем в другую. Кошкам в возрасте от 1,5 до 6 месяцев: с профилактической целью — 0,5 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; в возрасте старше 6 месяцев: с профилактической целью — 1,0 см³ с терапевтической целью — 2,0 см³. Животным контрольной группы вводился стерильный физраствор в тех же дозах.

Животные опытных и контрольных групп содержались отдельно от основного поголовья. Через 30 суток после второй вакцинации опытных групп животных вернули к остальным кошкам, где была выявлена микроспория.

Вакцину «Канидерм» вводили собакам внутримышечно (двукратно) в область бедра с интервалом 10–14 дней: сначала в одну конечность, затем в другую. Собакам от 1,5 до 6 месяцев: с профилактической целью — 0,5 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; старше 6 месяцев: с профилактической целью — 1,0 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; собакам с массой тела свыше 30 кг: с профилактической целью — 1,0 см³, с терапевтической целью — 1,5 см³. Животным контрольной группы вводили стерильный физиологический раствор в тех же дозах, что и вакцину.

Собаки опытных и контрольных групп содержались отдельно от основных животных. Через 30 суток после второй вакцинации всех собак (опытных и контрольных групп) вернули к остальным животным, где был выявлен диагноз «дерматофитоз».

Проводили систематическое наблюдение за подопытными животными опытных и контрольных групп, контактирующих с больными. При появлении клинических признаков дерматофитоза отбирали патологический материал для микроскопического исследования.

Кроме того, проводились испытания на продолжительность иммунитета, которые доказали, что вакцина обладает высокой активностью после иммунизации животных и дает защиту от дерматофитозов на протяжении заявленной продолжительности иммунитета — 12 месяцев.

Терапевтическая эффективность вакцины «Фелидерм»

Для определения терапевтической эффективности вакцины в условиях приюта на животных контрольной группы, использованных в опытах по отработке профилактической эффективности, провели испытания на терапевтическую эффективность вакцины «Фелидерм» и 10 кошек, которым перед началом всех испытаний был поставлен диагноз «микроспория».

Терапевтическая эффективность вакцины «Канидерм»

Для определения терапевтической эффективности вакцины в условиях приюта на животных контрольной группы, использованных в опытах по отработке профилактической эффективности, провели испытания на терапевтическую эффективность вакцины «Канидерм» и 8 собак, которым перед началом всех испытаний был поставлен диагноз «дерматофитоз».

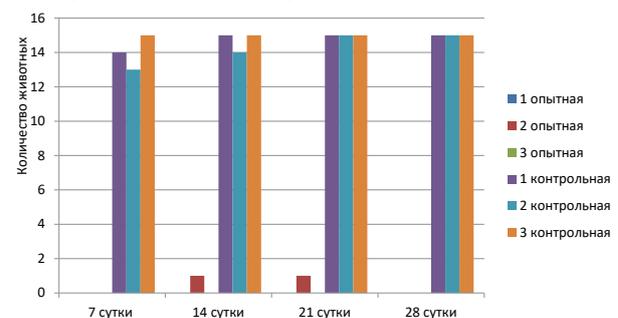
Результаты

При учете результатов клинического осмотра кошек при исследовании профилактической эффективности установлено:

- перед иммунизацией у животных всех групп внешних клинических признаков не наблюдалось;
- процесс угасания клинических признаков у животных опытных регистрировался к 10–14-м суткам после иммунизации;
- окончательное угасание проявления клинической картины дерматофитозов у животных опытных групп регистрировалось на 21–25-е сутки после иммунизации;
- полное восстановление поврежденных участков кожи и регистрация роста новых волос отмечены у животных опытных групп на 25–30-е сутки;
- результаты повторного микологического исследования были отрицательными на 35-е сутки исследования.

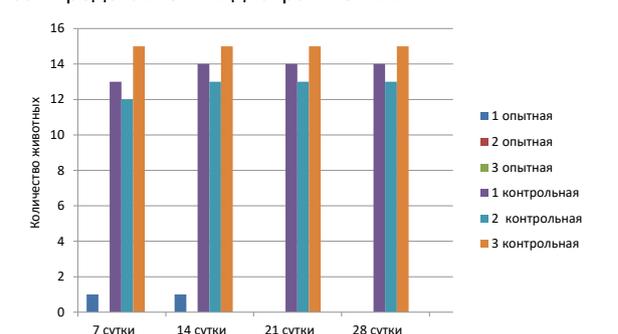
Проводили систематическое наблюдение за подопытными животными, контактирующими с больными, при появлении клинических признаков диагноз подтверждали с помощью микроскопии и путем посева на селективные питательные среды.

Результаты проявления клинических признаков у кошек представлены в диаграмме № 1.



С учетом результатов клинического осмотра собак при исследовании профилактической эффективности установлено:

Результаты проявления клинических признаков у собак представлены в диаграмме № 2.





По данным, отраженным в диаграммах № 1, 2, у кошек и собак из контрольных групп при контакте с больными животными были выявлены ярко выраженные признаки дерматофитоза — единичные и множественные, быстро распространившиеся в кольцеобразные поражения, как округлой, так и неправильной формы, сопровождающиеся эритемой, чешуйками и алопецией диаметром до 3 см, в то время как вакцинированные животные надежно защищены при контакте с больными дерматофитозами.

При учете результатов терапевтической эффективности вакцины «Фелидерм» установлено: через две недели после двукратного применения вакцины в терапевтической дозе у одной кошки из 1-й контрольной группы (возраст от 1,5 до 6 мес.) и у двух кошек из смешанной группы оставались небольшие пораженные участки, этим животным применили третью терапевтическую дозу. Через две недели животные были здоровы, микологические исследования отрицательны.

Таким образом, вакцина против дерматофитозов кошек инактивированная «Фелидерм» проявляет терапевтический эффект на 14-й день после второго введения у большинства животных, некоторым животным с сильным поражением только третье введение привело к полному выздоровлению на 20–25-е сутки.

При учете результатов терапевтической эффективности вакцины «Канидерм» установлено: через две недели после применения вакцины в терапевтических дозах у двух собак из смешанной группы оставались небольшие пораженные участки, этим животным применили третью терапевтическую дозу. Через 10 дней животные были здоровы, микологические исследования отрицательны.

Таким образом, вакцина против дерматофитозов собак инактивированная «Канидерм» проявляет терапевтический эффект на 14-й день после двукратного введения вакцины у большинства животных, некоторым животным с сильным поражением только третье введение терапевтической дозы привело к полному выздоровлению на 20–25-е сутки.

Заключение

Вакцины против дерматофитозов «Фелидерм» и «Канидерм» надежно защищают животных всех возрастных категорий при контакте с больными дерматофитозами животными в течение 12 месяцев. Напряженность иммунитета наступает через 25–30 суток после

двукратного применения. На месте введения вакцины реакции у животных отсутствовали, микотический очаг разрыхлялся, корочки отделялись, под ними отмечен рост нового волоса. Результаты повторного микологического исследования были отрицательными, в то время как «незащищенные» кошки и собаки контрольных групп заражались при контакте с больными животными.

Использование вакцин защищает организм при столкновении с возбудителем в течение 12 месяцев.

Вакцины, в отличие от антимикотиков, действуют не на возбудитель, а активируют иммунную систему организма. Возбудитель уничтожается клетками иммунной системы, а не химическими агентами.

Применение: Вакцину «Фелидерм» вводят в область бедра двукратно с интервалом 10–14 дней: сначала в одну конечность, затем в другую. Кошкам в возрасте от 1,5 до 6 месяцев: с профилактической целью — 0,5 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; в возрасте старше 6 месяцев: с профилактической целью — 1,0 см³, с терапевтической целью — 2,0 см³.

Вакцину «Канидерм» вводят собакам внутримышечно (двукратно) в область бедра с интервалом 10–14 дней: сначала в одну конечность, затем в другую. Собакам от 1,5 до 6 месяцев: с профилактической целью — 0,5 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; старше 6 месяцев: с профилактической целью — 1,0 см³, с терапевтической целью — 1,0 см³; собакам с массой тела свыше 30 кг: с профилактической целью — 1,0 см³, с терапевтической целью — 1,5 см³.

Преимущества вакцины: «Фелидерм» и «Канидерм» обладают выраженным профилактическим и терапевтическим действием; вызывают формирование иммунного ответа через 25–30 суток после повторного введения; продолжительность иммунитета — не менее 12 месяцев; срок годности вакцины — до 24 месяцев; качество международного уровня, соответствует требованиям GMP.

Вакцины, разработанные производителем «ФКП Ставропольская биофабрика», оказали высокий лечебно-профилактический эффект: все животные, которым была введена вакцина с профилактической целью, не заболели, а у больных животных после вакцинации отмечена положительная динамика в виде роста волос на пораженных участках. Использование вакцин «Фелидерм» и «Канидерм» в ветеринарной практике позволит повысить эффективность мероприятия по борьбе с дерматофитозами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Маноян М.Г., Овчинников Р.С., Панин А.Н. Бессимптомное миконотительство: его значение в распространении дерматофитозов животных и человека / VetPharma. 2012; 3: 40–44.
2. Смирнов Н.Е. Дерматофитозы у собак: пути заражения, симптомы, лечение / Главный ветеринарный справочник.
3. Шалаев И.М. Особенности распространения дерматофитозов собак и кошек, повышение эффективности противогрибковой терапии в условиях Крайнего Севера / Автореферат. Новосибирск, 2008.
4. Weitzman J., Summerbell R.C. / The dermatophytes. Clinical Microbiology Reviews. 1995; 8(2): 240–259.

ФКП «Ставропольская биофабрика»
355019, Российская Федерация,
г. Ставрополь, ул. Биологическая, д. 18
Тел. +7 (8652) 28-76-69, 28-78-12
info@stavbio.ru



stavbio.ru



ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ И МОНИТОРИНГА УСПЕВАЕМОСТИ УЧАЩИХСЯ АГРАРНЫХ ВУЗОВ

Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образовательную практику является одним из ключевых трендов цифровизации в высшей школе [2]. Особую актуальность данный вопрос приобретает в контексте подготовки кадров для агропромышленного комплекса, испытывающего дефицит высококвалифицированных специалистов, готовых к работе в условиях инновационной аграрной экономики [5]. ИИ открывает новые возможности для персонализации обучения, адаптивного управления образовательными траекториями, интеллектуализации оценочных процедур [1]. При этом научно-методологические и организационно-педагогические аспекты использования ИИ в аграрном образовании изучены недостаточно.

Цель данного исследования — выявление ключевых направлений и условий успешной интеграции технологий ИИ в практику оценки знаний и мониторинга успеваемости студентов аграрных вузов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать современное состояние и перспективы использования ИИ в системе контроля и оценки результатов обучения.
2. Разработать и апробировать модель ИИ-системы для генерации вариативных оценочных заданий, автоматизированной проверки работ и выявления пробелов в знаниях студентов.
3. Выявить педагогические эффекты и риски внедрения ИИ-инструментов оценивания в образовательный процесс аграрного вуза.
4. Определить организационно-педагогические условия эффективного использования ИИ для повышения качества контрольно-оценочной деятельности в аграрном образовании.

Теоретико-методологическую базу исследования составляют работы по цифровой трансформации образования [6], интеллектуализации обучения [3], дидактике электронного образования [8]. Ключевыми для данной работы являются понятия адаптивного тестирования, интеллектуального анализа образовательных данных, прогнозной аналитики на основе машинного обучения [4].

Для решения поставленных задач использовался комплекс теоретических и эмпирических методов. Теоретические методы включали анализ научной литературы по проблеме исследования, моделирование структуры и функций ИИ-системы оценивания.

Эмпирическую базу составили: 1) данные экспертного опроса 25 специалистов в области цифровых технологий в образовании относительно дидактического потенциала и рисков использования ИИ для оценки знаний; 2) результаты педагогического эксперимента по внедрению авторской модели ИИ-системы в двух аграрных вузах.



Разработанная ИИ-система включала модули для: 1) генерации многовариантных тестовых заданий на основе онтологии предметной области; 2) автоматизированной проверки работ с выявлением типичных ошибок; 3) интеллектуального анализа прогресса студентов и учебных курсов; 4) прогнозирования результатов обучения и рекомендательных сервисов. В эксперименте участвовали 100 студентов 2–3-х курсов направления «Агрономия», разделенные на экспериментальную (ЭГ, $n = 50$) и контрольную (КГ, $n = 50$) группы.

В ЭГ в течение семестра использовалась ИИ-система, в КГ применялись традиционные средства контроля. Анализировалась динамика успеваемости, проводилось анкетирование студентов для оценки удовлетворенности форматом оценивания.

Достоверность и надежность полученных данных обеспечивались репрезентативностью выборки, использованием валидного инструментария, применением методов математической статистики (t-критерий Стьюдента).

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить комплекс значимых эффектов и закономерностей, раскрывающих перспективы использования ИИ для оценки знаний и мониторинга успеваемости в аграрном образовании.

На первом уровне анализа проведена статистическая обработка результатов педагогического эксперимента. Сравнение показателей успеваемости в ЭГ и КГ с помощью t-критерия Стьюдента выявило значимые различия как по итогам промежуточной аттестации ($t = 2,21, p < 0,05$), так и итоговой ($t = 3,18, p < 0,01$). В ЭГ средний балл повысился с 3,85 до 4,42 (прирост 15%), в то время как в КГ динамика была менее выраженной — с 3,79 до 3,98 (прирост 5%).

Корреляционный анализ по Пирсону показал наличие значимой прямой связи между частотой использования ИИ-системы (по данным логов) и академическими достижениями студентов ЭГ ($r = 0,42, p < 0,01$). Регрессионная модель продемонстрировала, что 18% вариации итоговых оценок объясняется фактором вовлеченности в работу с ИИ-инструментами ($R^2 = 0,18, F = 10,65, p < 0,001$).

Статистически значимые различия между ЭГ и КГ были выявлены по уровню удовлетворенности системой оценивания ($\chi^2 = 9,44, p < 0,01$). 82% студентов ЭГ и лишь 51% студентов КГ высоко оценили объективность, прозрачность и информативность обратной связи.

Качественный анализ ответов студентов ЭГ на открытые вопросы анкеты позволил идентифицировать ключевые преимущества ИИ-системы: «Тесты адаптируются под мой уровень, становятся сложнее, если хорошо справляюсь» (Р., студент 2-го курса), «Система не просто ставит баллы, но и объясняет ошибки, дает рекомендации» (Н., студент 3-го курса), «Удобно отслеживать свой прогресс, видеть слабые места, прогнозировать оценки» (Т., студент 2-го курса).

На втором уровне анализа осуществлен концептуальный синтез полученных результатов с опорой на теоретические модели цифровой дидактики [8] и интеллектуализации образования [3].

Выявленный в ходе эксперимента психолого-педагогический механизм влияния ИИ на успешность обучения согласуется с идеями адаптивного и персонализированного образования [6]. ИИ-система обеспечивает настройку оценочных процедур под индивидуальные образовательные потребности и когнитивные профили

студентов, минимизирует стрессогенность контроля, усиливает мотивацию достижения [11].

Значимая корреляция между активностью использования ИИ-инструментов и академическими результатами свидетельствует о возрастающей ценности самостоятельной работы с цифровыми ресурсами и сервисами для успешного освоения учебной программы [9]. Интериоризация непрерывного автоматизированного оценивания способствует развитию навыков самоконтроля и саморегуляции учения [14].

Генерируемые ИИ-системой многомерные массивы образовательных данных (Learner Analytics) открывают принципиально новые возможности для управления качеством обучения на основе предиктивной аналитики и проактивных обучающих действий [4]. Педагоги получают обоснованные рекомендации по коррекции учебного процесса, профилактике неуспеваемости, поддержке талантов [12].

Вместе с тем эксперты указывают на риски редукции социального взаимодействия, деперсонализации обучения при чрезмерном увлечении ИИ-автоматизацией. По мнению 68% опрошенных, «ИИ не должен полностью заменить преподавателя в выполнении контрольно-оценочных функций» (Э2, проректор по цифровизации). Важно найти оптимальный баланс между применением ИИ-инструментов и экспертным участием педагогов на всех этапах обучения и оценивания [15].

Проведенный сравнительный анализ показал, что полученные в исследовании результаты в целом согласуются с данными зарубежных и отечественных работ, свидетельствующих о позитивном влиянии ИИ на качество образовательных результатов [5, 10], удовлетворенность студентов процедурами оценивания [7], развитие навыков саморегулируемого обучения [13]. Вместе с тем исследование фокусируется на специфике аграрного образования, раскрывая дополнительные эффекты использования ИИ для подготовки кадров АПК.

Ключевые выводы проведенного анализа:

1. Экспериментально доказана результативность применения ИИ-системы для повышения качества оценки знаний и мониторинга успеваемости студентов аграрных вузов. Прирост среднего балла в ЭГ составил 15% против 5% в КГ ($p < 0,01$).

2. Выявлена значимая корреляция ($r = 0,42, p < 0,01$) между частотой использования ИИ-инструментов и академическими достижениями студентов. Регрессионный анализ показал, что фактор вовлеченности в ИИ-практику объясняет 18% вариации итоговых оценок ($R^2 = 0,18, p < 0,001$).

3. Идентифицированы психолого-педагогические механизмы влияния ИИ на результаты обучения: адаптивность оценочных процедур, усиление мотивации достижения, развитие навыков самоконтроля, управление на основе предиктивной аналитики.

4. Определены риски деперсонализации и редукции социальных аспектов обучения при избыточном применении ИИ-автоматизации. 68% экспертов указали на необходимость баланса между использованием ИИ и экспертным участием преподавателей.

Таблица 1. Распределение студентов по уровню удовлетворенности системой оценивания

Уровень удовлетворенности	ЭГ ($n = 50$)	КГ ($n = 50$)
Высокий	41 (82%)	23 (51%)
Средний	7 (14%)	18 (36%)
Низкий	2 (4%)	7 (14%)

Примечание: $\chi^2 = 9,44, p < 0,01$.

Безусловно, проведенное исследование не лишено ограничений. Выборка охватывала студентов только двух аграрных вузов, что не позволяет в полной мере генерализировать выводы на всё многообразие учреждений данного профиля. Кроме того, экспериментальное внедрение осуществлялось в рамках отдельных дисциплин, тогда как для комплексной оценки эффектов ИИ требуется масштабирование практики на весь образовательный процесс.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением эмпирической базы за счет других вузов и направлений подготовки, проведением сравнительно-сопоставительных экспериментов, углубленным анализом предикторов успешности обучения с применением ИИ. Особого внимания заслуживают вопросы обеспечения этики и приватности в условиях тотального сбора и анализа цифрового следа студентов.

Результаты исследования имеют практическую значимость для управления инновационным развитием аграрного образования. Экспериментально апробированная модель ИИ-системы оценивания может быть адаптирована и тиражирована в других вузах. При этом важно обеспечить научно-методическую поддержку преподавателей, их подготовку к работе в условиях интеллектуализации образовательных процессов.

На уровне образовательной политики целесообразно инициировать масштабные программы исследований и разработок в сфере ИИ для нужд АПК, стимулировать кооперацию вузов, научных центров и агропромышленного бизнеса по созданию и внедрению передовых smart-решений. Только системные и скоординированные усилия всех заинтересованных сторон позволят реализовать инновационный потенциал ИИ-технологий для повышения качества подготовки кадров новой формации.

Резюмируя результаты проведенного исследования, можно заключить, что внедрение технологий ИИ открывает качественно новые возможности для совершенствования системы оценки знаний и мониторинга успеваемости в аграрном образовании. Экспериментально доказано, что применение ИИ-инструментов адаптивного тестирования, автоматизированной проверки работ и интеллектуального анализа образовательных

данных способствует значимому повышению результативности обучения, особенно для студентов с изначально низким уровнем подготовки.

Выявленные психолого-педагогические эффекты ИИ-системы, связанные с персонализацией оценивания, усилением мотивации, развитием навыков самоконтроля и саморегуляции учения, позволяют по-новому взглянуть на проблему управления качеством образования. Цифровой след обучающихся превращается в бесценный ресурс для принятия дидактических решений, а предиктивная аналитика открывает возможности для раннего выявления проблем и превентивных педагогических интервенций.

Вместе с тем исследование высветило риски редукции социального взаимодействия и деперсонализации обучения, возникающие при чрезмерном увлечении автоматизацией оценочных процедур. Полученные результаты служат ориентиром для поиска оптимального баланса между применением передовых ИИ-решений и сохранением экспертной роли преподавателя в интегральной оценке образовательного прогресса студентов.

Теоретическая значимость исследования определяется его вкладом в развитие научных представлений о дидактических возможностях и ограничениях использования ИИ в высшем образовании. Полученные эмпирические данные расширяют доказательную базу цифровой дидактики, обогащают педагогическую теорию новыми концептами и закономерностями.

Кулик А.Д.,
доцент, д-р пед. наук
Российский университет дружбы народов
им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия
kulik_ad@pfur.ru

Текучёва И.В.,
профессор кафедры методики преподавания русского языка
и литературы, канд. филос. наук
Государственный университет просвещения, Москва, Россия
ira.tekucheva@yandex.ru

Баранова О.В.,
доцент кафедры русского языка как иностранного
в профессиональном обучении, канд. пед. наук
Московский педагогический государственный университет,
Москва, Россия
russolgovik@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдуллаев С.Г. Оценка эффективности системы дистанционного обучения // Телекоммуникации и информатизация образования. 2007; 3: 85–92.
2. Бальхин М.Г. Электронное обучение и его роль в образовании без границ // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2008; 2: 65–71.
3. Власова Е.З. Адаптивные технологии как инструмент индивидуализации электронного обучения // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2018; 190: 87–95.
4. Днепровская Н.В. Оценка готовности российского высшего образования к цифровой экономике // Статистика и экономика. 2018; 4: 16–28.
5. Линде И.А. Адаптивное обучение как перспективная технология в дополнительном профессиональном образовании // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2018; 1(29): 51–55.
6. Роберт И.В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). М.: Бином; Лаборатория знаний. 2014; 398.
7. Сергеев А.Г., Жигалов И.Е., Баландина В.В. Введение в электронное обучение. Владимир: Издательство ВлГУ. 2012; 182.
8. Соловов А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. Самара: Новая техника. 2006; 462.
9. Третьяков В.С., Ларионова В.А. Открытые онлайн-курсы как инструмент модернизации образовательной деятельности в вузе // Высшее образование в России. 2016; 7: 55–66.
10. Фещенко А.В. Методологические аспекты применения технологий Learning Analytics и Educational Data Mining в электронном обучении // Открытое и дистанционное образование. 2019; 4(76): 49–59.
11. Шамсутдинова Т.М. Самоконтроль в дистанционном обучении // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2018; 5: 32–38.
12. Rowe M., Koban M. The Role of Instructor Presence in Online Learning // Online Learning Journal. 2021; 25: 4: 38–58.
13. Кречетова Г.А. Подготовка студентов педагогического вуза к реализации методик электронного обучения в предметных областях начальной школы // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: Материалы V Международной научной конференции. В 2 ч. Ч. 1. Красноярск, 21–24 сентября 2021 года / Под общ. ред. М.В. Носкова. Красноярск: Сибирский федеральный университет. 2021; 257–261.
14. Кирина И.Б., Кириллова С.С., Болдырева А.Ю. Цифровые технологии в образовательном процессе // Наука и образование. 2022; 5: 1. EDN PSFDDD
15. Григорьева Л.В., Кирина И.Б. Опыт организации курсов повышения квалификации специалистов АПК // Наука и образование. 2021; 4: 1.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ESG-СТРАТЕГИИ: ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АСПЕКТА НА ПРИМЕРЕ ПАО «ЛУКОЙЛ»

В статье рассмотрена деятельность одной из крупнейших российских компаний нефтегазовой отрасли промышленности — ПАО «Лукойл» — с позиции изучения развитости экологического интеллекта, основанного на применении ESG-подхода к оценке уровня экологических знаний и сформировавшегося поведения сотрудников. Практическая значимость проведенного эмпирического исследования заключается в полученных результатах социологического опроса, отражающего совокупность разнообразных взглядов и точек зрения кадрового состава ПАО «Лукойл» относительно проблем разработки и функционирования программ ESG-направленности, устойчивого развития, циркулярной экономики и их применения в профессиональной и бытовой сферах деятельности.

Для определения общего уровня экологического познания респондентов разработаны вопросы первого блока. Согласно обработанным данным, выявлен достаточно высокий уровень знаний сотрудниками ПАО «Лукойл» основных концептуальных понятий, таких как «устойчивое развитие», «цели устойчивого развития» (57,83% и 32,53%), «зеленая экономика» (58,43% и 26,51%).

Однако более половины опрошенных из ПАО «Лукойл» не знакомы с такими понятиями, как «циркулярная экономика» (54,82%) и «шеринговая экономика» (66,87%), что говорит о присутствующем неглубоком изучении респондентами современных тенденций разнообразных направлений устойчивого развития и повторного использования ресурсов.

Внутренняя часть респондентов (72,28%) утверждают о своем знании термина «экологический интеллект». Больше половины анкетированных (51,20%) в разной степени изученности владеют понятием ESG, что является положительной тенденцией в целом для деятельности, осуществляемой ПАО «Лукойл».

В большинстве своем респонденты (42,17%) отмечают, что понятия «устойчивое развитие» и «зеленая экономика» не являются синонимичными, а на вопрос

о тождестве понятий «устойчивое развитие» и «циркулярная экономика» более половины опрошенных (54,22%) затрудняются ответить, что вызывает сомнения в гибкости экологического мышления работников ПАО «Лукойл» в соответствующих областях знаний.

Внутреннее число респондентов (по 66,27%) проведенного исследования не смогли ответить и определить верную тождественность синонимичности среди понятий «устойчивое развитие», «шеринговая экономика» и «циркулярная экономика», и только по 24,70% и 22,29% дают правильные ответы на поставленные вопросы. Описанные факты свидетельствуют о неоднозначном и неоднородном развитии экологического интеллекта работников в рассматриваемой сфере.

Порядка 69,28% респондентов испытывали затруднения при попытке дать ответ, видят ли они схожесть между терминами «зеленая экономика» и «шеринговая экономика», а 55,42% затруднились в определении синонимичности «зеленой экономики» и «циркулярной экономики», что идентифицирует недостаточность вовлеченности персонала ПАО «Лукойл» в изучение ESG-повестки и ее актуального воздействия на экологическое становление развития общества.

При оценке узнаваемости работниками понятия ESG

стоит отметить, что большая часть кадров ПАО «Лукойл» (31,33%) затруднились ответить на вопрос либо видят в ESG лишь экологический аспект развития (27,71%), менее трети опрошенных (22,89%) верно ответили.

Следующий блок вопросов направлен на изучение степени экологизированности повседневного поведения индивидов. Прежде всего необходимо рассмотреть результаты предложенной самоидентификации респондентов. Так, более половины анкетированных (50,60%) относят себя к категории экологически грамотных людей и используют в целях соблюдения экопринципов собственные продовольственные сумки (54,22%), двухтарифные счетчики электричества (55,42%)



и предпочитают передвигаться пешком либо на экологичном транспорте (50,60%).

Почти абсолютное большинство респондентов (94,58%) уверены в том, что развитие принципов циркулярной модели и устойчивого развития является эффективным процессом, что говорит о высокой степени осознанности поднятой темы в исследовании. При этом порядка 82,53% работников из числа опрошенных в ПАО «Лукойл» уверены, что на данный момент внедрение принципов устойчивого развития применяется лишь в развитых странах.

Большинство работников ПАО «Лукойл» считают, что примеры применения концепции устойчивого развития и модели циркулярной экономики встречаются как в поведении и бытовой жизни отдельных россиян (64,46%), так и в практике отдельных российских компаний (74,10%). Порядка 19,88% опрошенных утверждают, что принципы устойчивого развития закреплены на законодательном уровне, а 60,24% имеют хотя бы частичное представление о реализации национального проекта «Экология» в России.

С другой стороны, отмечены некие затруднения и проблемные области восприятия, выявленные в представлениях работников ПАО «Лукойл» касательно развития циркулярной модели в России (лишь 34,94% (из них частично — 26,51%) осведомлены о федеральном проекте «Экономика замкнутого цикла»). Более половины респондентов (65,06%) не владеют какой-либо информацией о важнейшем российском экологическом проекте современности.

Согласно полученным данным, представители ПАО «Лукойл» недостаточно глубоко ознакомлены с международными проектами в направлениях практической реализации устойчивого развития и циркулярных бизнес-моделей. Так, 77,11% респондентов не имеют представления о Фонде Эллен Макартур — международной НКО, основанной с целью ускорения перехода к экономике замкнутого цикла [14], а 22,29% не знают о деятельности нашумевшей экоактивистки Грете Тунберг [13]. При этом суммарно более 81,33% опрошенных считают, что объема финансирования, выделяемого на развитие российских «устойчивых» проектов, скорее недостаточно.

ПАО «Лукойл» активно совершенствует территории своего присутствия (74,10%), повсеместно поддерживает высокий уровень информационной безопасности (71,08%), внедряет цифровые технологии на производственных и управленческих площадках (71,08%).

Инновационная деятельность компании также положительно оценена респондентами: 66,27% отмечают активное внедрение инновационных технологий и идей на предприятии, 22,29% — частичное.

Стоит отметить, что более половины опрошенных из числа сотрудников (52,41%) при всех имеющихся достоинствах работы в ПАО «Лукойл» отмечают, что лишь частично довольны аспектом внутреннего управления персоналом компании, что интерпретируется как обозначение дополнительных возможностей совершенствования S-инструмента в ESG-программах предприятия.

Существенной выявленной проблемой является недостаточность в организации популяризаторской деятельности, скрывающаяся в невысоком проценте участвующих сотрудников в экологических мероприятиях: 59,64% не принимают в них участия, среди которых численность предлагающих подобные идеи — 0,60%.

Резюмируя, отметим, что опрос пройден сотрудниками головной и дочерних компаний ПАО «Лукойл». Изучены мнения работников разных возрастных поколений, но наибольшее количество респондентов приходится на 21–45 лет (86,74%). Отмечен достаточно высокий образовательный уровень: большинство респондентов получили высшее образование, в их числе специалисты (52,41%), магистры (19,88%), бакалавры (7,83%), кандидаты (7,83%), доктора наук (0,6%). Преимущественно работники относятся к категории инженерно-технических работников и специалистов (53,01%), а 61,45% анкетированных — мужчины.

Стоит отметить, что при достойном уровне образования респонденты разных возрастных категорий в большинстве своем имеют представление о национальных «устойчивых» проектах, выступают за расширение экологических знаний кадрового состава в ПАО «Лукойл» и высоко оценивают работу компании во многих направлениях реализации устойчивого развития и ESG-программ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00191. <https://rscf.ru/project/23-28-00191/>

Гурьева М.А., доцент кафедры экономики и организации производства, канд. экон. наук doroshewa_06@mail.ru

Давыдова М.В., лаборант, отдел сопровождения научных проектов masha.davydova.02@list.ru

Плотникова К.С., лаборант, отдел сопровождения научных проектов na-plotnikova@mail.ru

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ефимова О.В. Анализ влияния принципов ESG на доходность активов: эмпирическое исследование / О.В. Ефимова, М.А. Волков, Д.А. Королёва. Текст: непосредственный // Финансы: теория и практика. 2021; 4: 82–97.
- Зеленая барыня ESG. Текст: электронный. — URL: <https://t.me/GreenLady77> (дата обращения: 24.04.2024).
- Курс «Экологическое предпринимательство». Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/3489> (дата обращения: 25.04.2024).
- ЛУКОЙЛ: Устойчивое развитие. Текст: электронный. — URL: <https://lucoil.ru/Sustainability> (дата обращения: 28.03.2024).
- Маленков Ю.А. Управление развитием человеческого капитала компании // Образование и бизнес. 2000; 24(48). — URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=E9s50LgAAAAJ&citation_for_view=E9s50LgAAAAJ:KIATU1dfN6UC
- Новейшие образовательные программы в сфере устойчивого развития. Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/5013> (дата обращения: 25.04.2024).
- Онлайн-курс «ESG: Введение». Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/716> (дата обращения: 25.04.2024).
- Онлайн-курс «Здоровый город». Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/1027> (дата обращения: 25.04.2024).
- Орлов С.Н. Адаптация предпринимательства к национальной ESG-повестке / С.Н. Орлов, И.Н. Луговой. Текст: непосредственный // Вестник Томского государственного университета. 2022; 58: 208–223.
- Предприятия нефтегазового комплекса. Текст: электронный // «Нефтегаз-2024». 23-я Международная выставка «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса». 2023. — URL: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/predpriyatiya-neftegazovogo-kompleksa/> (дата обращения: 28.03.2023).
- Продолжается набор на онлайн-курс «Прокачай эколога» компании EcoDao. Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/5228> (дата обращения: 25.04.2024).
- Раскройте свой потенциал: устойчивое будущее. Онлайн-курс University of Bristol. Текст: электронный. — URL: <https://t.me/ecoeventru/1639> (дата обращения: 25.04.2024).
- РБК-тренды: кто такая Грета Тунберг? Текст: электронный. — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/5d8b4c929a7947d3b4468fd3?from=copy> (дата обращения: 28.03.2024).
- Российский экологический оператор: экологические глобальные инициативы Фонда Эллен Макартур. Текст: электронный. — URL: <https://reo.ru/esg-best-practices/tprost/xt0pvn9xh1-ekologicheskie-globalnie-initsiatiivi-fon> (дата обращения: 28.03.2024).
- Федеральная служба государственной статистики. Текст: электронный. — URL: <https://rosstat.gov.ru/?%2F> (дата обращения: 28.03.2024).

П. В. Бурков¹
 М. Б. Ребезов²
 М. А. Дерkho¹ ✉
 П. Н. Щербаков¹
 А. О. Дерkho¹

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

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

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ derkho2010@yandex.ru

Поступила в редакцию:
18.04.2024

Одобрена после рецензирования:
01.06.2024

Принята к публикации:
16.06.2024

Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48

Pavel V. Burkov
 Maksim B. Rebezov
 Marina A. Derkho ✉
 Pavel N. Shcherbakov
 Arina O. Derkho

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ derkho2010@yandex.ru

Received by the editorial office:
18.04.2024

Accepted in revised:
01.06.2024

Accepted for publication:
16.06.2024

Иммуноретаболитические особенности формирования поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Иммуноретаболитический статус играет важную роль в формировании поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок.

Методы. Объект исследования — свиноматки, которых на 21-е сутки лактации после отъема поросят привили вакциной «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия) (контрольная группа). В опытной группе вакцинацию сочетали с введением «Трансфер Фактора», полученного из лейкоцитов гипериммунизированных животных. Эффективность вакцинации оценивали по параметрам иммуноретаболитического статуса и производственным показателям.

Результаты. Введение в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2 «Трансфер Фактора» позволяет сформировать в организме животных иммуноретаболитический профиль, способствующий выработке вируснейтрализующих антител в необходимом количестве, что отражается на величине производственных и экономически важных показателей как маркеров эффективности поствакцинального иммунитета. Это достигается за счет того, что поствакцинальные иммуноретаболитические реакции протекают преимущественно по механизму вторичного иммунного ответа, о чем свидетельствует увеличение концентрации IgG в 1,46–1,55 раза и уменьшение IgM в 1,63–2,11 раза по сравнению с контролем. Гепатопротекторные свойства «Трансфер Фактора» модулируют функциональную способность клеток печени и стабилизируют состояние их мембранных структур, что определяет ориентацию белкового и липидного метаболизма в организме свиноматок в анаболитическом направлении, способствуя задержке белкового азота и накоплению резервных жиров в организме животных, использованию углеродных остатков аминокислот в цикле Кребса посредством регуляции активности ферментов переаминирования (АлАТ, АсАТ), контролю желчегонной способности гепатоцитов, рациональному обмену холестерина. Коррекция иммуноретаболитического статуса свиноматок в поствакцинальный период позволяет (по сравнению с контролем) снизить выбытие свиноматок из популяции свинокомплекса на 21,05%, мертворожденность поросят на 38,15%, увеличить число оприходованных на 10,55%, повысить выход поросят на один опорос с 12,5 голов до 13 и их сохранность на опоросе на 0,80%.

Ключевые слова: свиноматки, иммуноглобулины, метаболизм белков и липидов, вакцинация, цирковир, иммунитет, производственные показатели

Для цитирования: Бурков П. В., Ребезов М. Б., Дерkho М. А., Щербаков П. Н., Дерkho А. О. Иммуноретаболитические особенности формирования поствакцинального иммунитета против ЦВС-2 у свиноматок. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 38–48.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48>

© Бурков П. В., Ребезов М. Б., Дерkho М. А., Щербаков П. Н., Дерkho А. О.

Immunometabolic features of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows

ABSTRACT

Relevance. Immunometabolic status plays an important role in the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows.

Methods. The object of the study was sows that were vaccinated with the “Ingelvac CircoFLEX” vaccine (Germany) on the 21st day of lactation after weaning their piglets (control group). In the experimental group, vaccination was combined with the administration of “Transfer Factor” obtained from leukocytes of hyperimmunized animals. The effectiveness of vaccination was assessed by parameters of immunometabolic status and production indicators.

Results. The introduction of “Transfer Factor” into the vaccination scheme of sows against pig circovirus of the second type makes it possible to form an immunometabolism profile in the animals’ body, promoting the production of virus-neutralizing antibodies in the required quantity, which is reflected in the value of production and economically important indicators as markers of the effectiveness of post-vaccination immunity. This is achieved due to the fact that post-vaccination immunological reactions occur predominantly through the mechanism of a secondary immune response, as evidenced by an increase in the concentration of IgG by 1.46–1.55 times and a decrease in IgM by 1.63–2.11 times, compared with the control. The hepatoprotective properties of “Transfer Factor” modulate the functional ability of liver cells and stabilize the state of their membrane structures, which determines the orientation of protein and lipid metabolism in the body of sows in an anabolic direction, promoting the retention of protein nitrogen and the accumulation of reserve fats in the body of animals, the use of carbon residues of amino acids in the Krebs cycle through the regulation of the activity of transamination enzymes (AlAT, AST), control of the choleric ability of hepatocytes, rational cholesterol metabolism. Correction of the immunometabolism status of sows in the post-vaccination period allows, in comparison with the control, to reduce the retirement of sows from the pig farm population by 21.05%, the stillbirth of piglets by 38.15%, increasing the number of adopted ones by 10.55%, and increasing the yield of piglets by 1 farrowing. 12.5 heads to 13 and their safety at farrowing is 0.80%.

Key words: sows, immunoglobulins, protein and lipid metabolism, vaccination, circovirus, immunity, production indicators

For citation: Burkov P.V., Rebezov M.B., Derkho M.A., Shcherbakov P.N., Derkho A.O. Immunometabolic features of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus type 2 in sows. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 38–48 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-38-48>

© Burkov P.V., Rebezov M.B., Derkho M.A., Shcherbakov P.N., Derkho A.O.

Введение/Introduction

Общий метаболический статус организма свиней взаимосвязан с функциями иммунной системы. Так, метаболизм влияет на дифференцировку и активность врожденных и адаптивных иммунных клеток, а иммунная система, наоборот, обеспечивает возможность формирования физиологически обусловленного метаболизма и энергопотребления клетками органов и тканей в стандартизированных условиях окружающей среды [1]. Поэтому общий биоэнергетический статус организма животных является результатом согласованного функционирования метаболических потоков и иммунологических реакций.

Вопросы взаимосвязи метаболического и иммунного статуса особо актуальны у сельскохозяйственных животных в условиях промышленной эксплуатации. Исключением не являются и свиноматки, у которых сохранение иммунометаболического баланса служит основой для поддержания репродуктивного здоровья и позволяет получать «качественное и жизнеспособное» потомство [2], определяя эффективность свиноводства [1].

В ходе репродуктивного цикла физиологический статус свиноматок претерпевает ряд последовательных перестроек, сопряженных с чередованием беременности, родов, лактации и периода для осеменения [3], что отражается на изменчивости метаболизма и иммунитета.

Согласно данным [1], метаболические изменения в организме свиноматок, особенно в период беременности и лактации, коррелируют со сдвигами в их иммунном статусе, включая уровень циркулирующих противовоспалительных цитокинов. В исследованиях [4] отмечено, что в организме беременных и лактирующих свиноматок происходят очень существенные изменения в иммунобиологическом статусе. Во время супоросности это может приводить к абортam, задержке внутриутробного развития плодов, лактации, к снижению молочной продуктивности и биологической ценности молока, напрямую влияя на рост и развитие поросят [5]. Поэтому в условиях высокоинтенсивной реализации репродуктивных качеств необходимо максимально снизить уровень воздействия на свиноматок различных экзогенных агентов, в том числе и биологических [6], создавая основу для формирования «нормального» иммунометаболизма. При этом метаболизм в клетках иммунной системы сопряжен с их функциональной активностью и выраженностью проявления биологических свойств по отношению к определенным антигенным частицам [7, 8].

В условиях промышленного свиноводства к «факторным инфекциям» относится цирковирусная, течение которой осложняется присоединением различных коинфекций [9–11]. Циркуляция цирковируса в производственных помещениях влияет на воспроизводительные функции свиноматок [12–16]. При этом репродуктивная недостаточность животных проявляется в виде увеличения числа абортam и мертворожденных поросят в помете, у мертворожденных и неонатальных плодов регистрируются повреждения сердца, печени и других тканей. Это подтверждает наличие трансплацентарного пути распространения вируса в организме животных, контаминацию тканей яичников, фолликулярной жидкости и ооцитов [15–17].

По данным [18, 19], клетки яйцевода, фолликулярная жидкость и репродуктивный тракт могут быть

источниками цирковируса в организме свиноматок. Важно подчеркнуть, что последствия «репродуктивных неудач» определяют уровень экономических потерь свиноводческих предприятий из-за недополучения поголовья поросят, увеличения количества непродуктивных дней в технологическом цикле свиноматок [20].

В настоящее время основным методом специфической профилактики и борьбы с цирковирусными заболеваниями у свиней является вакцинация [13, 21, 22]. Для этих целей разработано большое количество вакцин (живые аттенуированные, ДНК-вакцины, векторные, рекомбинантные субъединичные) [21–25], которые являются самыми продаваемыми в странах с развитым свиноводством.

Эффективность вакцинации в большинстве свиноводческих предприятий принято оценивать по производственным показателям, связанным с рентабельностью. Их величина зависит от степени уменьшения в стаде количества животных, имеющих признаки вирусемии, как результат выработки после вакцинации «определенного уровня» нейтрализующих антител [22]. Однако в большинстве свиноводческих предприятий текущая вакцинация свиней в стаде против ЦВС-2 не позволяет сформировать «однородный» иммунитет [25], что определяет поиск путей повышения ее защитной эффективности.

Цель исследования — оценка защитной эффективности текущей вакцинации свиноматок против ЦВС-2 по параметрам иммунометаболического статуса их организма и величине производственных показателей в условиях сочетания введения вакцины с иммунобиологическим препаратом антигенонаправленного действия («Трансфер Фактором»).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Протоколы научных экспериментов были согласованы с отделом свиноводства ООО «Агрофирма «Ариант»» (Челябинская обл., Россия). Выполнены на базе товарного свинокомплекса СВК 2 (2022–2024 гг.).

Репродуктивный цикл свиноматок включал следующие технологические периоды: осеменение, беременность, опорос и лактация. Они протекали в условиях цеха осеменения и цеха опороса. Наличие беременности устанавливали методом УЗИ, в цех опороса свиноматок переводили на 111–112-е сутки супоросности.

Для содержания животных использовали индивидуальные клетки, оборудованные автоматическими поилками и кормушками. Питательная ценность комбикормов, используемых в кормлении животных в зависимости от их физиологического состояния, была сбалансирована по рекомендациям Genesis (Канада)¹.

Планирование экспериментальной части было ориентировано на схему текущей вакцинации свиноматок против ЦВС-2 в условиях свинокомплекса. Она проводилась в период отъема поросят — на 21-сутки после опороса. Для вакцинации свиней использовалась вакцина «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Ingelvac CircoFLEX, Германия). Доза и способ введения соответствовали инструкции производителя вакцины.

Для повышения эффективности текущей вакцинации ее сочетали с введением специфического иммунобиостимулятора «Трансфер Фактор», который был получен

¹ <https://genus.com/wp-content/uploads/2018/08/Nutrition-Genesis-June-21-2018-Russian.pdf>

из лейкоцитарных клеток гипериммунизированных доноров при помощи той же вакцины. Препарат произведен в условиях лаборатории кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ», включая и операции по его подготовке к использованию. Иммунобиостимулятор вводился два раза: первый — за 7 суток до вакцинации (14-е сутки после опороса), второй — совместно с вакциной. Доза препарата составила 5,0 мл/гол, способ введения — внутримышечный.

Выполнение работы предусматривало формирование двух опытных групп: первая — контрольная (КГ), состояла из 196 свиноматок, которым применялась используемая на свинокомплексе схема текущей вакцинации против ЦВС-2; вторая — опытная (ОГ), включала 202 головы, вакцинацию против ЦВС-2 сочетали с введением специфического иммунобиостимулятора «Трансфер Фактор» (рис. 1).

В цехе осеменения после вакцинации свиноматок ежедневно в течение недели визуальным методом проверяли на наличие клинических симптомов вiremии и побочных реакций.

В контрольные точки эксперимента для оценки иммунометаболического статуса свиноматок контрольной и опытной групп брали кровь из краниальной полой вены с соблюдением правил асептики и антисептики у 10 животных, используя метод случайной выборки (рис. 1). В лабораторных анализах применялась сыворотка крови, полученная общепринятым методом. Все исследования выполнены в первые сутки после взятия крови у животных.

В образцах сыворотки крови определяли:

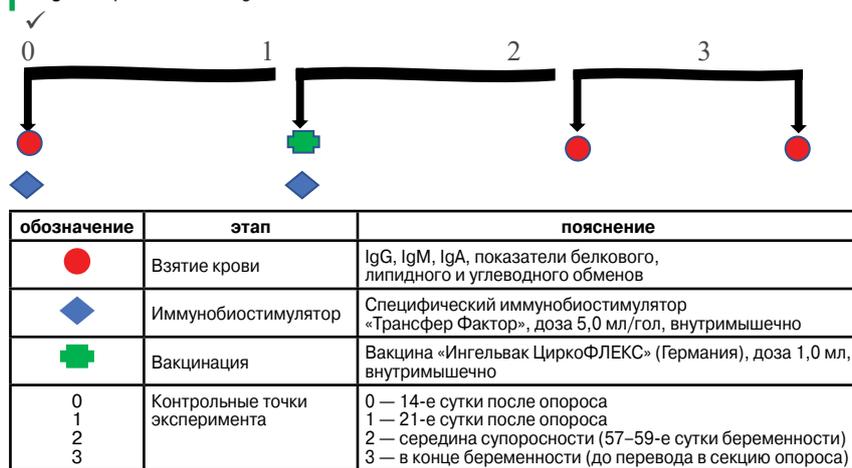
1. Концентрацию иммуноглобулинов (*IgG*, *IgM*). Метод определения — иммунотурбидиметрический. Для этих целей использовали готовые наборы реактивов «Иммуноглобулин G-Витал», «Иммуноглобулин M-Витал», производителем которых являлся АО «Витал Девелопмент Корпорейшн» (Россия). Образцы сыворотки крови, контрольную и калибровочную пробы разводили физиологическим раствором. Температура инкубации проб — 25 °С; длина определения оптической плотности — $\lambda = 340$ нм.

2. Уровень показателей, сопряженных с состоянием белкового обмена и желчевыделительной функции печени. Включали общий белок (ОБ, г/л), альбумины (Alb, г/л), мочевины (Moch, ммоль/л) активность аламинотрансферазы (АлАТ, ммоль/л·ч), аспартатаминотрансферазы (АсАТ, ммоль/л·ч) и щелочной фосфатазы (Е/л), общий билирубин (мкмоль/л). Для их определения использовали наборы готовых реагентов «Эко-Сервис», «Абрис» и «Витал» (поставщик «АниМед», Россия), основанные на методе колориметрии. Процедура анализов соответствовала инструкции по их проведению. Дополнительно расчетным путем были определены концентрация глобулинов (Gl, г/л), величина соотношений АсАТ/АлАТ (у. е.), общий белок (мочевина) (ОБ/Moch, у. е.) и альбумин (мочевина) (Alb/Moch, у. е.).

3. Концентрация параметров липидного обмена включала: общие липиды (г/л), триглицериды (ммоль/л),

Рис. 1. Экспериментальный дизайн

Fig. 1. Experimental design



холестерин (ммоль/л) и холестерин ЛПНП (ммоль/л). Метод определения — колориметрический. Для выполнения анализов использовались реагенты наборов «Ольвекс диагностикум» («Ольвекс Диагностикум», Россия) и «Витал» («Витал Девелопмент Корпорейшн», Россия).

Эффективность вакцинации в опытной и контрольной группах была оценена по производственным показателям: количеству выбывших за период эксперимента свиноматок в результате абортоса и прохолоста; учету числа родившихся поросят (гол.) от свиноматок, в том числе мертворожденных; количеству оприходованных поросят (гол.); выходу поросят на один опорос (гол.) и их сохранности на опоросе (%) [13].

Данные по экономической эффективности использования препарата «Трансфер Фактор» были представлены специалистами свинокомплекса.

Статистическая обработка данных была направлена на опровержение гипотезы, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на эффективность вакцинации. Все цифровые данные были представлены в виде среднего значения \pm стандартная ошибка среднего значения. Статистические данные были получены с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2010 (США). Значения вероятности $p < 0,05$ считались статистически значимыми.

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

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Во время лактации и беременности иммунобиологический статус матери является залогом будущего здоровья и продуктивности поросят [26]. При этом важную роль играют иммуноглобулины, регулирующие иммунное состояние развивающихся плодов и реакции поросят в период новорожденности [27]. В частности, иммунологический статус свиноматок в период лактации сопряжен с процессом созревания иммунной системы новорожденных и регуляцией ее функций, так как посредством молозива и молока в их организм поступают материнские иммуноглобулины и цитокинины [28].

В период беременности иммуноглобулины позволяют организму свиноматок контролировать «материнскую

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

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

инфекцию», снижая ее воспалительное воздействие, что отражается на врожденной реакции и восприимчивости новорожденных к данным инфекционным агентам [27].

В исследованиях [7] отмечено, что иммунология беременности основана на подавлении иммунитета в организме матери, что обеспечивает развитие плода, но и определяет повышенный риск для развития бактериальной и вирусной инфекции, имеющей пагубные последствия для выживаемости плода. Поэтому по изменчивости в крови свиноматок иммуноглобулинов в период лактации и беременности можно судить о сбалансированности в их организме воспалительных процессов и иммунологических реакций, уровне реакционной способности организма животных в заданных условиях технологической среды, а также определить тип иммунного ответа (первичный, вторичный) на вакцинацию [13].

При анализе полученных данных ориентировались на опровержение нулевой гипотезы, согласно которой сочетание вакцинации с введением «Трансфер Фактора» не оказало влияния на ее эффективность.

Необходимо отметить, что поствакцинальный период свиноматок, в который происходит выработка вируснейтрализующих антител, сочетался с прекращением лактации, осеменением и беременностью. Данные стадии технологического цикла значимо влияют на эффективность формируемого иммунитета, так как сопровождаются иммунологическими перестройками в организме животных.

В контрольной и опытной группах свиноматок в контрольной точке эксперимента 0 (14-е сутки после опороса) уровень IgG колебался на уровне $4,97 \pm 0,16$ и $5,44 \pm 0,23$ г/л (рис. 2), то есть не был статистически различен.

В общей сумме иммуноглобулинов крови лактирующих свиноматок IgG составляли от 73 до 74%. По данным [29], основной их функцией в организме свиноматок в данный период репродуктивного цикла являлось поддержание определенного уровня IgG в составе молока, так как их основным источником являются иммуноглобулины крови, поступающие в секрет за счет селективного транспорта через альвеолярный эпителий молочной железы.

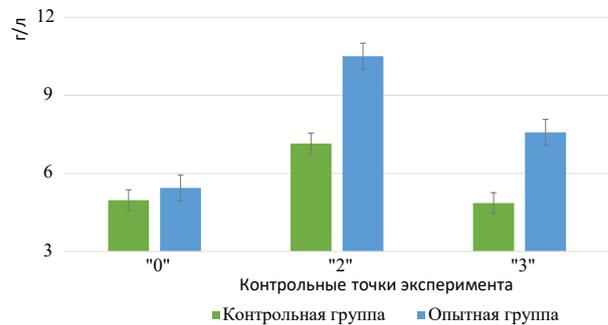
Вакцинация свиноматок, как уже было отмечено, осуществлялась в конце лактации и совпадала с отъемом поросят, определяя резкие сдвиги в состоянии иммунитета. При этом для выработки поствакцинальных нейтрализующих антител против цирковируса в необходимом количестве необходима стимуляция функциональной активности В-лимфоцитов [30], а для развития беременности, наоборот, снижение иммунологической реактивности организма матери к антигенам плода. Это достигается путем выработки ряда иммуносупрессивных соединений (стероидные гормоны, специфические белки плаценты) [31]. Совокупность данных факторов влияла на характер иммунного ответа организма свиноматок в поствакцинальный период.

Так, в контрольной точке эксперимента 2 (57–59-е сутки беременности) в крови свиноматок контрольной и опытной групп увеличивалась концентрация IgG до $7,15 \pm 0,40$ и $10,51 \pm 0,27$ г/л (рис. 2), превышая уровень лактирующих животных в 1,43 и 1,93 раза ($p < 0,05$). Межгрупповые различия составляли 46,99% ($p < 0,05$). При этом доля IgG в общей сумме иммуноглобулинов крови у свиноматок контрольной группы составляла 66,51%, а опытной — 82,56%.

Как известно, IgG участвуют в поддержании иммунологической памяти, влияя на активность системы

Рис. 2. Уровень IgG в крови свиноматок в контрольные точки эксперимента: точка 0 — 14-е сутки после опороса; точка 2 — середина супоросности (57–59-е сутки беременности); точка 3 — в конце беременности (до перевода в секцию опороса)

Fig. 2. The IgG level in the blood of sows at the control points of the experiment: point 0 — the 14th day after farrowing; point 2 — the middle of pregnancy (57–59 days of pregnancy); point 3 — at the end of pregnancy (before transfer to the farrowing section)



комплемента, фагоцитарные свойства нейтрофилов и макрофагов [32], а при беременности — в формировании пассивного иммунитета у развивающихся плодов [30]. Следовательно, увеличение IgG в крови свиноматок в середине супоросности и после текущей вакцинации отражало степень проявления механизмов вторичного иммунного ответа. Они обеспечивали, во-первых, лизис антигенных частиц, в том числе и развивающихся плодов, а во-вторых — выработку дополнительного количества поствакцинальных нейтрализующих антител, что типично для ревакцинации [30].

Более выраженный прирост числа IgG в крови животных в условиях сочетания вакцинации с введением «Трансфер Фактора» объясняется тем, что препарат содержит цитокины, которые способны действовать как иммуномодуляторы, усиливая активность макрофагов, увеличивая локальные уровни антител, индуцируя выработку интерферона и активируя клетки-киллеры [33].

В контрольной точке эксперимента 3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса) количество IgG в крови свиноматок снижалось (рис. 2), что специфично для данного срока беременности и обусловлено переходом иммуноглобулинов через плаценту к плодам [31]. Однако различия между контрольной и опытной группами составляли 1,56 раза ($p < 0,05$). Это отражало способность «Трансфер Фактора» поддерживать активность иммунного ответа в организме животных, определяя степень проявления защитных функций иммунной системой.

О правомерности данного вывода свидетельствовал тот факт, что в крови свиноматок контрольной группы доля IgG в общей сумме защитных белков составила 57,78%, а опытной — 81,76%.

Следовательно, введение в схему вакцинации «Трансфер Фактора» статистически значимо влияло на уровень IgG в крови свиноматок в поствакцинальный период, определяя развитие иммунного ответа преимущественно по вторичному механизму за счет выработки необходимого количества антигенспецифических вируснейтрализующих антител.

В качестве доказательной базы сделанного вывода проанализировали изменчивость в крови свиноматок иммуноглобулинов IgM, которые образуются в результате контакта плазматических клеток с различными чужеродными антигенами и характеризуют процесс развития первичного иммунного ответа [32]. В контрольной точке эксперимента 0 они составляли у свиноматок контрольной и опытной групп 24,18–24,39% от общего пула

иммуноглобулинов в крови, или $1,63\ 0,09-1,81 \pm 0,15$ г/л (рис. 3), отражая уровень общей «первичной» антигенной нагрузки на их организм в существующих технологических условиях.

В крови свиноматок контрольной группы в контрольных точках эксперимента 2 и 3 концентрация IgM увеличивалась (рис. 3), превышая уровень лактирующих животных в 1,98–2,02 раза ($p < 0,05$) и составляя в общем пуле иммуноглобулинов 30,70–38,41%, что свидетельствовало о возрастании доли иммунологических процессов, протекающих по механизму первичного иммунного ответа в исследуемой популяции свиней. В то же время в опытной группе наблюдалась противоположная тенденция. Уровень IgM статистически значимо не изменялся, но имел тенденцию к снижению. При этом межгрупповые различия составили 1,63–2,11 раза ($p < 0,05$).

Таким образом, в популяции свиноматок контрольной группы поствакцинальный иммунитет формировался в условиях прироста количества механизмов первичного иммунного ответа, в опытной группе — приоритетно обеспечивался за счет механизмов вторичного иммунного ответа, определяющих продуцирование опсонизирующих и вируснейтрализующих антител [34].

В качестве одного из критериев эффективности вакцинации были использованы метаболический статус свиноматок и его изменчивость в поствакцинальный период. По данным [35], он определяет защитно-компенсаторный потенциал организма животных. В роли метаболических индикаторов оценивали показатели крови, которые характеризуют активность и направленность обменных процессов в организме животных. Во-первых, охарактеризовали изменчивость белкового метаболизма в ходе репродуктивного цикла свиноматок с учетом беременности и вакцинации против ЦВС 2. В качестве фоновой точки использовались показатели крови, соответствующие периоду лактации (контрольная точка эксперимента — 0).

При анализе данных учитывали тот факт, что белковый метаболизм преимущественно ориентирован на катаболизм [36–38], что сопряжено со вскармливанием свиноматками большого помета в условиях «физиологически обусловленного» несоответствия потребления корма потребностям организма в энергии и питательных веществах [39]. В контрольной точке эксперимента 0 биохимический состав крови свиноматок контрольной и опытной групп не имел статистически значимых различий. В частности, уровень общего белка и мочевины колебался в пределах верхних границ нормы, свидетельствуя о мобилизации белковых ресурсов в их организме и активном использовании белковых молекул в качестве субстратов катаболизма. При этом ограничивалась скорость анаболизма альбуминов и интенсивность альбуминсинтезирующей функции печени, так как их уровень поддерживался в крови свиней только на нижней границе нормы.

Способность свиноматок в период лактации активно мобилизовать тканевые белковые ресурсы для поддержания оптимального «производства молока» определяется тем, что современные породы свиней легко теряют и набирают мышечную массу [40], изменяя свою упитанность. У них уже генетически обусловлена сопряженность производства молочного белка в ходе лактации со скоростью мобилизации скелетных мышц. При этом эта особенность метаболического состояния свиноматок не зависит от уровня их кормления.

Рис. 3. Уровень IgM в крови свиноматок в контрольные точки эксперимента: точка 0 — 14-е сутки после опороса; точка 2 — середина супоросности (57–59-е сутки беременности); точка 3 — в конце беременности (до перевода в секцию опороса)

Fig. 3. The level of IdM in the blood of sows at the control points of the experiment: point 0 — the 14th day after farrowing; point 2 — the middle of pregnancy (57–59 days of pregnancy); point 3 — at the end of pregnancy (before transfer to the farrowing section)

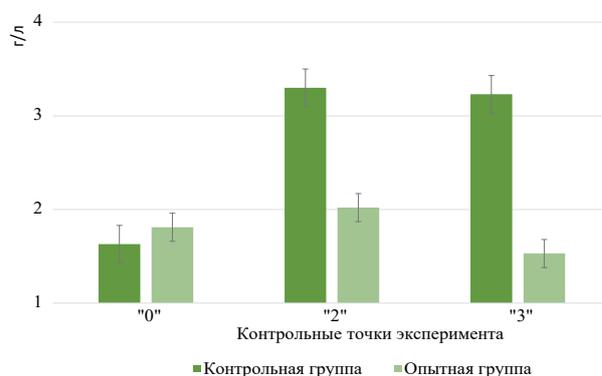


Таблица 1. Показатели белкового метаболизма и желчевыделительной функции печени в организме свиноматок ($n = 10$), $X \pm Sx$

Table 1. Indicators of protein metabolism and biliary liver function in the body of sows ($n = 10$), $X \pm Sx$

Показатели крови	Норма	Контрольные точки эксперимента		
		0 (14-е сутки после опороса)	2 (середина супоросности, 57–59-е сутки беременности)	3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса)
<i>Контрольная группа</i>				
Общий белок, г/л	55–86	80,63 ± 1,01	74,40 ± 0,55* ¹	72,60 ± 0,48* ¹
Альбумины, г/л	40–50	42,21 ± 0,52	40,56 ± 0,53	38,98 ± 0,40* ¹
Глобулины, г/л	–	38,42 ± 0,45	33,84 ± 0,32* ¹	33,62 ± 0,22* ¹
Мочевина, ммоль/л	3–8	6,34 ± 0,14	4,92 ± 0,19* ¹	4,51 ± 0,16* ¹
ОБ/Моч, у. е.	–	12,71 ± 0,50	15,12 ± 0,49* ¹	16,09 ± 0,54* ¹
Алб/Моч, у. е.	–	6,66 ± 0,36	8,24 ± 0,15* ¹	8,64 ± 0,29* ¹
АсАТ, ммоль/л·ч	0,6–2,1	0,68 ± 0,09	0,84 ± 0,03* ¹	0,88 ± 0,03* ¹
АлАТ, ммоль/л·ч	0,3–1,2	1,45 ± 0,06	1,56 ± 0,04	1,62 ± 0,03* ¹
АсАТ/АлАТ, у. е.	–	0,47 ± 0,07	0,54 ± 0,03* ¹	0,54 ± 0,02* ¹
Щелочная фосфатаза, Е/л	30–150	55,89 ± 2,49	103,20 ± 2,17* ¹	120,17 ± 2,78* ¹
Общий билирубин, мкмоль/л	0–6,8	2,62 ± 0,27	7,01 ± 0,29* ¹	7,39 ± 0,45* ¹
<i>Опытная группа</i>				
Общий белок, г/л	55–86	79,66 ± 1,93	78,30 ± 0,21* ²	77,79 ± 1,20* ²
Альбумины, г/л	40–50	42,00 ± 0,47	40,49 ± 0,54	39,56 ± 0,38* ¹
Глобулины, г/л	–	37,66 ± 1,72	37,81 ± 0,18* ²	38,23 ± 0,27* ²
Мочевина, ммоль/л	3–8	6,14 ± 0,20	4,39 ± 0,17* ¹	3,92 ± 0,18* ¹⁺²
ОБ/Моч, у. е.	–	12,97 ± 0,60	17,83 ± 0,21* ¹⁺²	19,84 ± 0,26* ¹⁺²
Алб/Моч, у. е.	–	6,84 ± 0,34	9,22 ± 0,17* ¹⁺²	10,09 ± 0,24* ¹
АсАТ, ммоль/л·ч	0,6–2,1	0,63 ± 0,13	1,47 ± 0,06* ¹⁺²	1,50 ± 0,11* ¹⁺²
АлАТ, ммоль/л·ч	0,3–1,2	1,39 ± 0,14	0,57 ± 0,01* ¹⁺²	0,55 ± 0,02* ¹⁺²
АсАТ/АлАТ, у. е.	–	0,45 ± 0,07	2,58 ± 0,03* ¹⁺²	2,73 ± 0,06* ¹⁺²
Щелочная фосфатаза, Е/л	30–150	45,34 ± 4,88	94,88 ± 1,23* ¹⁺²	100,11 ± 1,33* ¹⁺²
Общий билирубин, мкмоль/л	0–6,8	2,13 ± 0,31	4,23 ± 0,05* ¹⁺²	4,57 ± 0,13* ¹⁺²

Примечание: *¹ $p < 0,05$ по отношению к данным на 14-е сутки после опороса; *² $p < 0,05$ по отношению к контрольной группе; норма — по М.А. Медведевой⁴, А.П. Курдеко⁵ и др.

Хотелось бы отметить, что в период лактации в крови свиноматок контрольной и опытной групп увеличивалась активность фермента АлАТ, превышая верхнюю границу нормы на 15,83–20,83% (табл. 1). Следовательно, в схеме катаболизма белков крови формировался маршрут, начинающийся с общего белка и альбуминов

⁴ Медведева М.А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика: справочник для ветеринарных врачей. М.: Аквариум-Принт. 2008; 416.

⁵ Курдеко А.П., Хлебук Н.К., Петровский С.В., Дубина И.Н., Демидович А.П., Мацонинов А.А. Биохимический контроль состояния здоровья свиней. Горки: БГСХА. 2013; 48.

и являющийся зоной приложения активности аланинаминотрансферазы, посредством которой углеродные остатки свободных аминокислот включались в глюкозо-аланиновый шунт, а аммиак утилизировался через синтез мочевины. При этом со стороны гепатоцитов была выражена «цитолитическая реакция».

В поствакцинальный период белковый метаболизм приоритетно был ориентирован на удовлетворение потребностей организма матери и развивающихся плодов [41]. При этом в популяции свиноматок опытной и контрольной групп выявлялись общие сдвиги в показателях крови, которые имели адаптивный характер и были направлены на создание условий для прогрессирования беременности. Так, уменьшалась концентрация общего белка за счет альбуминов. По данным [42], это является следствием появления дополнительного круга кровообращения в организме матери и способности белков регулировать онкотическое давление крови. Кроме этого, снижался уровень мочевины, свидетельствуя о задержке белкового азота в организме свиноматок. При этом увеличивалась скорость оборота белков в схеме метаболизма «общий белок — мочевина» и «альбумины — мочевина», а также возрастала скорость переаминирования свободных аминокислот и усиливалась желчевыделительная функция печени.

Совокупность показателей крови характеризуют уровень интеграции белкового и азотистого обмена в организме беременных свиноматок и возможности поддержания потребностей плодов в белке за счет изменений в метаболизме аминокислот, синтезе мочевины и использовании остатков аминокислот в цикле Кребса и глюконеогенезе [43].

Несмотря на общие закономерности формирования белкового метаболизма в организме свиноматок в поствакцинальный период, были выявлены некоторые отличия между животными контрольной и опытной групп (табл. 1). Так, в условиях сочетания вакцинации с введением «Трансфер Фактора» убыль количества общего белка и альбуминов в крови животных была менее существенна и составляла 1,70–2,34% и 3,59–5,80% соответственно (в контроле — 7,73–9,96% и 3,90–7,65%), что отразилось на концентрации глобулинов.

В крови «контрольных» свиноматок уровень глобулинов уменьшился на 11,92–12,42% ($p < 0,05$). В то же время у «опытных» увеличивался до 1,51% (хоть и не достоверно), но межгрупповые различия по концентрации мочевины, скорости оборота белка в схеме метаболизма «общий белок — мочевина» и «альбумины — мочевина» составили от 11,89 до 23,31%. При этом свиноматки опытной группы проявили более высокую склонность к «задержке» белкового азота в своем организме.

Белковый метаболизм сопряжен с активностью ферментов переаминирования, определяющих специфику использования аминокислот после дезаминирования [44]. Хотя активность трансаминаз в поствакцинальный период возрастала в крови свиноматок (табл. 1), но у животных контрольной группы было выявлено превышение границ нормы для активности АЛТ (на 30,00–35,00%) и ее преобладание над уровнем АсАТ (АсАТ/АЛТ — 0,54 у. е.). В крови свиноматок опытной популяции уровень ферментов соответствовал нормативным границам. При этом активность АсАТ доминировала над АЛТ (АсАТ/АЛТ — 2,58–2,73 у. е.). Следовательно,

аминотрансферазный профиль крови животных определял приоритетный путь утилизации углеродных остатков аминокислот в их организме. В контрольной группе он был анаболическим — глюконеогенез, а в опытной — катаболическим (посредством цикла Кребса) [44]. При этом у животных контрольной группы сохранялась «цитолитическая реакция» со стороны гепатоцитов.

В поствакцинальный период, как уже было отмечено, усиливалась холестатическая функция печени (маркеры — щелочная фосфатаза, общий билирубин). При этом в контроле концентрация общего билирубина превышала границы нормы на 3,09–8,68%, а в опыте соответствовала диапазону нормативных значений (табл. 1).

Таким образом, при анализе показателей белкового метаболизма и сопряженной с ним холестатической функции печени не была доказана гипотеза, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на биологический статус свиноматок в поствакцинальный период. Во-вторых, при оценке метаболического статуса свиноматок в поствакцинальный период был проанализирован липидный спектр крови в ходе репродуктивного цикла.

При его анализе учитывали, что липидный обмен у свиней обеспечивает до 50% потребностей в метаболической энергии за счет высокой склонности их организма накапливать значительные запасы жира [45]. При этом свиноматки современных пород в период лактации легко мобилизуют не только белковые, но и липидные ресурсы [40], использующиеся в производстве молока с питательностью, обеспечивающей потребности быстрорастущего помета [46]. Фоновые показатели крови, выявленные в контрольной точке эксперимента 0 и соответствующие 14-м суткам лактации, не имели статистически значимых различий у свиноматок контрольной и опытной групп (табл. 2).

При этом уровень общих липидов был меньше границы нормы (на 8,00–12,28%), а триглицеридов и холестерина — соответствовал ее нижнему пределу, отражая скорость использования запасов жировых депо в энергетических и синтетических процессах в организме лактирующих свиноматок.

По данным [46], липидный метаболизм к концу периода лактации ориентирован не только на производство молока, но и на сохранение жировых запасов для будущего репродуктивного цикла.

Поствакцинальный период у свиноматок контрольной и опытной групп совпадал с самым критическим периодом репродуктивного цикла — беременностью [47],

Таблица 2. Показатели липидного обмена в организме свиноматок ($n = 10$), $X \pm Sx$

Table 2. Indicators of lipid metabolism in the body of sows ($n = 10$), $X \pm Sx$

Показатели крови	Норма	Контрольные точки эксперимента		
		0 (14-е сутки после опороса)	2 (середина супоросности, 57–59-е сутки беременности)	3 (в конце беременности — до перевода в секцию опороса)
Контрольная группа				
Общие липиды, г/л	3,5–5,2	3,22 ± 0,17	2,40 ± 0,15 ^{*1}	2,15 ± 0,08 ^{*1}
Холестерин, ммоль/л	1,8–3,4	2,29 ± 0,09	2,06 ± 0,10	1,87 ± 0,09 ^{*1}
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	–	0,63 ± 0,02	0,74 ± 0,02 ^{*1}	0,85 ± 0,04 ^{*1}
Триглицериды, ммоль/л	0,5–1,0	0,53 ± 0,03	0,64 ± 0,02 ^{*1}	0,71 ± 0,03 ^{*1}
Опытная группа				
Общие липиды, г/л	3,5–5,2	3,07 ± 0,12	3,80 ± 0,21 ^{*1*2}	4,22 ± 0,09 ^{*1*2}
Холестерин, ммоль/л	1,8–3,4	2,04 ± 0,10	2,29 ± 0,09 ^{*1*2}	2,34 ± 0,08 ^{*1*2}
Холестерин ЛПНП, ммоль/л	–	0,60 ± 0,02	0,63 ± 0,02 ^{*2}	0,64 ± 0,07 ^{*2}
Триглицериды, ммоль/л	0,5–1,0	0,56 ± 0,02	0,79 ± 0,03 ^{*1*2}	0,92 ± 0,02 ^{*1*2}

Примечание: ^{*1} $p < 0,05$ по отношению к данным в контрольной точке 0 (14-е сутки после опороса); ^{*2} $p < 0,05$ по отношению к контрольной группе; норма — по А.П. Курдеко и др. (2013 г.) [39].

в который основные энергозатраты организма определялись потребностями развивающихся плодов. Однако липидный спектр крови животных имел значительные межгрупповые различия. У опытных свиноматок в ходе беременности увеличивалось количество общих липидов (на 23,78–37,45%), триглицеридов (на 41,07–64,28%), общего холестерина (на 12,25–14,71%) в условиях сохранения концентрации холестерина ЛПНП. При этом все параметры соответствовали границам нормы, то есть липидный метаболизм был физиологически обусловленным и создавал основу для благоприятного исхода беременности.

По данным [48], выявленная совокупность липидных параметров у опытных свиноматок была результатом способности их организма в период беременности создавать запас «материнского жира», который является источником энергии для развивающихся плодов и может «буферизировать» краткосрочные или среднесрочные изменения в энергоснабжении.

Логично предположить, что немаловажную роль в формировании направленности изменений в материнском организме играла эффективность вакцинации против ЦВС 2.

В то же время у свиноматок контрольной группы в период беременности отмечалось уменьшение концентрации общих липидов (на 25,46–33,22%), общего холестерина (на 10,04–18,34%) на фоне прироста количества холестерина ЛПНП (на 17,46–34,92%) и триглицеридов (на 20,72–33,96%), то есть липидный обмен претерпевал изменения, направленные на увеличение скорости использования резервных жиров и их окисления, что, соответственно, отражалось на эффективности вакцинации и исходе беременности.

Следовательно, при анализе липидного спектра крови гипотеза, согласно которой препарат «Трансфер Фактор» не оказывал влияния на метаболическое состояние свиноматок в поствакцинальный период, не получила подтверждения.

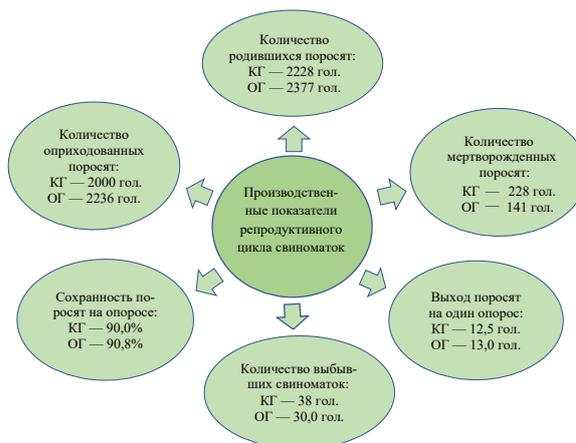
Для оценки эффективности вакцинации в опытной и контрольной группах использовали и производственные показатели (рис. 4), из которых были проанализированы межгрупповые различия по количеству выбывших за период эксперимента свиноматок (абортированные, прохолодившиеся), по числу родившихся, мертворожденных и оприходованных поросят, по выходу поросят на один опорос и их сохранности на опоросе.

По данным [13], показатели экономически значимы и зависят от количества вируснейтрализующих антител, циркулирующих в организме свиноматок после вакцинации. Их анализ позволил проверить первоначально сформулированную гипотезу о том, что включение «Трансфер Фактора» в схему вакцинации не влияет на ее эффективность.

Было уже отмечено, что общее количество свиноматок в контрольной (КГ) и опытной (ОГ) группах составило 196 и 202 головы. За период эксперимента из поголовья свиноматок выбыли, соответственно, 38 и 30 голов, что позволило получить поросят от 160 и 172 животных. Общее количество поросят, которые родились у свиноматок контрольной и опытной групп, — 2228 и 2377 голов соответственно (рис. 4). При этом в КГ из общего числа

Рис. 4. Оценка эффективности вакцинации свиноматок по производственным показателям

Fig. 4. Evaluation of the effectiveness of vaccination of sows by production indicators



родившихся поросят 228 были мертворожденными, а в ОГ — только 141.

Межгрупповые различия по данному показателю были равны 38,15%. Соответственно, это отразилось на количестве оприходованных поросят (в контрольной группе 2000 гол., в опытной — 2236 гол.).

С учетом вышеприведенных производственных показателей был рассчитан выход поросят на один опорос, который составил в КГ 12,5 головы, а в опытной — 13. Межгрупповые различия в сохранности поросят на опоросе были равны 0,80% (рис. 4). Следовательно, при проверке гипотезы работы по производственным показателям были выявлены различия между опытной и контрольной группами, свидетельствуя о способности «Трансфер Фактора», включенного в схему вакцинации, влиять на иммунометаболический статус свиноматок и эффективность поствакцинального иммунитета.

Подводя итог работы, попытались составить схему положительного действия «Трансфер Фактора» на иммунометаболический статус «опытных» свиноматок и их производственные показатели при его использовании в схеме вакцинации против ЦВС-2 (рис. 5). Так, «Трансфер Фактор», выделенный из лейкоцитов гипериммунизированных животных, содержит провоспалительные цитокинины, поэтому его включение в схему вакцинации против ЦВС-2 в поствакцинальный период

Рис. 5. Положительные эффекты включения «Трансфер Фактора» в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2

Fig. 5. Positive effects of including “Transfer Factor” in the vaccination scheme of sows against porcine circovirus type 2



способствует активации механизмов вторичного и ограничению первичного иммунного ответа, определяя увеличение в крови IgG и снижение IgM. Это содействует выработке поствакцинальных нейтрализующих антител против цирковируса в необходимом количестве, а также формированию пассивного иммунитета у развивающихся плодов.

«Трансфер Фактор» в организме привитых свиноматок проявил гепатопротекторное действие, способствуя задержке белкового азота в их организме и созданию резервных запасов жира, нормализуя поток аминокислот в реакции переаминирования и формируя интенсивность желчевыделительной функции печени, стабилизируя клеточные мембраны гепатоцитов. Это позволяло организму свиноматок экономично использовать пластические и энергетические ресурсы, формируя адекватное состояние репродуктивных функций и обеспечивая более высокую выживаемость плодов и новорожденных поросят.

Выводы/Conclusion

В совокупности исследования показывают, что введение в схему вакцинации свиноматок против ЦВС-2 «Трансфер Фактора», полученного из лейкоцитов гипериммунизированных животных, влияет на иммунометаболизм в организме животных, формируя иммунометаболический профиль, способствующий выработке вируснейтрализующих антител в необходимом количестве, что отражается на эффективности

поствакцинального иммунитета и величине производственных и экономически важных показателей.

В ходе формирования поствакцинального иммунитета приоритетна роль механизмов вторичного иммунного ответа, о чем свидетельствует увеличение концентрации IgG в 1,46–1,55 раза и уменьшение IgM в 1,63–2,11 раза по сравнению с контролем.

«Трансфер Фактор», обладая гепатопротекторными свойствами, изменяет функциональную способность клеток печени и стабилизирует состояние их мембранных структур. Это позволяет ориентировать белковый и липидный метаболизм в организме свиноматок в анаболическом направлении, способствуя задержке белкового азота и накоплению резервных жиров в организме животных, использованию углеводных остатков аминокислот посредством регуляции активности ферментов переаминирования (АлАТ, АсАТ) преимущественно в реакциях цикла Кребса, контролю желчегонной способности гепатоцитов и объемов синтезируемого холестерина, включая его количество в составе ЛПНП.

Коррекция иммунометаболического статуса свиноматок в поствакцинальный период позволяет (по сравнению с контролем) снизить выбытие свиноматок из популяции свиноматок на 21,05%, мертворожденность поросят на 38,15%, увеличив число оплодотворенных на 10,55%, выходя поросят на один опорос с 12,5 голов до 13 и повысив сохранность поросят на опоросе на 0,80%.

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 отдельными научными группами» (соглашение от 25.03.2022 № 22-16-20007).

FUNDING

The materials were prepared within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 "Conducting foundation scientific research and search for scientific research by individual scientific groups" (Agreement of 25.03.2022 No. 22-16-20007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Cheng C., Wei H., Yu H., Xu C., Jiang S., Peng J. Metabolic Syndrome During Perinatal Period in Sows and the Link With Gut Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 1989. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01989>
- Крамарева И.А., Крамарев И.В., Семенютин В.В. Метаболический профиль крови свиноматок разного физиологического состояния при применении некоторых БАВ. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2017; 25: 91–98. <https://elibrary.ru/zxhhah>
- Nair R.R., Verma P., Singh K. Immuneendocrine crosstalk during pregnancy. *General and Comparative Endocrinology*. 2017; 242: 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.03.003>
- Liu B. *et al.* Consumption of Dietary Fiber from Different Sources during Pregnancy Alters Sow Gut Microbiota and Improves Performance and Reduces Inflammation in Sows and Piglets. *mSystems*. 2021; 6(1): e00591-20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00591-20>
- Thum C. *et al.* Can Nutritional Modulation of Maternal Intestinal Microbiota Influence the Development of the Infant Gastrointestinal Tract?. *The Journal of Nutrition*. 2012; 142(11): 1921–1928. <https://doi.org/10.3945/jn.112.166231>
- Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Mor G., Aldo P., Alvero A.B. The unique immunological and microbial aspects of pregnancy. *Nature Reviews Immunology*. 2017; 17(8): 469–482. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.64>
- Cox S.L., O'Siorain J.R., Fagan L.E., Curtis A.M., Carroll R.G. Intertwining roles of circadian and metabolic regulation of the innate immune response. *Seminars in Immunopathology*. 2022; 44(2): 225–237. <https://doi.org/10.1007/s00281-021-00905-5>

REFERENCES

- Cheng C., Wei H., Yu H., Xu C., Jiang S., Peng J. Metabolic Syndrome During Perinatal Period in Sows and the Link With Gut Microbiota and Metabolites. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 1989. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01989>
- Kramareva I.A., Kramarev I.V., Semenyutin V.V. Metabolic profile of blood of sows in different physiological states in case of implementation of various biologically active substances. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences*. 2017; 25: 91–98 (in Russian). <https://elibrary.ru/zxhhah>
- Nair R.R., Verma P., Singh K. Immuneendocrine crosstalk during pregnancy. *General and Comparative Endocrinology*. 2017; 242: 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.03.003>
- Liu B. *et al.* Consumption of Dietary Fiber from Different Sources during Pregnancy Alters Sow Gut Microbiota and Improves Performance and Reduces Inflammation in Sows and Piglets. *mSystems*. 2021; 6(1): e00591-20. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00591-20>
- Thum C. *et al.* Can Nutritional Modulation of Maternal Intestinal Microbiota Influence the Development of the Infant Gastrointestinal Tract?. *The Journal of Nutrition*. 2012; 142(11): 1921–1928. <https://doi.org/10.3945/jn.112.166231>
- Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Mor G., Aldo P., Alvero A.B. The unique immunological and microbial aspects of pregnancy. *Nature Reviews Immunology*. 2017; 17(8): 469–482. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.64>
- Cox S.L., O'Siorain J.R., Fagan L.E., Curtis A.M., Carroll R.G. Intertwining roles of circadian and metabolic regulation of the innate immune response. *Seminars in Immunopathology*. 2022; 44(2): 225–237. <https://doi.org/10.1007/s00281-021-00905-5>

9. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
10. Бурков П.В., Щербак П.Н., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней и его коррекция. *Аграрная наука*. 2022; 10: 32–37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
11. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Теория и практика переработки мяса*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
12. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошников И.Т., Лобанов А.Э., Фалькова Ю.О. Некоторые показатели иммунобиохимического статуса свиноматок при воспалительных процессах в репродуктивных органах. *Российский ветеринарный журнал*. 2018; 1: 9–11. <https://elibrary.ru/ywvcb0>
13. Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербак П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В. Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состояния биостимулятором антигена направленного действия. *Аграрная наука*. 2023; 12: 58–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
14. Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербак П.Н. Цирковирус как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок. *Аграрная наука*. 2023; 8: 27–35. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
15. Стаффорд В.В. Цирковирусная инфекция свиней второго типа. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5: 306–309. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-05.39>
16. Zhao H. *et al.* Damage of zona pellucida reduces the developmental potential and quality of porcine circovirus type 2-infected oocytes after parthenogenetic activation. *Theriogenology*. 2014; 82(6): 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.003>
17. Hansen S. *et al.* Detection of porcine cytomegalovirus, a roseolovirus, in pig ovaries and follicular fluid: implications for somatic cells nuclear transfer, cloning and xenotransplantation. *Virology Journal*. 2023; 20: 15. <https://doi.org/10.1186/s12985-023-01975-7>
18. Bielanski A., Algire J., Lalonde A., Garceac A., Pollard J.W., Plante C. Nontransmission of porcine circovirus 2 (PCV2) by embryo transfer. *Theriogenology*. 2013; 80(2): 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.03.022>
19. Tummaruk P., Pearodwong P. Expression of PCV2 antigen in the ovarian tissues of gilts. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016; 78(3): 457–461. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0450>
20. Uribe-García H.F., Suarez-Mesa R.A., Rondón-Barragán I.S. Survey of porcine circovirus type 2 and parvovirus in swine breeding herds of Colombia. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(6): 2451–2459. <https://doi.org/10.1002/vms3.949>
21. Раев С.А. Специфическая профилактика цирковирусных болезней свиней: современное состояние и перспективы. *Российский ветеринарный журнал*. 2014; 1: 26–29. <https://elibrary.ru/sahywn>
22. Guo J. *et al.* Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances. *Viruses*. 2022; 14(9): 2005. <https://doi.org/10.3390/v14092005>
23. Kim K., Choi K., Shin M., Hahn T.-W. A porcine circovirus type 2d-based virus-like particle vaccine induces humoral and cellular immune responses and effectively protects pigs against PCV2d challenge. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 14: 1334968. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1334968>
24. Noh Y.-H. *et al.* Pathological Evaluation of Porcine Circovirus 2d (PCV2d) Strain and Comparative Evaluation of PCV2d and PCV2b Inactivated Vaccines against PCV2d Infection in a Specific Pathogen-Free (SPF) Yucatan Miniature Pig Model. *Vaccines*. 2022; 10(9): 1469. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091469>
25. Deng Y. *et al.* A novel strategy for an anti-idiotype vaccine: nanobody mimicking neutralization epitope of porcine circovirus type 2. *Journal of Virology*. 2024; 98(2): e01650-23. <https://doi.org/10.1128/jvi.01650-23>
26. Li Q. *et al.* Maternal Nutrition During Late Gestation and Lactation: Association With Immunity and the Inflammatory Response in the Offspring. *Frontiers in Immunology*. 2022; 12: 758525. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.758525>
27. Llauradó-Calero E. *et al.* Eicosapentaenoic acid- and docosahexaenoic acid-rich fish oil in sow and piglet diets modifies blood oxylipins and immune indicators in both, sows and suckling piglets. *Animal*. 2022; 16(10): 100634. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100634>
28. Nguyen T.V., Yuan L., Azevedo M.S.P., Jeong K.-I., Gonzalez A.-M., Saif L.J. Transfer of maternal cytokines to suckling piglets: in vivo and in vitro models with implications for immunomodulation of neonatal immunity. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(3–4): 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.02.013>
29. Quesnel H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 2011; 5(10): 1546–1553. <https://doi.org/10.1017/S17517311100070X>
9. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
10. Burkov P.V., Scherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B. Aspects of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus infection and its correction. *Agrarian science*. 2022; 10: 32–37 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
11. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Theory and practice of meat processing*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
12. Brigadirov Yu.N., Kotsarev V.N., Shaposhnikov I.T., Lobanov A.E., Falkova Yu.O. Some Indicators of Immuno-Biochemical Status of Sows in Case of Inflammatory Processes in Reproductive Organs. *Russian veterinary journal*. 2018; 1: 9–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/ywvcb0>
13. Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N., Derkho A.O., Stepanova K.V. Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator. *Agrarian science*. 2023; 12: 58–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
14. Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Scherbakov P.N. Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows. *Agrarian science*. 2023; 8: 27–35 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
15. Stafford V.V. Second type of pigs' circovirus infection. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; 5: 306–309 (in Russian). <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-05.39>
16. Zhao H. *et al.* Damage of zona pellucida reduces the developmental potential and quality of porcine circovirus type 2-infected oocytes after parthenogenetic activation. *Theriogenology*. 2014; 82(6): 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.06.003>
17. Hansen S. *et al.* Detection of porcine cytomegalovirus, a roseolovirus, in pig ovaries and follicular fluid: implications for somatic cells nuclear transfer, cloning and xenotransplantation. *Virology Journal*. 2023; 20: 15. <https://doi.org/10.1186/s12985-023-01975-7>
18. Bielanski A., Algire J., Lalonde A., Garceac A., Pollard J.W., Plante C. Nontransmission of porcine circovirus 2 (PCV2) by embryo transfer. *Theriogenology*. 2013; 80(2): 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.03.022>
19. Tummaruk P., Pearodwong P. Expression of PCV2 antigen in the ovarian tissues of gilts. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016; 78(3): 457–461. <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0450>
20. Uribe-García H.F., Suarez-Mesa R.A., Rondón-Barragán I.S. Survey of porcine circovirus type 2 and parvovirus in swine breeding herds of Colombia. *Veterinary Medicine and Science*. 2022; 8(6): 2451–2459. <https://doi.org/10.1002/vms3.949>
21. Raev S.A. Vaccination against porcine circovirus diseases: the present state and future prospects. *Russian veterinary journal*. 2014; 1: 26–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/sahywn>
22. Guo J. *et al.* Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances. *Viruses*. 2022; 14(9): 2005. <https://doi.org/10.3390/v14092005>
23. Kim K., Choi K., Shin M., Hahn T.-W. A porcine circovirus type 2d-based virus-like particle vaccine induces humoral and cellular immune responses and effectively protects pigs against PCV2d challenge. *Frontiers in Microbiology*. 2024; 14: 1334968. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1334968>
24. Noh Y.-H. *et al.* Pathological Evaluation of Porcine Circovirus 2d (PCV2d) Strain and Comparative Evaluation of PCV2d and PCV2b Inactivated Vaccines against PCV2d Infection in a Specific Pathogen-Free (SPF) Yucatan Miniature Pig Model. *Vaccines*. 2022; 10(9): 1469. <https://doi.org/10.3390/vaccines10091469>
25. Deng Y. *et al.* A novel strategy for an anti-idiotype vaccine: nanobody mimicking neutralization epitope of porcine circovirus type 2. *Journal of Virology*. 2024; 98(2): e01650-23. <https://doi.org/10.1128/jvi.01650-23>
26. Li Q. *et al.* Maternal Nutrition During Late Gestation and Lactation: Association With Immunity and the Inflammatory Response in the Offspring. *Frontiers in Immunology*. 2022; 12: 758525. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.758525>
27. Llauradó-Calero E. *et al.* Eicosapentaenoic acid- and docosahexaenoic acid-rich fish oil in sow and piglet diets modifies blood oxylipins and immune indicators in both, sows and suckling piglets. *Animal*. 2022; 16(10): 100634. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100634>
28. Nguyen T.V., Yuan L., Azevedo M.S.P., Jeong K.-I., Gonzalez A.-M., Saif L.J. Transfer of maternal cytokines to suckling piglets: in vivo and in vitro models with implications for immunomodulation of neonatal immunity. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(3–4): 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.02.013>
29. Quesnel H. Colostrum production by sows: variability of colostrum yield and immunoglobulin G concentrations. *Animal*. 2011; 5(10): 1546–1553. <https://doi.org/10.1017/S17517311100070X>

30. Топтыгина А.П., Андреев Ю.Ю., Смердова М.А., Зеткин А.Ю., Клыккова Т.Г. Формирование гуморального и клеточного иммунитета на коревую вакцину у взрослых. *Инфекция и иммунитет*. 2020; 10(1): 137–144. <https://doi.org/10.15789/2220-7619-FOH-1334>
30. Toptygina A.P., Andreev Yu.Yu., Smerdova M.A., Zetkin A.Yu., Klykova T.G. Formation of humoral and cellular immunity to measles vaccine in adults. *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2020; 10(1): 137–144 (in Russian). <https://doi.org/10.15789/2220-7619-FOH-1334>
31. Смирнова Т.Л., Портнова Е.В., Сергеева В.Е. Иммунитет беременности. *Вестник Чувашского университета*. 2009; 2: 79–85. <https://elibrary.ru/kwhrnf>
31. Smirnova T.L., Portnova E.V., Sergeeva V.E. Immunity and pregnancy. *Bulletin of the Chuvash University*. 2009; 2: 79–85 (in Russian). <https://elibrary.ru/kwhrnf>
32. Киргизов К.И., Скоробогатова Е.В. Внутривенные иммуноглобулины: применение современных физиологических растворов способно улучшить результаты терапии. *Российский журнал детской гематологии и онкологии*. 2015; 2(2): 77–83. <https://elibrary.ru/twitz>
32. Kirgizov K.I., Skorobogatova E.V. Intravenous immunoglobulins: application of modern physiological solution is able to improve results of the therapy. *Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2015; 2(2): 77–83 (in Russian). <https://elibrary.ru/twitz>
33. Than N.G., Hahn S., Rossi S.W., Szekeres-Bartho J. Editorial: Fetal-Maternal Immune Interactions in Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2019; 10: 2729. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02729>
33. Than N.G., Hahn S., Rossi S.W., Szekeres-Bartho J. Editorial: Fetal-Maternal Immune Interactions in Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2019; 10: 2729. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02729>
34. Алпатова Н.А., Авдеева Ж.И., Гайдерова Л.А., Лысикова С.Л., Медуницын Н.В. Иммунный ответ при иммунизации противовирусными вакцинами. БИО-препараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2020; 20(1): 21–29. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-21-29>
34. Alpatova N.A., Avdeeva Zh.I., Gayderova L.A., Lysikova S.L., Medunitsyn N.V. Immune Response Induced by Immunisation with Antiviral Vaccines. *BIOpreparations. Prevention, Diagnosis, Treatment*. 2020; 20(1): 21–29 (in Russian). <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-1-21-29>
35. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошников И.Т., Лобанов А.Э., Борисенко Н.А. Метаболический статус и поствакцинальный иммунитет у крупного рогатого скота в зоне промышленных выбросов. *Ветеринарный врач*. 2018; 2: 24–29. <https://elibrary.ru/yvsqxs>
35. Brigadirov Yu.N., Kotsarev V.N., Shaposhnikov I.T., Lobanov A.E., Borisenko N.A. Metabolic status and post-vaccination immunity in cattle in the area of industrial emissions into the atmosphere. *The Veterinarny Vrach*. 2018; 2: 24–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/yvsqxs>
36. Hultén E., Neil M., Einarsson S., Håkansson J. Energy Metabolism During Late Gestation and Lactation in Muciparous Sows in Relation to Backfat Thickness and the Interval from Weaning to First Oestrus. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1993; 34(1): 9–20. <https://doi.org/10.1186/BF03548218>
36. Hultén E., Neil M., Einarsson S., Håkansson J. Energy Metabolism During Late Gestation and Lactation in Muciparous Sows in Relation to Backfat Thickness and the Interval from Weaning to First Oestrus. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1993; 34(1): 9–20. <https://doi.org/10.1186/BF03548218>
37. Афонина К.А., Иванов В.А., Петрова С.А., Шамсутдинова Э.М. Анализ количественных изменений лейкоцитов периферической крови экспериментальных животных при действии медно-цинково-колчеданной руды. *Вестник Башкирского государственного медицинского университета*. 2018; S2–1: 1317–1321. <https://elibrary.ru/yubfzz>
37. Afonina K.A., Ivanov V.A., Petrova S.A., Shamsutdinova E.M. Analysis of quantitative changes in peripheral blood leukocytes of experimental animals under the influence of copper-zinc-pyrite ore. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*. 2018; S2–1: 1317–1321 (in Russian). <https://elibrary.ru/yubfzz>
38. Раимова А., Турсунова М.У., Саидов А.Б. Комплексная оценка белкового обмена и метаболизма железа у различных категорий доноров. *Боткинские чтения. Сборник тезисов Всероссийского терапевтического конгресса с международным участием*. СПб.: Человек и его здоровье. 2023; 216–217. <https://elibrary.ru/kbntfi>
38. Raimova A., Tursunova M.U., Saidov A.B. Comprehensive assessment of protein metabolism and iron metabolism in various categories of donors. *Botkin readings. Collection of abstracts of the All-Russian Therapeutic Congress with international participation*. St. Petersburg: Chelovek i yego zdorov'ye. 2023; 216–217 (in Russian). <https://elibrary.ru/kbntfi>
39. Hu L. *et al.* Metabolomic Profiling Reveals the Difference on Reproductive Performance between High and Low Lactational Weight Loss Sows. *Metabolites*. 2019; 9(12): 295. <https://doi.org/10.3390/metabo9120295>
39. Hu L. *et al.* Metabolomic Profiling Reveals the Difference on Reproductive Performance between High and Low Lactational Weight Loss Sows. *Metabolites*. 2019; 9(12): 295. <https://doi.org/10.3390/metabo9120295>
40. Costermans N.G.J. *et al.* Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*. 2020; 14(12): 2543–2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
40. Costermans N.G.J. *et al.* Influence of the metabolic state during lactation on milk production in modern sows. *Animal*. 2020; 14(12): 2543–2553. <https://doi.org/10.1017/S1751731120001536>
41. Kalhan S.C. Protein metabolism in pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 71(5): 1249S–1255S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1249s>
41. Kalhan S.C. Protein metabolism in pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000; 71(5): 1249S–1255S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1249s>
42. Скрипкин В.С., Трухачев В.И., Квочко А.Н., Агарков А.В. Показатели белкового и азотистого обмена свиней в течение беременности. *Вестник КрасГАУ*. 2020; 12: 152–155. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-152-155>
42. Skripkin V.S., Trukhachev V.I., Kvochko A.N., Agarkov A.V. The indicators of protein and nitrogen metabolism in pigs during pregnancy. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; 12: 152–155 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-152-155>
43. Enthoven L.F. *et al.* The Effects of Pregnancy on Amino Acid Levels and Nitrogen Disposition. *Metabolites*. 2023; 13(2): 242. <https://doi.org/10.3390/metabo13020242>
43. Enthoven L.F. *et al.* The Effects of Pregnancy on Amino Acid Levels and Nitrogen Disposition. *Metabolites*. 2023; 13(2): 242. <https://doi.org/10.3390/metabo13020242>
44. Середта Т.И., Дерkho М.А. Оценка роли аминотрансфераз в формировании продуктивности у кур-несушек. *Сельскохозяйственная биология*. 2014; 49(2): 72–77. <https://elibrary.ru/sbjjrp>
44. Sereda T.I., Derkho M.A. The role of aminotransferase activity in hen productivity. *Agricultural Biology*. 2014; 49(2): 72–77 (in Russian). <https://elibrary.ru/sbjjrp>
45. Проворов А.С., Любин Н.А., Дежatkina С.В., Проворова Н.А., Губейдуллина З.М. Липидный статус свиноматок при использовании водно-растворимых препаратов бета-каротина. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012; 4: 57–61. <https://elibrary.ru/rkpfwp>
45. Provorov A.S., Lyubin N.A., Dezhatkina S.V., Provorova N.A., Gubeydullina Z.M. The lipid status of sows with use of water-soluble preparations beta-carotene. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2012; 4: 57–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/rkpfwp>
46. Rosero D.S., Boyd R.D., Odle J., van Heugten E. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 34. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0092-x>
46. Rosero D.S., Boyd R.D., Odle J., van Heugten E. Optimizing dietary lipid use to improve essential fatty acid status and reproductive performance of the modern lactating sow: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 34. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0092-x>
47. Wang W. *et al.* Effect of maternal dietary starch-to-fat ratio and daily energy intake during late pregnancy on the performance and lipid metabolism of primiparous sows and newborn piglets. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(4): skac033. <https://doi.org/10.1093/jas/skac033>
47. Wang W. *et al.* Effect of maternal dietary starch-to-fat ratio and daily energy intake during late pregnancy on the performance and lipid metabolism of primiparous sows and newborn piglets. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(4): skac033. <https://doi.org/10.1093/jas/skac033>
48. Roland M.C.P., Lekva T., Godang K., Bollerslev J., Henriksen T. Changes in maternal blood glucose and lipid concentrations during pregnancy differ by maternal body mass index and are related to birthweight: A prospective, longitudinal study of healthy pregnancies. *PLoS ONE*. 2020; 15(6): e0232749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232749>
48. Roland M.C.P., Lekva T., Godang K., Bollerslev J., Henriksen T. Changes in maternal blood glucose and lipid concentrations during pregnancy differ by maternal body mass index and are related to birthweight: A prospective, longitudinal study of healthy pregnancies. *PLoS ONE*. 2020; 15(6): e0232749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232749>

ОБ АВТОРАХ

Павел Валерьевич Бурков¹

руководитель научно-исследовательского центра биотехнологии репродукции животных, кандидат ветеринарных наук
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

— главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор²
— профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Марина Аркадьевна Дерkho¹

заведующая кафедрой естественно-научных дисциплин, доктор биологических наук
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Павел Николаевич Щербakov¹

профессор кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы, доктор ветеринарных наук
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

Арина Олеговна Дерkho¹

студент
arina_avrora@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457100, Россия

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

³ Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Pavel Valerievich Burkov¹

Head of the Research Center for Animal Reproduction Biotechnology, Candidate of Veterinary Sciences
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

— Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor²
— Professor of the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Marina Arkadyevna Derkho¹

Head of Department of Natural Sciences Disciplines, Doctor of Biological Sciences
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Pavel Nikolaevich Shcherbakov¹

Professor of the Department of Infectious Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise, Doctor of Veterinary Sciences
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

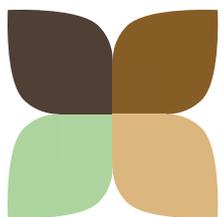
Arina Olegovna Derkho¹

Student
arina_avrora@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1914-8721>

¹ South Ural State Agrarian University, 13 Gagarin Str., Troitsk, 457100, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia



ПроПротеин

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proprotein.org | www.proprotein.org

Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда.

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 26 сентября 2024 в отеле Лесная Сафмар в Москве

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка.



УДК 619:616.9/615.371:636.5

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54

Т.К. Куванов¹ ✉Н.В. Пименов¹М.В. Коренюга¹Д.А. Найденов²

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия

²Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, Майский, Белгородская обл., Россия

✉ kuwanov_timur@mail.ru

Поступила в редакцию:

15.03.2024

Одобрена после рецензирования:

01.06.2024

Принята к публикации:

16.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54

Timur K. Kuvanov¹ ✉Nikolai V. Pimenov¹Maxim V. Korenyuga¹Demid A. Naydenov²

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin. Moscow, Russia

²Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Maisky, Belgorod region, Russia

✉ kuwanov_timur@mail.ru

Received by the editorial office:

15.03.2024

Accepted in revised:

01.06.2024

Accepted for publication:

16.06.2024

Иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Применение биологически активных кормовых добавок, которые поддерживают развитие нормальной микрофлоры кишечника и направленных на стимуляцию защитных сил организма, современной иммунологией рассматривается как один из наиболее перспективных подходов при решении проблемы противостояния инфекционным процессам. Поэтому исследования по замещению антибиотиков препаратами, безопасными для человека и животных, внедрение технологий производства экологически чистой продукции являются приоритетными. Одной из альтернативных решений данной проблемы может стать использование метапробиотиков и фитобиотиков.

Методы. Были сформированы 3 группы цыплят-бройлеров: первая — основной рацион + «Пробиоцид®-Фито» (ООО «Биотроф», Россия) в дозировке 1 кг на 1 т корма, вторая — основной рацион + «Пробиоцид®-Ультра» (ООО «Биотроф», Россия) в дозировке 1 кг на 1 т корма, третья — контроль. Оценивали материнский и поствакцинальный гуморальный иммунитет к ИББ, ИБК и НБ с помощью тест-систем ID Screen® IBD Indirect, ID Screen® Infectious Bronchitis Indirect 2.0 (ID.vet, Франция), предоставленных компанией ООО «Вет Фактор», и набора для выявления антител к вирусу НБ в реакции торможения гемагглютинации (РТГА) (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия). В течение опыта ежедневно учитывали живую массу, количество потребляемого корма и рассчитывали производственные показатели (конверсию корма и европейский индекс продуктивности) согласно справочнику по выращиванию бройлеров Ross 308.

Результаты. В проведенном исследовании кормовые добавки оказали положительное влияние на иммунитет и зоотехнические показатели цыплят-бройлеров. При введении в рацион данных кормовых добавок увеличиваются живая масса цыплят-бройлеров, среднесуточный прирост живой массы, сохранность поголовья и снижается конверсия корма. По результатам серологического исследования выявлено иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика.

Ключевые слова: иммунитет, антитела, метапробиотик, фитобиотик, здоровье кишечника, цыплята-бройлеры, иммунология, вакцинация

Для цитирования: Куванов Т.К., Пименов Н.В., Коренюга М.В., Найденов Д.А. Иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 49–54.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>

© Куванов Т.К., Пименов Н.В., Коренюга М.В., Найденов Д.А.

Immunotropic effect of feed additives based on metaprobiotics and phytobiotics in providing specific immunity in broiler chickens

ABSTRACT

Relevance. The use of biologically active feed additives that support the development of normal intestinal microflora and aimed at stimulating the body's defenses is considered by modern immunology as one of the most promising approaches to solving the problem of resisting infectious processes. Therefore, research on replacing antibiotics with drugs that are safe for humans and animals, and the introduction of technologies for the production of environmentally friendly products are a priority. One of the alternative solutions to this problem may be the use of metaprobiotics and phytobiotics.

Methods. 3 groups of broiler chickens were formed: the first — OR + "Probiotsid®-Fito" ("Biotrof" LLC, Russia) at a dosage of 1 kg per 1 ton of feed, the second — OR+ "Probiotsid®-Ultra" (LLC "Biotrof", Russia) at a dosage of 1 kg per 1 ton of feed, the third is control. Maternal and post-vaccination humoral immunity to IBD, IBD and NB were assessed using test systems ID Screen® IBD Indirect, ID Screen® Infectious Bronchitis Indirect 2.0 ("ID.vet", France), provided by "Vet Faktor" LLC and a kit for detecting antibodies to NB virus in the hemagglutination inhibition reaction (HI) (FSBI "ARRIAH", Russia). During the experiment, live weight, the amount of feed consumed were taken into account daily, and production indicators (feed conversion and European productivity index) were calculated according to the Ross 308 broiler breeding guide.

Results. In our study, both drugs had a positive effect on the immunity and zootechnical parameters of broiler chickens. When these drugs are introduced into the diet, the live weight of broiler chickens, the average daily increase in live weight, the safety of livestock increases and the feed conversion decreases. Based on the results of a serological study, the immunotropic effect of drugs based on metaprobiotics and phytobiotics was revealed.

Key words: immunity, antibodies, metaprobiotic, phytobiotic, intestinal health, broiler chickens, immunology, vaccination

For citation: Kuvanov T.K., Pimenov N.V., Korenyuga M.V., Naydenov D.A. Immunotropic effect of feed additives based on metaprobiotics and phytobiotics in providing specific immunity in broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 49–54 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>

© Kuvanov T.K., Pimenov N.V., Korenyuga M.V., Naydenov D.A.

Введение/Introduction

Промышленное птицеводство — один из основных источников безопасного, полноценного и доступного белка для питания населения нашей страны. Повышение эффективности этой отрасли — главнейшая задача современного АПК для обеспечения продовольственной безопасности страны [1].

Современный уровень интенсификации птицеводства позволяет максимально эффективно использовать организм птиц только при условии соблюдения всех профилактических мер безопасности, зачастую включающих применение антибиотиков. В последние годы отечественные производители мяса и яйца птицы ориентируются на получение экологически чистой и безопасной продукции [2]. В 2006 году в странах Европейского союза вступил в силу запрет на использование кормовых антибиотиков при выращивании птицы¹. Причина тому — появление штаммов бактерий, обладающих устойчивостью к антибиотическим препаратам, что значительно снижает их эффективность при использовании не только в ветеринарной, но и гуманной медицине [3].

Поддержание нормоценоза желудочно-кишечного тракта птиц путем применения биологически активных препаратов современной ветеринарной иммунологией рассматривается как один из самых перспективных вариантов защиты поголовья от заболеваний инфекционной и неинфекционной этиологии [4].

Несмотря на введение ограничений и запретов на применение кормовых антибиотиков, они всё еще остаются одним из самых эффективных и простых способов обеспечения ветеринарного благополучия стада, ведь в производстве продуктов животноводства основной приоритет — прибыль организации, а не обеспечение рынка качественным и безопасным продуктом [5].

Желудочно-кишечный тракт млекопитающих и птиц является самым большим иммунокомпетентным органом. Нормофлора, живущая в нем, выполняет десятки функций по обеспечению гомеостаза организма. [2]. Препараты антибиотиков, пробиотиков, синбиотиков, пребиотиков, ферментов и т. п. способны прямо или косвенно влиять на микрофлору кишечника животных и птиц, что приводит к изменению зоотехнических показателей макроорганизма в целом [6]. Однако влияние этих препаратов на формирование специфического и неспецифического иммунитета у цыплят-бройлеров до конца не изучено.

С появлением и дальнейшим развитием нутригеномики всё более очевидной стала решающая роль микрофлоры кишечника для нормального функционирования организма. Эти взаимоотношения сложные и многогранные, начинаются еще в процессе эмбриогенеза [7].

В условиях непрерывного повышения к требованиям качества производимой продукции возрастает роль биологизации сельского хозяйства. Поэтому исследования, нацеленные заменить антибиотики более безопасными для человека и животных препаратами, являются наиболее актуальными. Одна из возможных альтернатив — применение препаратов метапробиотиков и фитобиотиков [8, 9].

Метапробиотики — это результат дальнейших исследований пробиотических штаммов бактерий, объединенных с органическими кислотами, результативно модулирующими состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта [10].

Фитобиотики — препараты растительного происхождения, обладающие разнонаправленными действиями на организм. Они способны приводить в норму ферментные системы кишечника, наличие эфирных масел увеличивает привлекательность кормосмеси, что улучшает поедаемость кормов и повышает продуктивность животных и птиц [11, 12].

Эффективность промышленного птицеводства во многом обусловлена самой выращиваемой птицей. Гибриды последних поколений многократно превосходят своих предков по продуктивным показателям. Однако птица растет на пределе своих физиологических возможностей. В процессе селекции птица ослабла и стала более восприимчивой к заболеваниям, более требовательной к условиям содержания и кормления. Поэтому даже незначительные ухудшения условий на предприятии способны привести к значительным изменениям эффективности всего производства [13].

На практике ветеринарные и зоотехнические показатели финального гибрида напрямую зависят от состояния здоровья родительского стада, его иммунного статуса, схемы вакцинации [14].

Основная цель вакцинопрофилактики — обеспечить получение здорового, однородного и хорошо защищенного стада. На ее эффективность влияет множество факторов, таких как технологии выращивания, выбор вакцины и метода ее введения, качества самой вакцины, возраст и физиологическое состояние птицы.

Для контроля здоровья и иммунитета птицы на предприятиях проводят регулярный серологический мониторинг путем определения уровней антител на различные заболевания [15].

С первых дней жизни (а иногда на стадии инкубации) молодняк вакцинируют против инфекционного бронхита кур (ИБК), ньюкаслской болезни (НБ), инфекционной бурсальной болезни (ИББ) и других болезней по графику, утвержденному на предприятии.

Контроль качества вакцинации, определение сроков входа с вакциной, кратность применения во многом основываются на результатах серологических исследований, в частности иммуноферментном анализе (ELISA). Простота и скорость, воспроизводимость и автоматизированный учет, возможность стандартизации условий постановки анализа делают ELISA наиболее эффективным и выгодным методом для массовых серологических исследований, во многом превосходящим традиционные методы диагностики [16].

Цель исследования — изучить иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в формировании специфического иммунитета цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование по изучению иммунотропного действия кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров проводилось в 2023–2024 гг. в условиях вивария Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина.

Для исследования был выбран кросс Ross 308 (Aviagen, США), который отличается высокими производственными показателями по сравнению с другими кроссами. Суточных цыплят-бройлеров, приобретенных

¹ Regulation 1831/2003/EC on additives for use in animal nutrition, replacing Directive 70/524/EEC on additives in feeding-stuffs.

в компании ООО «Птичий двор» (г. Буденновск, Россия), разделили на 3 группы по принципу пар-аналогов и содержали напольно до 35-суточного возраста с соблюдением всех требований по выращиванию птицы.

Первая опытная группа цыплят-бройлеров получала стандартный комбикорм с добавлением комплекса дополнительного питания для нормализации процессов пищеварения и повышения сохранности сельскохозяйственных животных и птицы «Пробиоцид®-Фито» (ООО «Биотроф», Россия) — кормовая добавка в дозировке 1 кг на 1 т корма, вторая опытная группа получала стандартный комбикорм с добавлением комплекса дополнительного питания «Пробиоцид®-Ультра» (ООО «Биотроф», Россия) — кормовая добавка в дозировке 1 кг на 1 т корма.

Введение кормовых добавок в комбикорм осуществлялось на протяжении всего периода выращивания цыплят-бройлеров. Схема эксперимента по изучению воздействия кормовых добавок на цыплят-бройлеров приведена в таблице 1.

В 1-е сутки у птицы отбирали кровь от 25 голов согласно методическим указаниям²⁻⁴ для оценки материнских антител к ИББ², ИБК³ НБ⁴ с помощью тест-систем на основе твердофазного иммуноферментного анализа (ELISA) ID Screen® IBD Indirect, ID Screen® Infectious Bronchitis Indirect 2.0 (ID.vet, Франция), предоставленных компанией ООО «Вет Фактор», и набора для выявления антител к вирусу НБ в реакции торможения геммагглютинации (РТГА) (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных», Россия).

Для проведения иммуноферментного анализа использовали одно- и многоканальные дозаторы серии Biohit (Sartorius, Германия), микропланшетный промыватель Wellwash (Thermo FS, США) и микропланшетный считыватель с длиной волны 450 нм Multiskan FC (Thermo FS, США). Полученные результаты обрабатывали в программном обеспечении ID Soft™ (ID.vet, Франция).

Оптимальная дата вакцинации против ИББ рассчитывалась по формуле Девентера. Исходный средний титр материнских антител, период полураспада антител, целевой титр используемой вакцины и возраст птицы — необходимые данные для введения в формулу Девентера и получения прогнозируемой даты проведения вакцинации птицы [16]:

$$BV = (\log_2 IT - \log_2 CT) \times PP + B,$$

где BV — оптимальный возраст вакцинации, IT — исходный средний титр материнских антител, CT — целевой титр материнских антител, PP — период полураспада, B — возраст птицы в момент взятия крови.

После получения титров антител рассчитывали оптимальную дату вакцинации птицы по общепринятой методике и вакцинировали с использованием живых вакцин: «Авивак ИББ» штамм «Винтерфилд 2512» (НПП «Авивак», Россия), «Авивак-ИБК» штамм «Н-120» (НПП «Авивак», Россия) и «Авивак-НБ» штамм «Ла-Сота» (НПП «Авивак», Россия) по схеме, представленной в таблице 2.

Таблица 1. Схема эксперимента по изучению воздействия кормовых добавок на цыплят-бройлеров

Table 1. Scheme of an experiment to study the effects of feed additives on broiler chickens

Группа	Количество цыплят, гол.	Средняя живая масса в 1-е сутки, г	Рацион
Контроль	50	46,54 ± 0,37	Стандартный комбикорм
Опыт 1	50	46,21 ± 0,29	Стандартный комбикорм + «Пробиоцид-Фито» в дозировке 1 кг/т
Опыт 2	50	46,20 ± 0,41	Стандартный комбикорм + «Пробиоцид-Ультра» в дозировке 1 кг/т

Таблица 2. Схема вакцинации цыплят-бройлеров

Table 2. Vaccination scheme for broiler chickens

Заболевание	Возраст, сут.
ИБК	8
ИББ	12
НБ	17

Способ применения — интраназальное (интраокулярное) введение согласно инструкции производителя.

В течение опыта ежедневно учитывали живую массу, количество потребляемого корма по ГОСТ 33215-2014¹, производственные показатели (конверсию корма и Европейский индекс продуктивности) согласно справочнику по выращиванию бройлеров Ross 308⁵. Взвешивание цыплят-бройлеров и кормов осуществляли на электронных весах M-ER 326 AFU-3.01 Post II (M-ER, Южная Корея).

Пробы крови у птиц отбирали на 35-е сутки согласно методическим указаниям²⁻⁴ для оценки напряженности поствакцинального гуморального иммунитета к ИББ, ИБК и НБ с использованием тест-систем компании ID.vet и ФГБУ «ВНИИЗЖ».

Уход за животными и все проведенные исследования были выполнены согласно инструкциям и рекомендациям Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C.1996). При выполнении данного исследования были предприняты все усилия, чтобы минимизировать страдания птицы и уменьшить количество образцов для исследования.

Статистическую обработку результатов проводили согласно стандартным методам с использованием программы Microsoft Excel 2010 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В 1-е сутки были отобраны сыворотки крови для оценки уровня материнского иммунитета у цыплят-бройлеров к ИББ, НБ и ИБК. После постановки ELISA и РТГА данные были обработаны. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Оценка уровня материнского иммунитета у цыплят-бройлеров кросса Ross 308 в суточном возрасте

Table 3. Assessment of the level of maternal immunity in broiler chickens of the Ross 308 cross at one day of age

Заболевание	Средний титр	CV, %
ИББ	5512,00 ± 372,0	33
ИБК	19 616,91 ± 278,21	7
НБ (РТГА), log ₂	5,30 ± 0,15	14

² МУ по определению антител к вирусу инфекционной бурсальной болезни в сыворотке крови кур в реакции непрямого иммуноферментного анализа с использованием вирусного и рекомбинантного антигена (утв. заместителем руководителя Департамента ветеринарии 09.10.1997).

³ МУ по определению антител к вирусу инфекционного бронхита кур в сыворотке крови кур иммуноферментным методом (утв. заместителем руководителя Департамента ветеринарии 09.10.1997).

⁴ МУ по определению антител к вирусу ньюкаслской болезни в сыворотке крови кур иммуноферментным методом (утв. заместителем руководителя Департамента ветеринарии 09.10.1997).

⁵ Справочник по выращиванию бройлеров Ross 308. Режим доступа: https://ru.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/Ross-BroilerHandbook2018-RU.pdf (дата обращения: 24.01.2024).

Исходя из данных, получили оптимальную дату вакцинации поголовья против ИББ:

$$BV = (\log_2 5512 - \log_2 700) \times 3,5 + 1 = 12\text{-е сутки}$$

По окончании опыта были взяты образцы крови для оценки влияния кормовых добавок «Пробиоцид®-Ультра» и «Пробиоцид®-Фито» на поствакцинальный гуморальный иммунитет цыплят-бройлеров, а также проанализировано влияние кормовых добавок на зоотехнические показатели цыплят-бройлеров.

Титры антител к определенным видам инфекционных заболеваний птицы (ИББ, ИБК и НБ) наглядно могут показать иммунное состояние организма, дать возможность оценить эффективность применения той или иной вакцины, а в совокупности с кормовыми добавками направленного действия дать заключение о целесообразности их применения как иммуностимуляторов.

Исследуемые кормовые добавки способствуют формированию гуморального ответа на живые вакцины против ИББ, ИБК и НБ.

Результаты по оценке гуморального поствакцинального иммунитета после скормливания корма с указанными кормовыми добавками представлены в таблице 4.

Вакцинация против ИББ с последующим контролем титра антител позволяет оценить устойчивость организма к данному заболеванию [17]. Как видно из приведенных данных (табл. 4, рис. 1), в опытной группе цыплят-бройлеров при скормливании комбикорма с «Пробиоцид®-Фито» средний титр антител увеличился на 29% ($p > 0,05$), что свидетельствует о его иммуностимулирующем действии. Введение кормовой добавки способствовало выработке среднего устойчивого иммунитета к ИББ.

Инфекционный бронхит кур является одним из широко распространенных заболеваний [18]. При применении кормовых добавок в кормлении цыплят-бройлеров уровень антител увеличился более чем на 15% по сравнению с контролем. Это позволяет обеспечить птице

Рис. 1. Сравнение титров антител к вирусу инфекционной бурсальной болезни (ИББ)

Fig. 1. Comparison of antibody titers to infectious bursal disease virus (IBD)

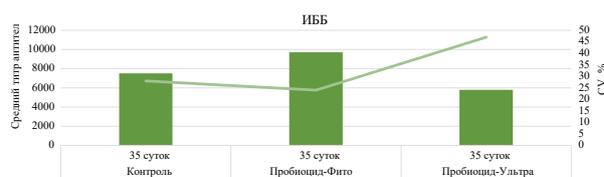


Рис. 2. Сравнение титров антител к вирусу инфекционного бронхита кур (ИБК)

Fig. 2. Comparison of antibody titers to chicken infectious bronchitis virus (IBV)

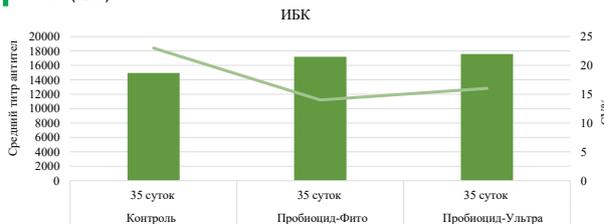
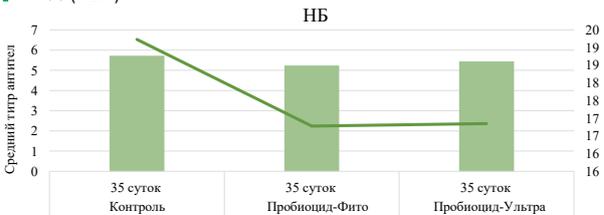


Рис. 3. Сравнение титров антител к вирусу ньюкаслской болезни кур (НБ)

Fig. 3. Comparison of antibody titers to chicken Newcastle disease virus (NDV)



долгий срок защиты от полевого вируса. Стоит отметить, что выраженные признаки респираторного синдрома наблюдались после вакцинации птицы из контрольной группы.

Как видно из представленных результатов (табл. 4, рис. 3), у вакцинированной птицы вырабатывались специфические антитела к возбудителю НБ, но различия между группами статистически недостоверны. Базовые значения титров 1:8 ($3,0 \log_2$). Следует отметить, что общее состояние иммунизированной цыплят в течение всего периода наблюдений было удовлетворительным. Физиологические показатели у привитых цыплят не отличались от таковых у птиц контрольной группы.

Как видно из представленных результатов (табл. 5), в опытных группах, цыплятам которых скормливали корм с кормовыми добавками, были получены наивысшие значения предубойной живой массы. Живая масса цыплят-бройлеров в возрасте 35 суток в группе с «Пробиоцид®-Фито» была выше в сравнении с контролем на 2,4%, в группе с «Пробиоцид®-Ультра» — на 1,7%. Включение кормовой добавки в состав комбикормов

Таблица 4. Оценка гуморального поствакцинального иммунитета после введения в рацион фитобиотика и метапробиотика

Table 4. Assessment of humoral post-vaccination immunity after the introduction of a phytobiotic and metaprobiotic into the diet

Заболевание	Показатель	Группы		
		контроль	«Пробиоцид®-Фито»	«Пробиоцид®-Ультра»
ИББ	средний титр	7511,17 ± 453,87	9708,57 ± 506,45*	5798,65 ± 581,07
	CV, %	28	24	47
ИБК	средний титр	14 951,09 ± 742,56	17 198,26 ± 504,90*	17 572,96 ± 606,29*
	CV, %	23	14	16
НБ	средний титр, \log_2	5,72 ± 0,23	5,24 ± 0,19	5,44 ± 0,19
	CV, %	19	17	17

Примечание: * различия достоверны при $p < 0,05$.

Таблица 5. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров

Table 5. Zootechnical indicators of raising broiler chickens

Показатель	Группы		
	контроль	«Пробиоцид®-Фито»	«Пробиоцид®-Ультра»
Возраст, сут.	35	35	35
Средняя живая масса, г	2333,90 ± 29,77	2389,95 ± 39,35*	2374,45 ± 34,52*
CV, %	8,93	11,53	9,97
Среднесуточный прирост живой массы, г	71,20	70,00	73,66*
Общая живая масса перед убоем, кг	163,74	161,30	165,80
Общий расход корма за период откорма, кг	114,36	117,11	114,97
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	1,43	1,38	1,44
Сохранность поголовья, %	96	98	98
Европейский индекс продуктивности, пункты	447,65	484,92	461,70

Примечание: * различия достоверны при $p < 0,05$.

способствовало увеличению среднесуточного прироста живой массы по сравнению с контролем на 3,4%.

Стоимость кормов играет важную роль в себестоимости мяса птицы, поэтому важно учитывать конверсию корма. Введение «Пробиоцид®-Фито» в корм позволило снизить значения данного показателя на 3,5%.

На экономическую эффективность выращивания цыплят-бройлеров существенно влияет сохранность поголовья. В контрольной группе этот показатель составил 96%. Во всех опытных группах сохранность цыплят-бройлеров была выше на 2%.

Важным показателем эффективности выращивания цыплят-бройлеров является Европейский индекс продуктивности, учитывающий живую массу в конце выращивания, сохранность поголовья, затраты корма и продолжительность выращивания цыплят. В контрольной группе он составил 447,65 пункта, использование «Пробиоцид®-Фито» позволило увеличить этот индекс на 37,27 пункта, «Пробиоцид®-Ультра» — на 14,05 пункта.

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 за счет гранта ректора МГАВМиБ — MBA им. К.И. Скрябина № 2023.MVA.M009.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Надточий А.Ю. Ветеринарно-санитарная оценка мяса цыплят-бройлеров при применении в рационе иммуностимулирующей кормовой добавки ImmuGuard. Диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук. Санкт-Петербург. 2018; 136. <https://www.elibrary.ru/yjyjlj>
- Кочич И.И., Мясникова О.В., Мартынов В.В., Смоленский В.И. Микрофлора кишечника кур и экспрессия связанных с иммунитетом генов под влиянием пробиотической и пребиотической кормовых добавок. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(2): 315–327. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.315rus>
- Пилугин Д.Н. Здоровье кишечника — важный показатель состояния здоровья. *Птицеводство*. 2019; 5: 51–54. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-5-51-54>
- Ильина Л.А. Микробиом сельскохозяйственных животных, его связь со здоровьем и продуктивностью. Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. Дубровицы. 2022; 365. <https://www.elibrary.ru/udcxqs>
- Аксаков Д.В., Салыхов А.Ш., Якимов О.А. Влияние дрожжевого пробиотика в комплексе с ферментом на продуктивность уток. *Ветеринарный врач*. 2020; 1: 23–28. <https://elibrary.ru/nbupqj>
- Грозина А.А. Состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта у цыплят-бройлеров при воздействии пробиотика и антибиотика (по данным T-RFLP-RT-PCR). *Сельскохозяйственная биология*. 2014; 6: 46–58. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.46rus>
- Ильясов Р.А. и др. Микробиом сельскохозяйственных животных — источник фармакологических и генетических ресурсов для развития инновационных биотехнологий в агропромышленном комплексе. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2022; 3: 39–49. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2022-63-3-39-49>
- Тарлавин Н.В. и др. Повышение сохранности поголовья цыплят-бройлеров при применении комплекса дополнительного питания «Пробиоцид®-Ультра» в условиях заражения *Clostridium perfringens*. *Международный вестник ветеринарии*. 2021; 4: 24–28. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.24>
- Киякова Ю.В., Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Аринжанова М.С. Влияние фитобиотических кормовых добавок на рост и морфобихимические показатели крови рыб. *Животноводство и кормопроизводство*. 2022; 105(3): 115–125. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-115>
- Йылдырым Е.А. и др. Метапробиотики вместо антибиотиков. *Птицеводство*. 2020; 11: 33–39. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-11-33-39>
- Задорожная М.В., Лыско С.Б., Сунцова О.А., Власенко В.С. Влияние фитопрепарата на основе хвоя на иммунитет цыплят-бройлеров при вакцинальном стрессе. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2023; 1: 101–106. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202301015>
- Stevanović Z.D., Bošnjak-Neumüller J., Pajić-Lijaković I., Raj J., Vasiljević M. Essential Oils as Feed Additives — Future Perspectives. *Molecules*. 2018; 23(7): 1717. <https://doi.org/10.3390/molecules23071717>

Выводы/Conclusion

В проведенном исследовании «Пробиоцид®-Фито» и «Пробиоцид®-Ультра» оказали положительное влияние на иммунитет и зоотехнические показатели цыплят-бройлеров. При введении в рацион данных кормовых добавок увеличиваются живая масса цыплят-бройлеров, среднесуточный прирост живой массы, сохранность поголовья и снижается конверсия корма.

Используемые в исследовании вакцины содержали живые, аттенуированные штаммы возбудителей инфекционных заболеваний птицы, которые обладают иммуносупрессивным эффектом. Особенно сильно он наблюдается при применении вакцины против ИББ, поражающей бурсу птиц. Однако использование кормовых добавок в кормлении цыплят-бройлеров позволило снизить этот эффект, о чем свидетельствуют данные серологических и зоотехнических исследований.

Можно сделать вывод, что кормовые добавки «Пробиоцид®-Фито» и «Пробиоцид®-Ультра» обладают иммуностимулирующим эффектом.

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 research was carried out at the expense of a grant from the rector of MGAVMiB — MBA named after K.I. Scriabin No. 2023.MVA.M009.

REFERENCES

- Nadtochy A.Yu. Veterinary and sanitary assessment of broiler chicken meat when using the immunostimulating feed additive "ImmuGard" in the diet. Dissertation for the degree of candidate of veterinary sciences. St. Petersburg. 2018; 136 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yjyjlj>
- Kochish I.I., Myasnikova O.V., Martynov V.V., Smolensky V.I. Intestinal microflora and expression of immunity-related genes in hens as influenced by prebiotic and probiotic feed additives. *Agricultural Biology*. 2020; 55(2): 315–327. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.315eng>
- Pilyugin D.N. The health of the intestine as a reliable health indicator in broilers. *Pitsevodstvo*. 2019; 5: 51–54 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-5-51-54>
- Ilyina L.A. The microbiome of farm animals, its relationship to health and productivity. Dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences. Dubrovitsy. 2022; 365 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/udcxqs>
- Aksakov D.V., Salyakhov A.Sh., Yakimov O.A. Influence of the yeast probiotic in complex with the enzyme on the productivity of ducks. *The Veterinary Vrach*. 2020; 1: 23–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/nbupqj>
- Grozina A.A. Gut microbiota of broiler chickens influenced by probiotics and antibiotics as revealed by T-RFLP and RT-PCR. *Agricultural Biology*. 2014; 6: 46–58. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2014.6.46eng>
- Ilyasov R.A. et al. Microbiome of farm animals as a source of pharmacological and genetic resources for the development of innovative biotechnologies in the agro-industrial complex. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2022; 3: 39–49 (in Russian). <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2022-63-3-39-49>
- Tarlavina N.V. et al. Increasing head safety in broiler chickens when using probiotic Probiocid-Ultra under infection conditions of *Clostridium perfringens*. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2021; 4: 24–28 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2021.4.24>
- Kiyakova Yu.V., Miroshnikova E.P., Arinzhonov A.E., Arinzhonova M.S. Influence of phytobiotic feed additives on growth and morphochemical parameters of fish blood. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105(3): 115–125 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-3-115>
- Yildyrym E.A. et al. Metaprobiotics as an Alternative to Antibiotics. *Pitsevodstvo*. 2020; 11: 33–39 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2020-69-11-33-39>
- Zadorozhnaya M.V., Lysko S.B., Suntsova O.A., Vlasenko V.S. The effect of a phytopreparation based on needles on the immunity of broiler chickens under vaccine stress. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2023; 1: 101–106 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202301015>
- Stevanović Z.D., Bošnjak-Neumüller J., Pajić-Lijaković I., Raj J., Vasiljević M. Essential Oils as Feed Additives — Future Perspectives. *Molecules*. 2018; 23(7): 1717. <https://doi.org/10.3390/molecules23071717>

13. Джавадов Э.Д., Дмитриева М.Е. Эффективная вакцинопрофилактика — залог эпизоотического благополучия промышленного птицеводческого предприятия. *Российский ветеринарный журнал. Сельскохозяйственные животные*. 2012; 3: 6–7. <https://elibrary.ru/pesioip>

14. Ветвицкая А. Прививка для кур: особенности вакцинации в птицеводстве. *Эффективное животноводство*. 2021; 4: 56–61. <https://elibrary.ru/vyuuas>

15. Громов И.Н. Особенности иммуноморфогенеза у птиц при иммунизации против инфекционных болезней живыми, векторными и инактивированными вакцинами. *Сельское хозяйство — проблемы и перспективы*. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. 2020; 48: 64–72. <https://elibrary.ru/nzaket>

16. Бабин Г.Ю., Голубчикова О.А., Дорофеева С.Г. ИФА как инструмент расчета сроков вхождения с вакцинацией против инфекционной бурсальной болезни сельскохозяйственной птицы. *Птицеводство*. 2022; 12: 59–68. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-12-59-68>

17. Енгашев С.В., Гусев А.А., Бабак В.А. Влияние материнского иммунитета и праймирования на формирование гуморального иммунитета у цыплят. *Ветеринария*. 2021; 6: 25–30. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.6.25-30>

18. Базарбаев Р., Мусоев А., Умитжанов М., Баянтасова С., Валдовская А. Серологический мониторинг инфекционного бронхита птиц с помощью ИФА. *Science and Education*. 2024; 4: 32–42. <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-4-1-32-42>

13. Javadov E.D., Dmitrieva M.E. Effective vaccinal prevention as epizootic pledge of wellbeing industrial enterprise of poultry farming. *Russian veterinary journal. Productive animals*. 2012; 3: 6–7 (in Russian). <https://elibrary.ru/pesioip>

14. Vetvitskaya A. Vaccination for chickens: features of vaccination in poultry farming. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2021; 4: 56–61 (in Russian). <https://elibrary.ru/vyuuas>

15. Gromov I.N. The features of immunomorphogenesis in birds, immunized against infectious diseases with live, vector and inactivated vaccines. *Agriculture — problems and prospects*. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2020; 48: 64–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/nzaket>

16. Babin G.Yu., Golubchikova O.A., Dorofeeva S.G. ELISA as a tool for calculation of the vaccination timing against infectious bursal disease in poultry. *Ptitsevodstvo*. 2022; 12: 59–68 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-12-59-68>

17. Engashev S.V., Gusev A.A., Babak V.A. The influence of maternal immunity and priming on the formation of humoral immunity in chickens. *Veterinary medicine*. 2021; 6: 25–30 (in Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.6.25-30>

18. Bazarbaev R., Musoev A., Umizhanov M., Bayantassova S., Valdovska A. Serological monitoring of infectious bronchitis of birds with the help of ELISA. *Science and Education*. 2024; 4: 32–42 (in Russian). <https://doi.org/10.52578/2305-9397-2023-4-1-32-42>

ОБ АВТОРАХ

Тимур Каирбекович Куванов¹

аспирант
kuvanov_timur@mail.ru

Николай Васильевич Пименов¹

профессор, доктор биологических наук
pimenov-nikolai@yandex.ru

Максим Валерьевич Коренюга¹

ассистент
smith007@inbox.ru

Демид Андреевич Найденов²

аспирант
naydenovdemid@yandex.ru

¹ Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, Москва, Россия,
ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472, Россия

² Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина,
ул. им. Вавилова, 1, пос. Майский, Белгородская обл., 308503, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Timur Kairbekovich Kuvanov¹

Postgraduate Student
kuvanov_timur@mail.ru

Nikolai Vasilievich Pimenov¹

Professor, Doctor of Biological Sciences
pimenov-nikolai@yandex.ru

Maxim Valerievich Korenyuga¹

Assistant
smith007@inbox.ru

Demid Andreevich Naydenov²

Postgraduate Student
naydenovdemid@yandex.ru

¹ Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA by K.I. Skryabin,
23 Academic Skryabin Str., Moscow, 109472, Russia

² Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin,
1 Vavilov Str., Maysky settlement, Belgorod region, 308503, Russia

Подпишитесь на печатные выпуски «АГРАРНОЙ НАУКИ» с любого месяца и на любой срок

» В РЕДАКЦИИ по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453,
по e-mail agrovetpress@inbox.ru

» В АГЕНТСТВЕ ПОДПИСКИ
ООО «Урал-Пресс Округ»
<https://www.ural-press.ru/catalog/>



» БЕСПЛАТНАЯ ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
на отраслевом портале
<https://agrarnayanauka.ru>



» ПОДПИСКА НА АРХИВНЫЕ НОМЕРА
И ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ
на сайте Научной электронной библиотеки
www.elibrary.ru



УДК 612.017.11:636.2.082.232

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-55-61

А.И. Абилов¹ ✉И.П. Новгородова¹Д.А. Никанова¹Н.А. Комбарова²Ю.А. Корнеенко-Жилыев³

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольск, Московская обл., Россия

² АО «ГЦВ», пос. Быково, Подольск, Московская обл., Россия

³ «Нацплемсоюз», Москва, Россия

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Поступила в редакцию:
24.03.2024

Одобрена после рецензирования:
01.06.2024

Принята к публикации:
16.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-55-61

Ahmed I. Abilov¹ ✉Inna P. Novgorodova¹Daria A. Nikanova¹Nina A. Kombarova²Yuri A. Korneenko-Zhilyaev³

¹ L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Moscow region, Russia

² JSC "Head Reproduction Center" (JSC "GCV"), Podolsk, Russia

³ The National Union of Breeding organizations, Moscow, Russia

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Received by the editorial office:
24.03.2024

Accepted in revised:
01.06.2024

Accepted for publication:
16.06.2024

Неспецифическая резистентность быков-производителей в зависимости от пород, внутривидовых возрастных отличий и уровня общего белка

РЕЗЮМЕ

Проведены исследования по изучению неспецифической резистентности у быков-производителей в зависимости от породы, возраста внутри породы и от обеспеченности организма белком после длительного зимнего периода эксплуатации. Установлено, что общий фон неспецифической резистентности у животных по проценту лизиса находился на уровне $32,4 \pm 0,8$, по количеству лизоцима — $0,29 \pm 0,01$ мкг/мл, по удельным единицам активности белка — $0,81 \pm 0,06$ мг, по бактерицидной активности сыворотки крови — $25,6 \pm 0,86\%$. Определена взаимосвязь неспецифической резистентности у быков-производителей в зависимости от породы. Состояние быков по обеспеченности общим белком находилось на сравнительно схожем уровне в пределах референсных значений. По уровню процента лизиса сравнительно низкие значения зафиксированы у животных джерсейской породы (24,6%), больше всех — у костромской и бурой швицкой пород (40,3% и 40,5% соответственно). Самый низкий уровень по удельным единицам активности у джерсейской породы. Сравнительно высокий уровень бактерицидной активности сыворотки крови отмечен у айрширской породы (34,2%), у остальных пород бактерицидная активность сыворотки крови находилась на уровне 23,7–26,4%. Отмечены достоверные отличия между голштинской породой черно-пестрой масти и костромской по количеству лизоцима в сыворотке крови, по удельным единицам активности ($p \leq 0,05$), с быками джерсейской породы — по удельным единицам активности ($p \leq 0,01$), с айрширской — по удельным единицам активности ($p \leq 0,05$) и бактерицидной активности сыворотки крови ($p \leq 0,01$). Между животными голштинской породы красно-пестрой масти и джерсейской, айрширской породами по ряду показателей достоверность была $p \leq 0,05$; между костромской, джерсейской, айрширской и симментальской по общему белку, количеству лизоцима и удельным единицам активности достоверность составила $p \leq 0,01$.

Ключевые слова: общая резистентность, бактерицидная активность сыворотки крови, лизоцимная активность сыворотки крови, быки-производители, общий белок, порода, возраст

Для цитирования: Абилов А.И., Новгородова И.П., Никанова Д.А., Комбарова Н.А., Корнеенко-Жилыев Ю.А. Неспецифическая резистентность быков-производителей в зависимости от пород, внутривидовых возрастных отличий и уровня общего белка. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 55–61. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-55-61>

© Абилов А.И., Новгородова И.П., Никанова Д.А., Комбарова Н.А., Корнеенко-Жилыев Ю.А.

Nonspecific resistance of breeding bulls depending on breeds, intrabreed age differences and total protein level

ABSTRACT

Research has been conducted to study nonspecific resistance in breeding bulls depending on the breed, age within the breed and the body's protein supply after a long winter period of operation. It was established that the general background for nonspecific resistance in animals in terms of the percentage of lysis was at the level of 32.4 ± 0.8 ; by the amount of lysozyme 0.29 ± 0.01 $\mu\text{g/ml}$; by specific units of protein activity 0.81 ± 0.06 mg; bactericidal activity of blood serum $25.6 \pm 0.86\%$. The relationship between nonspecific resistance in breeding bulls depending on the breed has been determined. The condition of bulls in terms of total protein supply was at a relatively similar level within the reference values. In terms of the percentage of lysis, relatively low values were recorded in animals of the Jersey (24.6%), the highest in the Kostromsky and Brown Swiss — 40.3% and 40.5%, respectively. The Jersey breed also has the lowest level of specific activity units. A relatively high level of bactericidal activity of blood serum was noted in the Ayrshire (34.2%), while in other breeds bactericidal activity of blood serum was at the level of 23.7–26.4%. Significant differences were noted between the Holstein Black and motley color and Kostromsky in the amount of lysozyme in the blood serum, in specific units of activity ($p \leq 0.05$), with the Jersey breed in specific units of activity ($p \leq 0.01$), and with the Ayrshire breed in specific activity units ($p \leq 0.05$) and bactericidal activity of blood serum ($p \leq 0.01$). Between the Holstein Red red-and-white color and Jersey and Ayrshire animals, the reliability for a number of indicators was $p \leq 0.05$; between the the Kostromsky, Jersey, Ayrshire and Simmental animals for total protein, the amount of lysozyme and for specific units of activity $p \leq 0.01$.

Key words: general resistance, bactericidal activity of blood serum, lysozyme activity of blood serum, breeding bulls, total protein, breed, age

For citation: Abilov A.I., Novgorodova I.P., Nikanova D.A., Kombarova N.A., Korneenko-Zhilyaev Yu.A. Nonspecific resistance of breeding bulls depending on breeds, intrabreed age differences and total protein level. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 55–61 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-55-61>

© Abilov A.I., Novgorodova I.P., Nikanova D.A., Kombarova N.A., Korneenko-Zhilyaev Yu.A.

Введение/Introduction

Эффективность развития скотоводства зависит от многих факторов, к одному из которых относится сохранение репродуктивного здоровья как коров, так и быков-производителей. Именно поэтому вопросы формирования неспецифической резистентности организма животных в конкретных технологических условиях не потеряли своей актуальности и в настоящее время.

Определение иммунологических показателей крови животных — достаточно важный критерий диагностики их физиологического состояния [1–4]. Естественная резистентность связана со всеми системами организма, в том числе с его иммунологической реактивностью [5–8]. К основным методам, характеризующим клеточные и гуморальные факторы защиты, относятся лизоцимная, бактерицидная и комплементарная активность сыворотки крови. Резистентность организма напрямую связана с продуктивностью животных [9, 10].

Бактерицидная (БАК) и лизоцимная (ЛАК) активность являются наиболее значимыми гуморальными факторами для организма. Лизоцим рассматривают как один из факторов естественного иммунитета не только у человека, но и у млекопитающих и птиц за счет его бактерицидного действия против грамположительных и некоторых грамотрицательных микроорганизмов, обусловленных литическими, катионными и гидрофобными свойствами [11–13].

Исследования, связанные с изменением лизоцима в крови, были проведены на многих животных в зависимости от вида, породы и возраста разными исследователями: у крупного рогатого скота [14], лошадей, ослов и мулов [15], свиней [16, 17], овец [18, 19] и коз [20]. Основные работы ученых были направлены на изучение показателей лизоцима с учетом межпородных различий животных [21–23].

Л. Sotirov с коллегами (2007 г.) сравнивал концентрацию лизоцима в сыворотке крови у 7 различных пород коров (джерсейской, безрогой герефордской, лимузинов, болгарской черно-белой, болгарской коричневой, болгарской rhodope и абердин-ангусской).

В ходе проведенных исследований было выявлено, что у безрогой герефордской породы были значительно высокие средние показатели концентрации лизоцима в сыворотке крови, чем у молочных пород и абердин-ангусской породы. Была обнаружена высокая средняя концентрация лизоцима в сыворотке у породы лимузин. Эти результаты указывают на то, что концентрации лизоцима в сыворотке частично зависят от породы [22].

И.А. Шкуратов с коллегами (2018 г.) и С.А. Чамый (2021 г.) выявили нарушение иммунобиологического статуса, дисбаланса кроветворной и иммунной систем у животных, а также снижение количества лизоцима при их интоксикации солями тяжелых металлов [24, 25].

Цель исследования — изучение неспецифической резистентности у быков-производителей в АО «ГЦВ» Московской области в зависимости от пород, внутрипородных возрастных групп и уровня общего белка в сыворотке крови после длительного зимнего периода эксплуатации.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа выполнена в лаборатории клеточной инженерии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на базе АО «ГЦВ» Московской области. В данном опыте были исследованы 73 быка-производителя разных пород и возрастов. При проведении исследований на животных разных пород в зависимости от возраста (от 2 до 9 лет) были выделены следующие группы: I — голштинская порода черно-пестрой масти ($n = 42$); II — голштинская порода красно-пестрой масти ($n = 5$); III — костромская ($n = 4$); IV — джерсейская ($n = 5$); V — айрширская ($n = 5$); VI — симментальская и монбельярдская ($n = 8$) (учитывая, что монбельярдская порода в исследовании представлена только одной головой, было решено объединить данные с симментальскими быками); VII — бурая швейцарская порода ($n = 4$).

Быков-производителей использовали по инструкции — 2 раза в неделю при дуплетном эякуляте. Исследования были проведены с конца ноября по март, именно поэтому были условно обозначены как «длительный зимний период». Диспансеризацию проводили в начале апреля, после завершения так называемого длительного зимнего периода эксплуатации.

Группы создавали с учетом породной принадлежности.

На следующем этапе анализ выборки показателей общей резистентности сыворотки крови быков-производителей голштинской породы черно-пестрой масти производился по критерию возраста. Животные были разделены на три группы: I — 2–3 года ($n = 8$); II — 5–6 лет ($n = 30$), III — 9 лет ($n = 4$).

Среди животных симментальской породы выборка с учетом фактического поголовья племпредприятия анализировалась в двух возрастных группах: I — 3 года ($n = 5$), II — 6–8 лет ($n = 3$).

На следующем этапе показатели общей резистентности сыворотки крови животных изучали в зависимости от концентрации общего белка у быков-производителей голштинской породы черно-пестрой масти, которых разделили на три группы: I — 68–80 г/л ($n = 14$), II — 81–90 г/л ($n = 24$), III — 91 г/л и более ($n = 4$).

Необходимо отметить, что в связи с малочисленностью поголовья других пород не было возможности группировать животных по содержанию общего белка.

Эксперименты проводили в соответствии с основами и принципами надлежащего содержания и ухода за животными в соответствии с Директивой Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 г. по защите и охране животных, используемых в научных целях¹.

Все работы, связанные с взятием крови, были проведены в период проведения плановой диспансеризации, заключающейся в исследовании биохимических и зоотехнических параметров.

У исследуемых животных был проведен отбор проб крови из яремной вены в стерильные вакуумные пробирки в количестве 9–10 мл. Материалом для исследований служила сыворотка крови, полученная центрифугированием при 5000 об/мин в течение 15 мин.

Изучение неспецифической резистентности сыворотки быков-производителей проводили в лаборатории микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

¹ https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

При этом оценивали лизоцимную (ЛАСК) и бактерицидную (БАСК) активность сыворотки крови.

Определение лизоцимной активности сыворотки крови проводили по методике В.Г. Дорофейчук² с использованием микробиологического анализатора Multiskan FC (ThermoFisher Scientific Inc., Финляндия). Были изучены следующие показатели: процент лизиса, количество лизоцима (мкг) в 1 мл сыворотки крови, удельные единицы активности белка (уд. ед. а) в пересчете на 1 мг белка.

Для исследования использовали музейный тест-штамм *Micrococcus luteus* (*lysodeicticus*) 4698 ATCC 1537 ATCC-2665, культивируемый на скошенном мясопептонном агаре при 37 °С в течение 16 часов. Тест-культуру смывали стерильным фосфатным буфером (рН 7,2), стандартизировали на спектрофотометре Multiskan, используя зеленый светофильтр (длина волны — 540 нм) в микропланшетах на 96 лунках. Стандартная взвесь культуры соответствует 0,6–0,62 McF (МакФарланда). В каждую пробирку вносили по 0,05 мл исследуемой сыворотки крови, в контрольную пробирку — по 0,05 мл фосфатного буфера. Пробирки прогревали в течение 30 мин. на водяной бане при температуре 56 °С (разрушается компонент пропердин, способный вызывать лизис клеток в отсутствие лизоцима). После прогревания пробирки остужали до комнатной температуры, вносили 0,1 мл стандартной культуры и термостатировали при 37 °С. Измерения проводили через 1 ч. и 3 ч. Количество лизоцима в 1 мл сыворотки крови определяли по калибровочной кривой, построенной по стандартному раствору лизоцима. Пересчет уровня лизоцимной активности ферментов выражали в условных единицах активности на 1 мг белка (уд. е. а / мг белка).

Для определения бактерицидной активности сыворотки крови готовили суспензию суточной музейной тест-культуры *Escherichia coli* M-17-02 с оптической плотностью 1,9 McF. В 96-луночные планшеты разливали по 0,2 мл мясопептонного бульона и вносили по 0,045 мл испытуемой сыворотки крови и 0,005 мл инокулюма культуры *Escherichia coli* M-17-02. В контрольные кюветы вносили те же компоненты, что и в опытные, но вместо сыворотки добавляли по 0,045 мл стерильного 0,9%-ного физиологического раствора. Термостатировали при 37 °С 5 ч. Измерения проводили сразу и через 5 ч. культивирования при 37 °С на микробиологическом анализаторе Multiskan FC (ThermoFisher Scientific Inc., Финляндия) при длине волны 540 нм (зеленый светофильтр) [26].

Уровень общего белка в сыворотке крови у животных определяли на анализаторе Chem Well 2902 (Awareness Technology, США).

Полученные данные эксперимента обрабатывали с использованием программы Microsoft Office Excel (США), достоверность различий между показателями рассчитывали по критерию t-Стьюдента.

Таблица 1. Показатели общей резистентности сыворотки крови быков-производителей (n = 73)

Table 1. Indicators of general resistance in the blood serum of breeding bulls (n = 73)

Показатели	M + m	Вариабельность, min-max	Соотношение, min-max
Общий белок, г/л	80,29 ± 0,80	64,0–97,3	0,66
% лизиса	32,42 ± 0,80	17,4–45,9	0,38
ЛАСК			
лизозим, мкг/мл	0,29 ± 0,01	0,10–0,56	0,18
уд. ед. а., мг/мл	0,81 ± 0,06	0,21–2,24	0,10
БАСК, %	25,61 ± 0,86	9,2–38,7	0,24

Таблица 2. Показатели общей резистентности сыворотки крови животных в зависимости от пород

Table 2. Indicators of general resistance in the blood serum of animals depending on breeds

Группа животных	Общий белок, г/л	ЛАСК			БАСК, %
		% лизиса	лизозим, мкг/мл	уд. ед. а., мг/мл	
I (n = 42)	82,27 ± 1,18	32,81 ± 0,96	0,30 ± 0,02	0,79 ± 0,09	24,81 ± 1,11
II (n = 5)	73,38 ± 2,80	31,34 ± 3,39	0,36 ± 0,04	1,18 ± 0,21	26,42 ± 2,32
III (n = 4)	72,55 ± 0,59	40,33 ± 4,85	0,47 ± 0,05	1,61 ± 0,20	25,38 ± 2,00
IV (n = 5)	81,32 ± 1,48	24,65 ± 5,37	0,19 ± 0,03	0,38 ± 0,01	24,34 ± 4,05
V (n = 5)	82,68 ± 1,66	31,72 ± 2,25	0,20 ± 0,03	0,39 ± 0,12	34,16 ± 1,96
VI (n = 8)	77,26 ± 3,20	31,82 ± 1,49	0,31 ± 0,04	0,92 ± 0,19	23,73 ± 2,43
VII (n = 4)	79,07 ± 5,08	40,53 ± 3,53	0,31 ± 0,06	0,92 ± 0,31	26,29 ± 4,34

Результаты и обсуждение / Results and discussion

С учетом того что на общую резистентность крови у быков-производителей могут оказывать влияние многие эндогенные и экзогенные факторы, авторы сочли необходимым первоначально изучить общий иммунобиологический фон животных в АО «ГЦВ» вне зависимости от породы и возрастных отличий после длительного зимнего периода эксплуатации (табл. 1).

Из таблицы 1 видно, что у быков-производителей, находящихся в условиях Московской области, в среднем уровень общего белка у 73 быков находился на уровне референсных значений — 80,29 ± 0,80 г/л^{3, 4}. Однако анализ данных min-max значений показал, что у некоторых животных концентрация общего белка в сыворотке крови выше допустимого максимального значения и находилась на уровне 97,3 г/л при норме максимума 92,0 г/л, то есть выше на 5,8%. Лизоцимная активность по проценту лизиса в среднем составила 32,4%, количество лизоцима — 0,29 мкг/мл с вариабельностью 0,10–0,56. БАСК находился на уровне 25,6 ± 0,86%. Однако отмечен очень большой разброс данных между быками по БАСК — начиная от 9,2 (min) до 38,7 (max).

На следующем этапе исследований изучали неспецифическую резистентность быков-производителей с учетом породной принадлежности (табл. 2).

Из данных (табл. 2) видно, что содержание общего белка в сыворотке крови у всех быков вне зависимости от пород в среднем находилось на уровне референсных значений, варьируя между породами от 73,0 до 83,0 г/л. В то же время можно констатировать факт о том, что сравнительно высокий показатель был зарегистрирован у животных голштинской породы черно-пестрой масти (82,27 г/л), джерсейской (81,32 г/л) и айрширской (82,68 г/л).

Процент лизиса был больше всех у костромской (40,33%) и бурой швицкой (40,53%), сравнительно

² Дорофейчук В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом. Лабораторное дело. 1968; 28–30.

³ Гусев И.В., Боголюбова Н.В., Рыков Р.А., Левина Г.Н. Контроль биохимического статуса свиней и коров. Руководство. Дубровицы, ФГБНУ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2019; 40.

⁴ Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. Монография. Под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева и др. Москва. 2018; 290.

меньше отмечен у быков джерсейской породы (24,65%), а у остальных пород (голштинской, айрширской, симментальской) данный показатель 31,0–33,0%.

Аналогичный уровень отличий зарегистрирован по количеству лизоцима в сыворотке крови. Самый низкий уровень отмечен по удельным единицам активности белка у животных джерсейской (0,38 уд. ед. а, мг/мл) и айрширской пород (0,39 уд. ед. а, мг/мл). Самый высокий уровень отмечен у животных голштинской породы красно-пестрой масти (1,18 уд. ед. а, мг/мл белка) и костромской породы (1,61 уд. ед. а, мг/мл). У остальных исследуемых животных разных пород этот показатель был на уровне 0,79 и 0,92 уд. ед. а/мг белка.

Сравнительно высокий показатель БАСК имели быки-производители айрширской породы (34,16%), у остальных животных показатель БАСК находился между 23,7% и 26,4%.

Достоверность показателей общей резистентности у исследуемых животных в зависимости от породы представлена в таблице 3.

Анализ данных по породам показал, что по содержанию общего белка в сыворотке крови высокодостоверное отличие имелось между I и III группами (голштинской породой черно-пестрой масти и костромской породой) (табл. 3). Достоверность на уровне $p \leq 0,01$ была отмечена у костромской породы с джерсейской и айрширской (IV–V группами), на уровне $p \leq 0,05$ — между II–V группами (голштинской породой красно-пестрой масти и айрширской), между костромской породой и голштинской черно-пестрой масти отмечена тенденция отличий на уровне $p \leq 0,1$. Эти отличия были отмечены по проценту лизиса между I и VII, III и IV, IV и VII, V и VII, VI и VII группами.

По количеству лизоцима в сыворотке крови достоверное отличие ($p \leq 0,05$) было зафиксировано между I и III, II и IV, I и V группами. Между III и IV, III и V группами достоверность зафиксирована на уровне $p \leq 0,01$.

По удельным единицам активности белка было отмечено достоверное отличие между I–III, I–V группами ($p \leq 0,05$) и I–IV ($p \leq 0,01$), между II и IV–V группами ($p \leq 0,05$), между III–IV и V группами ($p \leq 0,01$), между группами III–VI и IV–VI, а также между V–VI группами зафиксирована тенденция, близкая к достоверному отличию ($p \leq 0,1$).

БАСК имел достоверное отличие между быками-производителями голштинской породы красно-пестрой масти с айрширской ($p \leq 0,05$), а также между костромской и айрширской ($p \leq 0,05$) и симментальской с айрширской ($p \leq 0,05$), между быками айрширской породы и голштинской черно-пестрой масти достоверность была зафиксирована на уровне $p \leq 0,01$.

Учитывая, что по общей резистентности сыворотки крови у быков-производителей имелись отличия по породам, на следующем этапе изучали показатели с учетом возраста животных у двух пород — голштинской черно-пестрой масти и симментальской (в отдельности). У других пород за счет малочисленного количества голов данные исследования не проводились. Неспецифическая резистентность сыворотки крови у быков внутри породы в разных возрастных категориях приведена в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что содержание общего белка в сыворотке крови у быков-производителей ($n = 42$) в среднем находилось в пределах нормативного диапазона. Однако

Таблица 3. Уровень достоверности при оценке показателей общей резистентности в сыворотке крови быков-производителей в зависимости от пород

Table 3. Reliability of general resistance in the blood serum of breeding bulls

Сравнение групп	Общий белок, г/л	% лизиса	лизоцим, мкг/мл	уд. ед. а, мг/мл	БАСК, %
Между I и II	$p \leq 0,05$	нд	нд	нд	нд
I–III	$p \leq 0,001$	нд	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$	нд
I–IV	нд	нд	нд	$p \leq 0,01$	нд
I–V	нд	нд	нд	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,01$
I–VI	нд	нд	нд	нд	нд
I–VII	нд	$p \leq 0,1$	нд	нд	нд
Между II и III	нд	нд	нд	нд	нд
II–IV	$p \leq 0,1$	нд	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$	нд
II–V	$p \leq 0,05$	нд	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$
II–VI	нд	нд	нд	нд	нд
II–VII	нд	нд	нд	нд	нд
Между III и IV	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	нд
III–V	$p \leq 0,01$	нд	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,05$
III–VI	нд	нд	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,05$	нд
III–V	нд	нд	нд	нд	нд
Между IV и V	нд	нд	нд	нд	$p \leq 0,1$
IV–VI	нд	нд	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,05$	нд
IV–VII	нд	нд	нд	нд	нд
Между V и VI	нд	нд	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,05$
V–VII	нд	$p \leq 0,1$	нд	нд	нд
Между VI и VII	нд	$p \leq 0,1$	нд	нд	нд

необходимо отметить, что внутри породы с учетом возраста количество общего белка в сыворотке крови существенно отличалось.

В возрасте 2–3 лет этот показатель находился на уровне $71,78 \pm 2,04$ г/л, 5–6 лет — $87,35 \pm 1,32$ г/л ($p \leq 0,001$), в возрасте 9 лет — $89,12 \pm 1,49$ г/л ($p \leq 0,01$). То есть с увеличением возраста увеличивалось и количество общего белка. На взгляд авторов, это можно объяснить концентратным типом кормления с целью получения большого количества доз семени. В то же время отмечено, что чем моложе животное, тем больше процент лизиса. В возрасте 2–3 лет данный показатель составил 38,1%, 5–6 лет — 30,07% ($p \leq 0,01$), 9 лет — 30,9% ($p \leq 0,1$).

Аналогичный уровень с учетом возраста был отмечен по количеству лизоцима в сыворотке крови. Чем моложе бык, тем больше концентрация лизоцима в сыворотке крови. Достоверность между I и II группами — $p \leq 0,001$, а III — $p \leq 0,01$.

По содержанию БАСК существенной разницы между возрастом не зафиксировано. Самые высокие удельные

Таблица 4. Показатели общей резистентности сыворотки крови животных голштинской породы черно-пестрой масти в зависимости от возраста
Table 4. Indicators of general resistance in the blood serum of animals of Holstein of black-and-white color bulls depending on age

Группа и количество быков	Возраст, лет	Общий белок, г/л	ЛАСК			БАСК, %
			% лизиса	лизоцим, мкг/мл	уд. ед. а, мг/мл	
I ($n = 8$)	2–3	$71,78 \pm 2,04$	$38,09 \pm 1,47$	$0,45 \pm 0,03$	$1,59 \pm 0,12$	$25,79 \pm 2,38$
II ($n = 30$)	5–6	$87,35 \pm 1,32$	$30,07 \pm 1,10$	$0,19 \pm 0,01$	$0,38 \pm 0,39$	$25,96 \pm 1,96$
III ($n = 4$)	9	$89,12 \pm 1,49$	$30,92 \pm 2,31$	$0,20 \pm 0,04$	$0,40 \pm 0,15$	$27,26 \pm 0,71$
Всего ($n = 42$)	2–9	$82,27 \pm 1,18$	$32,81 \pm 0,96$	$0,29 \pm 0,02$	$0,79 \pm 0,09$	$24,81 \pm 1,11$
Достоверность между группами						
Между I–II		$p \leq 0,001$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,001$	$p \leq 0,05$	нд
I–III		$p \leq 0,01$	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	нд
II–III		нд	нд	нд	нд	нд

единицы активности отмечены у быков-производителей в более молодом возрасте (2–3 года) — 1,59 уд. ед. мг/белка ($p \leq 0,05$), в то же время данный показатель в возрасте 5–6 лет ($p \leq 0,01$) и 9 лет был почти в четыре раза меньше и составил 0,38 уд. ед. мг/белка и 0,40 уд. ед. мг/белка соответственно.

Аналогичные исследования изучения общей резистентности в зависимости от возраста внутри пород у быков-производителей симментальской породы и монбельярдской представлены в таблице 5.

Анализ таблицы 5 показывает, что все изучаемые показатели в сыворотке крови у быков симментальской породы имели сходные тенденции по содержанию общего белка, проценту лизиса, количеству лизоцима и удельным единицам активности (на достоверном уровне при $p < 0,05$).

Разница по содержанию общего белка в сыворотке крови у быков-производителей в зависимости от возраста составила 15,58 г/л в пользу животных старшей группы. По содержанию лизоцима в сыворотке крови у взрослых быков наблюдалось снижение (0,21 мкг/мл) ($p \leq 0,05$) по отношению к более молодым животным. Удельная активность показателя у молодых быков была в три раза выше, чем у взрослых ($p \leq 0,05$). Так как содержание общего белка в сыворотке крови существенно различалось у быков-производителей, были проведены дополнительные исследования, направленные на изучение общей резистентности сыворотки крови у голштинской породы черно-пестрой масти (табл. 6).

Из таблицы 6 видно, что амплитуда на уровне 10 единиц отмечена в отношении общего белка, между группами имелось высокодостоверное отличие. Так, между I и II, III группами — на уровне $p \leq 0,001$, а между II и III группами — на уровне $p \leq 0,01$. Было отмечено, что чем ниже концентрация общего белка, тем выше показатели ЛАСК и процент лизиса, а также количество лизоцима и удельные единицы активности белка (уд. ед. а).

По проценту лизиса между II и III группами достоверность отмечена при уровне $p \leq 0,05$, а между I и II, III группами наблюдалась тенденция на уровне $p \leq 0,1$. По количеству лизоцима между I и II, III группами достоверное отличие наблюдалось при $p \leq 0,01$, а между II и III группами — при $p \leq 0,05$. Аналогичное достоверное отличие было зафиксировано по отношению к удельным единицам активности белка (мг/мл).

Отмечено, что в I группе средний возраст животных находился на уровне 3,9 года, во II — 6 лет, III группа — на уровне 6,6 лет. В этих группах по возрасту достоверное отличие было зафиксировано на уровне $p \leq 0,001$ между I и II группами, а между I и III группами — на уровне $p \leq 0,1$. Между II и III группами достоверность по возрасту не была зафиксирована.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что средние значения лизоцимной активности сыворотки крови у быков-производителей составили по

Таблица 5. Показатели общей резистентности сыворотки крови быков-производителей симментальской породы + монбельярдской в зависимости от возраста

Table 5. Indicators of general resistance in the blood serum of animals of Simmental + Montbeliard depending on age

Группа и количество быков	Возраст, лет	Общий белок, г/л	ЛАСК			БАСК, %
			% лизиса	лизоцим, мкг/мл	уд. ед. а, мг/мл	
I (n = 5)	3	71,42 ± 1,11	33,52 ± 1,91	0,36 ± 0,04	1,20 ± 0,20	25,25 ± 5,03
II (n = 3)	6–8	87,00 ± 3,95*	28,98 ± 1,40	0,21 ± 0,03*	0,44 ± 0,13*	21,21 ± 4,49
Всего (n = 8)	3–8	77,26 ± 3,20	31,82 ± 1,49	0,31 ± 0,31	0,92 ± 0,19	23,73 ± 3,43

Примечание: * $p \leq 0,05$.

Таблица 6. Показатели общей резистентности сыворотки крови быков-производителей голштинской породы черно-пестрой масти в зависимости от уровня общего белка

Table 6. Indicators of general resistance in the blood serum of breeding bulls of Holstein of the black-and-white, depending on the level of total protein

Группа животных	Градация общего белка, г/л	Возраст, лет	Общий белок в группе, г/л	ЛАСК			БАСК, %
				% лизиса	лизоцим, мкг/мл	уд. ед. а, мг/мл	
I (n = 14)	68–80	3,90 ± 0,43	74,07 ± 1,21	35,56 ± 1,56	0,47 ± 0,03	1,21 ± 0,15	25,61 ± 1,15
II (n = 24)	81–90	5,96 ± 0,30	85,22 ± 0,60	31,99 ± 1,15	0,25 ± 0,02	0,61 ± 0,08	25,25 ± 1,57
III (n = 4)	91 и более	6,60 ± 0,98	93,32 ± 1,14	26,97 ± 1,28	0,19 ± 0,01	0,34 ± 0,04	20,14 ± 5,06
В среднем (n = 42)		5,41 ± 0,29	82,27 ± 1,18	32,81 ± 0,96	0,29 ± 0,02	0,79 ± 0,08	24,81 ± 1,11
Достоверность между группами							
I–II		$p \leq 0,001$	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	нд	$p \leq 0,001$
I–III		$p \leq 0,001$	$p \leq 0,1$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,01$	нд	$p \leq 0,001$
II–III		$p \leq 0,01$	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,05$	нд	нд

проценту лизиса $32,4 \pm 0,8$, количеству лизоцима — $0,29 \pm 0,01$ мкг/мл, удельным единицам активности — на уровне $0,81 \pm 0,06$ мг/белка, а средний уровень содержания общего белка в сыворотке крови составил $80,29 \pm 0,80$ г/л.

Бактерицидная активность сыворотки крови у быков-производителей в среднем находилась на уровне $25,6 \pm 0,86\%$ с вариабельностью 9,2–38,7%. Общая резистентность животных имела ряд достоверных отличий по общему белку, количеству лизоцима и удельным единицам активности (мг/мл) в зависимости от породного происхождения (начиная с $p \leq 0,05$ до уровня $p \leq 0,001$). Неспецифическая резистентность у симментальской породы и голштинской черно-пестрой масти имела достоверные отличия в зависимости от возраста внутри пород (при $p \leq 0,05$). Уровень общего белка на достоверном уровне влиял на процент лизиса ($p \leq 0,01$), количество лизоцима (мкг/мл) ($p \leq 0,01$) и БАСК ($p \leq 0,001$).

Выводы/Conclusions

Достоверные отличия в зависимости от породного происхождения, на взгляд авторов, были связаны с иммунологическим состоянием отдельных пород, так как общеизвестно, что чем выше продуктивность, тем организм является более изнеженным, и в то же время отечественные генофондные породы являются более устойчивыми к влиянию различных эндогенных и экзогенных факторов.

Достоверность в зависимости от возраста связана с тем, что наблюдалась тенденция снижения общей резистентности быков-производителей, и это закономерный процесс, сопровождающийся расслаблением иммунного ответа на примере неспецифической резистентности 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 в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ по теме FGGN-2024-0014, регистрационный № 124020200127-7.

FUNDING

The work was carried out within the framework of a state assignment with the financial support of fundamental scientific research from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation on the topic FGGN-2024-0014, registration No. 124020200127-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Трушкин В.А., Никишина И.В., Ковалев С.П., Воинова А.А., Полевая А.П. Динамика некоторых биохимических показателей крови телят, больных субклиническим рахитом. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2018; 1: 70–72. <https://elibrary.ru/ytziwz>
- Гончарова А.И., Окулич В.К., Земко В.Ю., Сенькович С.А. Антимикробная активность лизоцима как фактор неспецифической резистентности. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2019; 18(4): 40–45. <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2019.4.40>
- Боголюбова Н.В., Рыков Р.А. Метаболический статус организма быков-производителей разных генотипов. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; 3: 46–50. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.45.31.008>
- Карпенко Л.Ю. и др. Анализ показателей лизоцимной активности сыворотки крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) при применении препарата Smartbiotic. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021; 4: 140–142. <https://doi.org/10.52419/issn2072-6023.2021.4.140>
- Галочкин В.А., Остренко К.С., Галочкина В.П., Федорова Л.М. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(4): 673–686. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.673rus>
- Мишуев А.В., Романов В.Н., Довыденкова М.В. Иммунный и антиоксидантный статус организма агнят при использовании бурых водорослей *Fucus vesiculosus*. *Аграрная наука*. 2023; 9: 47–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>
- Chang M.N. et al. Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(7): 6100–6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17610>
- Боголюбова Н.В. Некоторые аспекты антиоксидантной защиты в организме молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 5: 38–41. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41>
- Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства. *Аграрная наука*. 2023; 11: 34–40. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40>
- Фаткуллин Р.Р., Белококов А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А. Способ повышения сохранности и продуктивных качеств молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 9: 43–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46>
- Ibrahim H.R., Matsuzaki T., Aoki T. Genetic evidence that antibacterial activity of lysozyme is independent of its catalytic function. *FEBS Letters*. 2001; 506(1): 27–32. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(01\)02872-1](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(01)02872-1)
- Sarmah R.J., Kundu S. Structure and morphology of bovine serum albumin-lysozyme (BSA-Lys) complex films at air-water interface. *Food Hydrocolloids*. 2022; 131: 107788. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107788>
- Асрутдинова Р.А., Хайруллин Д.Д., Ханзярова А.А., Файзрахманова Г.А., Рахматов Л.А., Муллахметов Р.Р. Коррекция естественной резистентности организма телят. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 254(2): 11–15. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_11
- Sotirov L., Yotova I., Semerdjiev V., Tsachev I. Complement activity in warren hybrid chickens, infected with the Marek's disease and hatched from eggs irradiated with gamma rays. *Genetics and Selection*. 1989; 4: 318–324.
- Sotirov L., Semerdjiev V., Maslev T., Gerchev G. Breed and age-related differences in lysozyme concentrations and complement activity in rams. *Trakia Journal of Sciences*. 2006; 4(3): 20–24.
- Song H. et al. Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербakov П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В. Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состояния биостимулятором антигеннаправленного действия. *Аграрная наука*. 2023; 12: 58–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
- Bivolarski B., Sotirov L. Seasonal investigations on some parameters of non-specific resistance in sheep. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2001; 4(S1): 7–12.

REFERENCES

- Trushkin V.A., Nikishina I.V., Kovalev S.P., Voinova A.A., Polevaya A.P. Dynamics of some biochemical indicators of blood of calves affected with subclinical rickets. *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2018; 1: 70–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/ytziwz>
- Goncharova A.I., Okulich V.K., Zemko V.Yu., Senkovich S.A. Antimicrobial activity of lysozyme as a nonspecific resistance factor. *Vitebsk Medical Journal*. 2019; 18(4): 40–45 (in Russian). <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2019.4.40>
- Bogolyubova N.V., Rykov R.A. Metabolic status of the organism of bulls-producers of different genotypes. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; 3: 46–50 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.45.31.008>
- Karpenko L.Yu. et al. Analysis of indicators of lysozyme activity of blood serum of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when using the drug "Smartbiotic". *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2021; 4: 140–142 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-6023.2021.4.140>
- Galochkin V.A., Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Fedorova L.M. Interrelation of nervous, immune, endocrine systems and nutritional factors in the regulation of animal resistance and productivity (review). *Agricultural Biology*. 2018; 53(4): 673–686. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.673eng>
- Mishurov A.V., Romanov V.N., Dovydenkova M.V. Immune and antioxidant status of the body of lambs using brown algae *Fucus vesiculosus*. *Agrarian science*. 2023; 9: 47–51 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>
- Chang M.N. et al. Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(7): 6100–6113. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17610>
- Bogolyubova N.V. Some aspects of antioxidant protection in the body of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 5: 38–41 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-38-41>
- Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Evaluation of bulls-producers of the Holstein breed by the quality of the offspring. *Agrarian science*. 2023; 11: 34–40 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40>
- Fatkullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A. A way to improve the safety and productive qualities of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 9: 43–46 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46>
- Ibrahim H.R., Matsuzaki T., Aoki T. Genetic evidence that antibacterial activity of lysozyme is independent of its catalytic function. *FEBS Letters*. 2001; 506(1): 27–32. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(01\)02872-1](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(01)02872-1)
- Sarmah R.J., Kundu S. Structure and morphology of bovine serum albumin-lysozyme (BSA-Lys) complex films at air-water interface. *Food Hydrocolloids*. 2022; 131: 107788. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107788>
- Asrutdinova R.A., Khairullin D.D., Khanzyarova A.A., Fayzakhmanova G.A., Rakhmatov L.A., Mullakhmetov R.R. Correction of the natural resistance of the body of calves. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2023; 254(2): 11–15 (in Russian). https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_11
- Sotirov L., Yotova I., Semerdjiev V., Tsachev I. Complement activity in warren hybrid chickens, infected with the Marek's disease and hatched from eggs irradiated with gamma rays. *Genetics and Selection*. 1989; 4: 318–324.
- Sotirov L., Semerdjiev V., Maslev T., Gerchev G. Breed and age-related differences in lysozyme concentrations and complement activity in rams. *Trakia Journal of Sciences*. 2006; 4(3): 20–24.
- Song H. et al. Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
- Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N., Derkho A.O., Stepanova K.V. Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator. *Agrarian science*. 2023; 12: 58–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>
- Bivolarski B., Sotirov L. Seasonal investigations on some parameters of non-specific resistance in sheep. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2001; 4(S1): 7–12.

19. Ostapchuk P.S., Postnikova O.N., Zubochenko D.V., Usmanova E.N., Kuevda T.A., Pikhtereva A.V. Biochemical parameters and blood bactericidal activity of young Tsigai sheep. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023; 53(5): 79–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-10>

20. Semerdjiev V. et al. Seasonal, breed and sex related differences of the lysozyme concentration in goat kids. *Animal Sciences*. 2010; 3: 42–46.

21. Lie Ø., Solbu H. Evidence for a major gene regulating serum lysozyme activity in cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 1983; 100(1–5): 134–138. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1983.tb00719.x>

22. Sotirov L., Semerdjiev V., Maslev T., Draganov B. Breed-related differences in blood lysozyme concentration and complement activity in cows in Bulgaria. *Revue de médecine vétérinaire*. 2007; 158(5): 239–243.

23. Sotirov L. et al. Effect of breed upon blood lysozyme and complement activity in different sheep breeds. *Agricultural science and technology*. 2011; 3(4): 302–305.

24. Шкуратова И.А., Верещак Н.А., Малков С.В. Роль экологических факторов в развитии гуморального иммунодефицита у животных. *БИО*. 2018; 11: 31–34. <https://elibrary.ru/zcnbsx>

25. Чамый С.А. Гематологические показатели и естественная резистентность овец после коррекции препаратом «Седимин» в условиях техногенного загрязнения. *Природные ресурсы, среда и общество*. 2021; 1: 68–74. <https://doi.org/10.24412/2658-4441-2021-1-68-74>

26. Саруханов В.Я., Исамов Н.Н., Колганов И.М. Метод определения лизоцимной активности крови у сельскохозяйственных животных. *Сельскохозяйственная биология*. 2012; 2: 119–122. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.2.119rus>

19. Ostapchuk P.S., Postnikova O.N., Zubochenko D.V., Usmanova E.N., Kuevda T.A., Pikhtereva A.V. Biochemical parameters and blood bactericidal activity of young Tsigai sheep. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023; 53(5): 79–89 (in Russian). <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-10>

20. Semerdjiev V. et al. Seasonal, breed and sex related differences of the lysozyme concentration in goat kids. *Animal Sciences*. 2010; 3: 42–46.

21. Lie Ø., Solbu H. Evidence for a major gene regulating serum lysozyme activity in cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 1983; 100(1–5): 134–138. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1983.tb00719.x>

22. Sotirov L., Semerdjiev V., Maslev T., Draganov B. Breed-related differences in blood lysozyme concentration and complement activity in cows in Bulgaria. *Revue de médecine vétérinaire*. 2007; 158(5): 239–243.

23. Sotirov L. et al. Effect of breed upon blood lysozyme and complement activity in different sheep breeds. *Agricultural science and technology*. 2011; 3(4): 302–305.

24. Shkuratova I.A., Vereshchak N.A., Malkov S.V. The role of environmental factors in the development of humoral immunodeficiency in animals. *БИО*. 2018; 11: 31–34 (in Russian). <https://elibrary.ru/zcnbsx>

25. Chamy S.A. Hematological indicators and natural resistance of sheep after correction with “Sedimin” under technogenic pollution conditions. *Natural resources, environment and society*. 2021; 1: 68–74 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2658-4441-2021-1-68-74>

26. Sarukhanov V.Ya., Isamov N.N., Kolganov I.M. Method for detection of blood lysozyme activity in agricultural animals. *Agricultural Biology*. 2012; 2: 119–122 (in Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.2.119rus>

ОБ АВТОРАХ

Ахмедага Имаш оглы Абилов¹

главный научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии, доктор биологических наук, профессор
ahmed.abilov@mail.ru

Инна Петровна Новгородова¹

старший научный сотрудник лаборатории клеточной инженерии, кандидат биологических наук
novg-inna2005@yandex.ru

Дарья Александровна Никанова¹

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
vijmikrob@mail.ru

Нина Анатольевна Комбарова²

главный технолог, кандидат биологических наук
komnina@list.ru

Юрий Александрович Корнеенко-Жилев³

руководитель, кандидат биологических наук
contact@venera-vet.ru

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

² АО «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (АО «ГЦВ»), ул. Центральная, 3, пос. Быково, г. о. Подольск, Московская обл., 142143, Россия

³ Национальный союз племенных организаций, ул. Садовая-Спасская, 13, корп. 2, Москва, 109029, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ahmedaga Imash Abilov¹

Chief Researcher of the Laboratory of Cell Engineering, Doctor of Biological Sciences, Professor
ahmed.abilov@mail.ru

Inna Petrovna Novgorodova¹

Senior Researcher of the Laboratory of Cell Engineering, Candidate of Biological Sciences
novg-inna2005@yandex.ru

Daria Aleksandrovna Nikanova¹

Senior Researcher of the Laboratory Microbiology, Candidate of Biological Sciences
vijmikrob@mail.ru

Nina Anatolyevna Kombarova²

Chief Technologist, Candidate of Biological Sciences
komnina@list.ru

Yuri Alexandrovich Korneenko-Zhilyaev³

Head of Department, Candidate of Biological Science
contact@venera-vet.ru

¹ L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy, Podolsk, Moscow Region, 142132, Russia

² JSC “Head Center for the Reproduction of Farm Animals” (JSC “GCV”),

3 Tsentralnaya Str., Bykovo settlement, Podolsk city district, Moscow region, 142143, Russia

³ National Union of Tribal Organizations, 13 Sadovaya-Spasskaya Str., building 2, Moscow, 109029, Russia

О.В. Епанчинцева¹ ✉С.И. Геняитов²¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия²ООО «ГК ВИК», Московская обл., г. о. Раменский, дер. Островцы, Россия

✉ epanchintseva.o@mail.ru

Поступила в редакцию:
05.04.2024Одобрена после рецензирования:
01.06.2024Принята к публикации:
16.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-62-68

Olga V. Epanchintseva¹ ✉Said I. Geniyatov²¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia²“VIC Group of Companies” LLC, Moscow region, Ramenskoye City District, Ostrovtsy village, Russia

✉ epanchintseva.o@mail.ru

Received by the editorial office:
05.04.2024Accepted in revised:
01.06.2024Accepted for publication:
16.06.2024

Дезинфекция питьевой воды для сельскохозяйственной птицы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Проблема биологической безопасности питьевой воды сохраняет актуальность в животноводстве. Качество воды зависит от первичного состава микрофлоры источника, при дальнейшем транспортировании вода дополнительно обсеменяется микроорганизмами. Инфицированная вода способствует алиментарному заражению животных, развитию различных патологий желудочно-кишечного тракта, гибели поголовья, снижению производственных показателей и прибыли предприятия. В настоящее время предложены различные способы очистки воды, однако продолжается изыскание наиболее эффективных методов и средств обеззараживания воды.

Цель работы — оценка эффективности препарата «Ди-О-Клин» как источника получения диоксида хлора при дезинфекции питьевой воды в промышленном птицеводстве.

Методы. Методология включала бактериологические исследования 80 проб питьевой воды, взятых из различных объектов птицеводческого предприятия в разные сезоны года, санитарную оценку системы поения птицы после применения средства «Ди-О-Клин».

Результаты. В результате проведенных исследований воды обнаружили колиформные бактерии и синегнойную палочку. Отмечен рост числа микроорганизмов в воде накопительной емкости, системе поения птицы в 2,4 раза по сравнению с количеством исходной микрофлоры в воде скважины. Санитарное качество воды зависит от сезона года, наиболее неблагоприятные значения показателей оценки воды регистрировали весной. Производственные испытания показали, что дезинфекция воды средством «Ди-О-Клин» эффективна, доступна, безопасна и экономически целесообразна. Технология дезинфекции диоксидом хлора позволяет минимизировать или исключить передачу инфекций через питьевую воду, выращивать здоровое поголовье и поддерживать биологическую безопасность предприятия в целом.

Ключевые слова: вода питьевая, дезинфекция, диоксид хлора, микроорганизмы, птицеводство

Для цитирования: Епанчинцева О.В., Геняитов С.И. Дезинфекция питьевой воды для сельскохозяйственной птицы. *Аграрная наука.* 2024; 384(7): 62–68.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-62-68>

© Епанчинцева О. В., Геняитов С.И.

Disinfection of drinking water for poultry

ABSTRACT

Relevance. The problem of biological safety of drinking water remains relevant in livestock farming. The quality of water depends on the primary composition of the microflora of the source; with further transportation, the water is additionally contaminated with microorganisms.

Infected water contributes to nutritional contamination of animals, the development of various pathologies of the gastrointestinal tract, the death of livestock, and a decrease in production indicators and enterprise profits. Currently, various methods of water purification have been proposed, but the search for the most effective methods and means of water disinfection continues.

The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of the drug “Di-O-Clean” as a source of chlorine dioxide for the disinfection of drinking water in industrial poultry farming.

Methods. The methodology included bacteriological studies of 80 drinking water samples taken from various poultry farm facilities in different seasons of the year, a sanitary assessment of the poultry watering system after the use of “Di-O-Clean”.

Results. As a result of the water tests, coliform bacteria and *Pseudomonas aeruginosa* were found. There was an increase in the number of microorganisms in the water of the storage tank and poultry watering system by 2.4 times compared to the amount of the initial microflora in the well water. The sanitary quality of water depends on the season of the year; the most unfavorable values of water assessment indicators were recorded in the spring. Production tests have shown that water disinfection with “Di-O-Clean” is effective, affordable, safe and economically feasible. Chlorine dioxide disinfection technology makes it possible to minimize or eliminate the transmission of infections through drinking water, raise healthy livestock and maintain the biological safety of the enterprise as a whole.

Key words: Drinking water, disinfection, chlorine dioxide, microorganisms, poultry farming

For citation: Epanchintseva O.V., Geniyatov S.I. Disinfection of drinking water for poultry. *Agrarian science.* 2024; 384(7): 62–68 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-62-68>

© Epanchintseva O.V., Geniyatov S.I.

Введение/Introduction

Дефицит чистой питьевой воды существует во многих странах мира. Усугубляют положение различные нарушения. По сообщениям Д.И. Пестовой и др. [1], в Свердловской области установлено несоответствие качества питьевой воды требованиям санитарных норм. Причинами являются промышленные и бытовые стоки. 70,25% стоков без очистки и обеззараживания поступают в водоемы региона, создавая экологическую и биологическую угрозу в регионе. Подобная ситуация отмечена и в других регионах. Так, в Комсомольске-на-Амуре вода, как речная, так и водопроводная, имела отклонения по показателям безопасности и представляли угрозу для здоровья человека и животных [2].

Вода — необходимый компонент любой живой клетки, 60–75% химического состава приходится на воду в организме человека и животных. Вода участвует в процессах метаболизма, от качества и безопасности поступающей в организм воды напрямую зависят жизнедеятельность, продуктивность, производственные показатели сельскохозяйственных животных.

Для поения животных обычно используют природные поверхностные или подземные источники воды, часто без дополнительной обработки, что может способствовать развитию у животных отравлений, кишечных инфекций и других инфекционных болезней, передающихся алиментарным путем. Скважины, насосные станции, трубопроводы, накопительные емкости и элементы системы поения являются благоприятной средой для развития и дальнейшего распространения патогенной микрофлоры.

Наиболее часто встречающимся и надежным источником питьевой воды на предприятиях сельского хозяйства являются артезианские (глубокие) скважины. Несмотря на устоявшееся мнение о чистоте воды из артезианской скважины, результаты микробиологических исследований в подавляющем большинстве случаев показывают превышение основных санитарных показателей, а также наличие бактерий рода *Pseudomonas* [3]. Следует отметить высокий уровень минерализации такой воды, что негативно влияет на состояние трубопроводов и самой системы поения, особенно там, где птица содержится долгое время и нет возможности провести качественную мойку и дезинфекцию.

Высокая минерализация воды, наличие патогенов и биопленок существенно влияют на состояние системы поения и качество питьевой воды, что в свою очередь негативно отражается на основных зоотехнических показателях, а также на проведении профилактических мероприятий в процессе выращивания птицы. В системе поения накапливаются железистые отложения, минеральный налет, биопленки, которые могут сохранять в себе резистентные штаммы микроорганизмов даже во время выпаивания органических кислот и антибактериальных препаратов.

Дезинфекция питьевой воды является важным процессом, направленным на уничтожение микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и водоросли, которые могут присутствовать в воде и представлять угрозу для здоровья птицы. Это необходимо для обеспечения безопасности питьевой воды и предотвращения распространения инфекций.

В современном мире с успехом применяются физические и химические способы обеззараживания питьевой воды, разрабатываются новые подходы к

обеспечению животных водой с хорошими органолептическими, физическими, химическими и биологическими характеристиками [4].

К физическим способам относятся обеззараживание воды ультрафиолетом, ультразвуком, озонирование и пр. Предложены специальные установки для непрерывного процесса обработки воды УФ-лучами [5, 6], определены оптимальные дозы облучения [7]. З.И. Жолдакова с соавт. [8] изучала возможность использования УФ-излучения с целью снижения хлораминов в воде бассейнов после обработки хлором. А.Ю. Курбатов и др. [9] доказали эффективность безреагентной кавитационной обработки воды. Д.Г. Козлов, М.И. Аксенова [10] изучили разрушающее действие ультразвука и ультрафиолета на патогенную микрофлору в воде. Плазменные технологии на основе УФ-излучения считают перспективными С.П. Зубрилов, Н.В. Растрьгин [11].

Обеззараживание воды в фермерском хозяйстве электромагнитной энергией с положительным эффектом испытали ученые Рязанского аграрного университета [12].

В научной литературе сообщается о перспективности биологических сорбентов на основе морских водорослей и йода [13], растительных антимикробных сборов [14].

Н.О. Сиволобова и соавт. [15] на основании результатов экспериментальных исследований по обеззараживанию воды пероксидом водорода разработали математическую модель проектирования промышленных устройств. При этом хлорирование — один из наиболее распространенных способов обработки воды — имеет свои преимущества и недостатки. О.Г. Примин [16] рекомендует токсичный газообразный хлор заменить гипохлоридом натрия, который не уступает по бактерицидным свойствам, очищает воду от клеточных и неклеточных форм микроорганизмов. Т.А. Младова [2] сообщает о преимуществах гипохлорида натрия в сравнении с жидким хлором по безопасности при использовании, хранении, по высоким дезинфицирующим свойствам, возможности получения его непосредственно на частных сооружениях.

На сегодняшний день одним из самых простых, недорогих, безопасных, а самое главное, эффективных методов санитарной подготовки питьевой воды является дезинфекция диоксидом хлора (ClO_2). Данная технология известна и широко применяется с 60-х годов прошлого столетия, в первую очередь станциями очистки питьевой воды для нужд человека, что и послужило основанием испытать данный способ в животноводстве.

Цель работы — оценка эффективности препарата «Ди-О-Клин» как источника получения диоксида хлора при дезинфекции питьевой воды в промышленном птицеводстве.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Авторами разработана схема опыта для корпуса напольного содержания птицы площадью 1728 м² на 34 тыс. голов. В 2022 году экспериментальные исследования проводили в условиях птицеводческого предприятия по выращиванию цыплят-бройлеров. Микробиологические исследования проводили в ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан».

Отбор проб воды (ГОСТ Р 59024-2020¹) для определения исходного микробиоценоза осуществляли с

¹ ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб.

учетом технологии производства — не менее двух раз в квартал в начале технологического цикла и перед сдачей птицы на убой. Пробы воды отбирали в установленных разных контрольных точках, определяли изменение микробного состава в зависимости от сезона года. В сравнительном аспекте до и после обеззараживания качество воды в системе поения птицы оценивали по микробиологическим показателям. Определяли общую микробную обсемененность воды (КМАФАнМ), наличие колиформных бактерий и *Pseudomonas aeruginosa* согласно ГОСТ 34786-2021².

В работе руководствовались нормативным документом СанПиН 1.2.3685-21³.

Число исследованных проб питьевой воды из различных объектов представлено в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что общее количество проб воды, взятых из трех контрольных точек (скважина, накопительная емкость, водопроводная сеть перед входом в птичник) и исследованных в разные сезоны года, составило 48. Полученные результаты суммировали и находили среднее арифметическое по каждому показателю.

Систему поения птицы качественно очищали и дезинфицировали каждые 40 дней по окончании цикла выращивания и ввода новой партии птицы. Для дезинфекции питьевой воды использовали двухкомпонентный продукт «Ди-О-Клин» (производитель ООО «Скиперс-Раша», Россия). Данный препарат удобен в приготовлении и применении, сохраняет дезинфицирующие свойства длительное время (до 45 суток), губителен для широкого спектра патогенных микроорганизмов.

В таблице 2 представлен порядок применения препарата «Ди-О-Клин» и микробиологического контроля питьевой воды.

Согласно данным таблицы 2, в анализируемый период исследовали 16 проб воды до применения препарата «Ди-О-Клин» и такое же количество проб после обеззараживания воды испытуемым дезинфицирующим средством. Вместе с микробиологическими показателями качества питьевой воды в эти же сроки анализировали визуальное состояние системы поения путем эндоскопии с помощью видеэндоскопа Bosch GIC 120 C Professional (Германия). Водопроводную систему проверяли 32 раза.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Известно, что диоксид хлора — газ желтого цвета со специфическим запахом. Переходит в жидкое состояние при температуре ниже 10 °С. В жидком состоянии становится красно-коричневым. Растворим в воде и органических растворителях. Растворы весьма устойчивы в темноте, постепенно разлагаются при попадании света. Диоксид хлора является сильным окислителем.

В таблице 3 отражен окислительно-восстановительный потенциал отдельных газов.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что окислительные возможности диоксида хлора в водном растворе равны 940 милливольтам. Следовательно, диоксид хлора не так активно разрушает микроорганизмы, как озон, кислород или перекись водорода, но всё же обладает достаточной силой для дезинфекции и уничтожения патогенов. ClO₂ не вступает в реакции замещения и не образует канцерогенные хлорные продукты, в отличие от гипохлорита или хлора. Учитывая

Таблица 1. Количество исследованных образцов воды в разные сезоны года, проб

Table 1. Number of examined water samples in different seasons of the year, samples

Контрольная точка	Декабрь – февраль	Март – май	Июнь – август	Сентябрь – ноябрь	Всего
Скважина (образец № 1)	4	4	4	4	16
Накопительная емкость (образец № 2)	4	4	4	4	16
Водопроводная сеть перед входом в птичник (образец № 3)	4	4	4	4	16
Итого	12	12	12	12	48

Таблица 2. Схема микробиологического исследования эффективности препарата «Ди-О-Клин» при обеззараживании питьевой воды

Table 2. Scheme of a microbiological study of the effectiveness of the drug “Di-O-Clean” in the disinfection of drinking water

Образец исследования	Всего исследовано, проб
Вода из системы поения птицы в корпусе до обеззараживания препаратом «Ди-О-Клин» (контроль)	
на начало цикла выращивания	8
по окончании цикла выращивания	8
Вода из системы поения птицы в корпусе после обеззараживания препаратом «Ди-О-Клин» (опыт)	
на начало цикла выращивания	8
по окончании цикла выращивания	8

Таблица 3. Окислительный потенциал разных газов, милливольт

Table 3. Oxidation potential of different gases, millivolts

Озон	Перекись водорода	Кислород	Диоксид хлора
2070	1800	1300	940

Таблица 4. Результаты микробиологических исследований воды, n = 4

Table 4. Results of microbiological studies of water, n = 4

Сезон 2022 года	СанПиН 1.2.3685-21		Образец		
	нецентрализованное водоснабжение	централизованное водоснабжение	№ 1	№ 2	№ 3
Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см ³					
Зима	не более 100	не более 50	29,5	50,5	54,3
Весна			66,8	81,0	89,8
Лето			13,8	60,2	65,1
Осень			19,2	37,4	40,1
Обобщенные колиформные бактерии, КОЕ/100 см ³					
Зима	отсутствие	отсутствие	0	0,9	3,1
Весна			17,8	22,1	21,2
Лето			6,7	5,5	5,1
Осень			9,8	17,8	22,1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , КОЕ/д ^{м3}					
Зима	не нормируется	отсутствие	3,8	5,9	7,1
Весна			26,7	36,2	41,2
Лето			3,2	11,0	18,3
Осень			6,1	7,2	7,0

саморазрушение препарата после выполнения своей функции, такая дезинфекция при правильном применении ClO₂ абсолютно безопасна для птицы, людей и окружающей среды [17].

В таблице 4 представлена микробиологическая оценка воды в разные сезоны 2022 года.

Из данных таблицы 4 видно, что полученные результаты исследований всех образцов воды по общей микробной обсемененности соответствуют требованиям нормативной документации для нецентрализованного

² ГОСТ 34786-2021 Вода питьевая. Методы определения общего числа микроорганизмов, колиформных бактерий, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и энтерококков (с поправкой).

³ СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

водоснабжения. Вместе с тем в воде из скважины и накопительной емкости присутствуют колиформные бактерии, а также бактерии рода *Pseudomonas*, что недопустимо. Несмотря на то что источником является артезианская скважина, качество санитарного состояния воды меняется в зависимости от сезона. Отмечали увеличение числа микроорганизмов при прохождении воды от скважины до накопительной емкости.

Рассмотрено количественное изменение микрофлоры по сезонам года. На рисунке 1 отражена динамика общего микробного числа образцов воды исследованных объектов.

Из данных рисунка 1 видно, что наибольшее количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов установили во всех пробах в весенний период. Следует отметить рост микробного числа по мере продвижения воды от скважины до входа в птичник, соответственно, от 66,8 КОЕ/см³ до 89,8 КОЕ/см³. Меньшую

Рис. 1. Динамика общего микробного числа в пробах воды
Fig. 1. Dynamics of the total microbial number in water samples

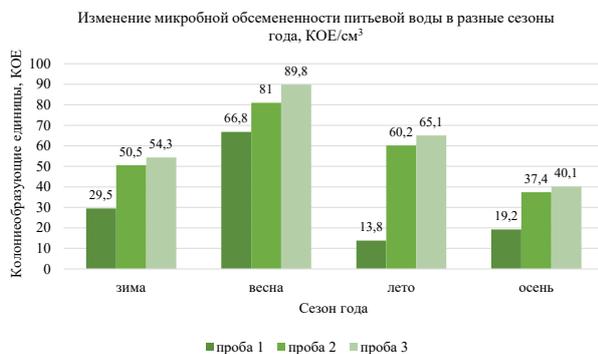


Рис. 2. Динамика колиформных бактерий в пробах воды
Fig. 2. Dynamics of coliform bacteria in water samples

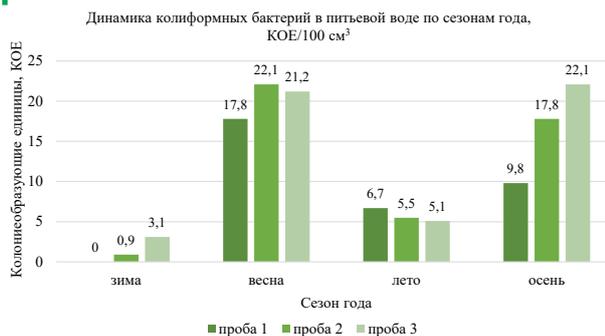


Рис. 3. Динамика содержания *Pseudomonas aeruginosa* в пробах воды
Fig. 3. Dynamics of *Pseudomonas aeruginosa* in water samples



Таблица 5. Результаты микробиологических исследований воды системы поения корпуса содержания цыплят-бройлеров, n = 8

Table 5. Results of microbiological studies of water in the drinking system of the broiler housing building, n = 8

Показатель	СанПиН 1.2.3685-21		На начало цикла выращивания	По окончании цикла выращивания
	нецентрализованное водоснабжение	централизованное водоснабжение		
<i>Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см³</i>				
Контроль	не более 100	не более 50	>240	>240
Опыт			0	4,3
<i>Обобщенные колиформные бактерии, КОЕ/100 см³</i>				
Контроль	Отсутствие	Отсутствие	31,2	>240
Опыт			не обнаружены	не обнаружены
<i>Pseudomonas aeruginosa, КОЕ/дм³</i>				
Контроль	не нормируется	отсутствие	19	>200
Опыт			не обнаружены	не обнаружены

обсемененность воды в скважине регистрировали летом (13,8 КОЕ/см³), в других объектах — осенью.

Число колиформных бактерий в образцах воды в разные сезоны года отражено на рисунке 2.

Проведенные исследования свидетельствуют о наличии бактерий группы кишечных палочек во всех пробах, исключение составила проба воды из скважины, взятая для исследования в зимний период. Максимальное количество энтеробактерий обнаружили весной и осенью в образцах воды из накопительной емкости и точки входа в птичник — 22,1 КОЕ/см³.

Результаты проведенных исследований, отраженные на рисунке 3, подтверждают неудовлетворительное санитарное состояние предприятия. Циркулирующая во внешней среде синегнойная палочка обнаружена во всех исследованных пробах питьевой воды. Наибольшее число *Pseudomonas aeruginosa* установлено в весенний период, при этом если в воде из скважины число особей составило 26,7 КОЕ/дм³, то в накопительной емкости их было уже 36,2, а при входе в птичник — 41,2 КОЕ/дм³.

Учитывая полученные данные, эффективность обеззараживания воды дезинфицирующим средством «Ди-О-Клин» определяли в анализируемый период после заполнения цеха птицей в начале и конце циклов выращивания цыплят-бройлеров. Полученные результаты применения средства «Ди-О-Клин» для обработки питьевой воды представлены в таблице 5.

Из данных таблицы 5 видно, что пробы воды, взятые до обеззараживания, по всем регламентируемым санитарными нормами показателям не соответствовали предъявляемым требованиям. Общая микробная обсемененность воды превышала допустимое значение более чем в два раза. В пробах воды обнаружены колиформные бактерии и синегнойная палочка. В системе поения птичника количество патогенных микроорганизмов увеличилось в разы к концу технологического цикла. Предположительно, данная ситуация обусловлена благоприятной средой (температура в корпусе, слабый поток воды в системе поения). Кроме того, патогенные микроорганизмы могут попадать в систему поения от птицы через ниппель. Полученные данные согласуются с сообщениями других исследователей [18].

При санитарной водоподготовке с применением диоксида хлора достигнуты следующие показатели: в воде отсутствовали бактерии группы кишечной палочки, бактерии рода *Pseudomonas*, показатель общего микробного числа на завершающей стадии выращивания птицы равен 4,3 КОЕ/см³ при нормативе не более 100 КОЕ/см³.

Результаты эндоскопии системы поения птицы до обработки диоксидом хлора отражены на рисунках 4, 5.

На рисунках 4, 5 видны сложные загрязнения трубы и редуктора системы поения, которые накопились за тур выращивания цыплят-бройлеров. Предположительно, загрязнения представляют собой сложный состав биопленок, осадок из минеральных и органических веществ. Возможно, наряду с активным ростом патогенной микрофлорой ситуацию осложняет химический состав воды.

Всего за тур содержания бройлера в зимний период на один корпус потребовалось 38 л препарата. За 48 часов до вакцинации подачу диоксида хлора прекращали, а через 24 часа после вакцинации возобновляли.

После применения дезинфицирующего средства «Ди-О-Клин» изменилось и состояние самой системы поения, что подтверждает эндоскопическое исследование (рис. 6).

На рисунке 6 показано, как выглядит система поения на 39-й день содержания птицы при использовании диоксида хлора. Абсолютно чистая система поения свидетельствует о том, что диоксид хлора предотвращает образование биопленок и железистых отложений в системе подачи воды, очищает от осадка ветеринарных препаратов и красителей.

Т.Г. Веселовская считает использование диоксида хлора безопаснее и эффективнее хлора и гипохлоритов для обеззараживания питьевой воды [19].

Ветеринарные специалисты предприятия после применения дезинфицирующего средства «Ди-О-Клин» отметили улучшение следующих показателей:

сохранность цыплят-бройлеров на протяжении всего тура, особенно в первые 5–7 дней жизни (старт), снижение патологий пищеварительной системы, повышение качества вакцинации методом групповой выпойки;

диоксид хлора не влияет на показатель pH, совместим со всеми ветеринарными препаратами, за исключением вакцин и пробиотиков, в связи с этим нет необходимости менять принятую программу ветеринарных мероприятий;

диоксид хлора в рабочих концентрациях не влияет на запах, цвет и потребление воды птицей.

На каждом предприятии существуют свои особенности, связанные с видом источника воды, схемой водоснабжения, состоянием оборудования, химическим и микробиологическим составом воды, качеством санитарных мероприятий в период подготовки корпуса. При выборе нужной концентрации необходимо учитывать изначальное содержание ClO_2 в концентрированном растворе препарата и, как выяснилось, сезонный фактор.

Рис. 6. Эндоскопия редуктора системы поения в конце цикла выращивания цыплят-бройлеров (опыт)

Fig. 6. Endoscopy of the watering system gearbox at the end of the broiler growing cycle (experience)



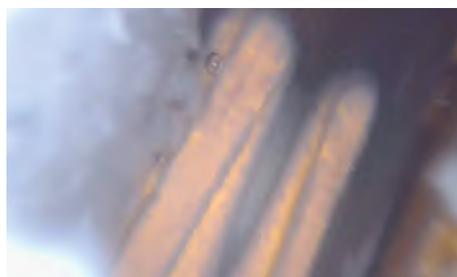
Рис. 4. Эндоскопия трубы системы поения в конце цикла выращивания цыплят-бройлеров (контроль)

Fig. 4. Endoscopy of the drinking system pipe at the end of the broiler growing cycle (control)



Рис. 5. Эндоскопия редуктора системы поения в конце цикла выращивания цыплят-бройлеров (контроль)

Fig. 5. Endoscopy of the watering system gearbox at the end of the broiler growing cycle (control)



При подборе нужной концентрации ClO_2 неправильно относиться к этому процессу так же, как при подборе, например, концентрации для кислотного или щелочного средства. Связано это с тем, что при прохождении по трубопроводу молекула диоксида хлора вступает в реакцию с белками патогенов, молекулами металлов и другими молекулами химических веществ, находящихся в воде. При этом диоксид хлора разрушается («срабатывается»). Если условия неидеальны, содержание ClO_2 в начале и конце системы поения будет разным. Поэтому необходимо подобрать такую концентрацию, при которой ClO_2 (с учетом местных особенностей) будет доходить до конца системы поения и при этом обеспечивать хороший биоцидный эффект.

Выводы/Conclusion

Полученные результаты исследований свидетельствуют о высокой бактерицидности, очищающих свойствах диоксида хлора при обеззараживании воды и системы водоснабжения в условиях птицеводческого предприятия. Установлено значительное снижение микробной обсемененности воды в системе поения после ее обеззараживания дезинфицирующим средством «Ди-О-Клин» на начало цикла выращивания птицы более чем в 240 раз, по окончании технологического цикла — в 55,8 раза. При этом общие колиформные бактерии и *Pseudomonas aeruginosa* не были обнаружены во всех исследованных пробах после водоподготовки диоксидом хлора.

Результаты данного исследования показали способность диоксида хлора разлагать органические и неорганические отложения в водопроводной системе и полностью очищать от них. Испытанная технология дезинфекции диоксидом хлора способствует исключению алиментарного пути заражения птицы различными патогенами через питьевую воду, получению здорового поголовья и сохранению биологической безопасности предприятия 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

1. Самиуддин Р., Анайетуллу Д., Сайед М.В., Кьямудин Ш. Сравнительное исследование эффективности различных дезинфицирующих средств на птицефабриках. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023; 6–3: 61–67 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-6-3-61-67>
2. Перепелкин Н.В. Эффективность препарата «Ди-О-Клин» при выращивании цыплят-бройлеров. *Птицеводство*. 2012; 10: 43–45. <https://elibrary.ru/pitayd>
3. Иванова Л.В. и др. Обоснование значимости показателя *Pseudomonas aeruginosa* при оценке качества питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(4): 29–32. <https://elibrary.ru/rejsvf>
4. Плахотская Ж.В., Андреев В.П., Ишчук Ю.В., Мартынова Е.С., Дарына Н.И. Распространенные протозоозы и проблема очистки питьевой воды. *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2020; 39(S3–3): 158–161. <https://elibrary.ru/wycors>
5. Вендин С.В., Заболотный В.Н., Ульянцев Ю.Н. Установка для обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2022; 12: 70–74. <https://doi.org/10.17513/mjpf.13486>
6. Заболотный В.Н., Вендин С.В. Функциональная схема устройства для очистки и УФ-обеззараживания воды на аграрных предприятиях. *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения*. 2023; 1: 32–36. <https://elibrary.ru/begzrp>
7. Лопатин С.А., Кириленко В.И., Муртузалиев М.А. Обеззараживание воды ультрафиолетовым облучением. *Актуальные проблемы военно-научных исследований*. 2021; S4: 110–123. <https://elibrary.ru/dpqhpl>
8. Жолдакова З.И., Лебедь-Шарлевич Я.И., Беляева Н.И., Мамонов Р.А. Влияние УФ-излучения на трансформацию моно- и дихлорамин в воде плавательных бассейнов в натурных испытаниях и эксперименте. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(3): 230–234. <https://elibrary.ru/dgjorh>
9. Курбатов А.Ю., Ветрова М.А., Ситников И.А., Ситников А.В. Кавитационное обеззараживание воды. *Успехи в химии и химической технологии*. 2021; 35(12): 91–93. <https://elibrary.ru/duyyho>
10. Долгих П.П. Технология энергоэффективного обеззараживания. *Эпоха науки*. 2015; 2: 5. <https://elibrary.ru/ummukf>
11. Зубрилов С.П., Раstryгин Н.В. Плазменные технологии обеззараживания воды. *Вода: химия и экология*. 2023; 12: 35–41. <https://elibrary.ru/xrueky>
12. Фатьянов С.О., Юдаев Ю.А., Морозов А.С. Обеззараживание воды электромагнитной энергией в фермерском животноводстве. *Инновационные решения для АПК. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки*. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2023; 182–187. <https://elibrary.ru/wnleqp>
13. Цыпкина Е.А., Пан Л.С. Получение биосорбентов для обеззараживания воды на основе морских водорослей и йода. *Химия. Экология. Урбанистика*. 2021; 2: 197–200. <https://elibrary.ru/pxuqfg>
14. Мозжухин Я.А., Овсянников А.Г. Перспективы использования сырья лапчатки прямостоячей, цетрарии исландской и гвоздики в обеззараживании воды в ИРП армии России. *Тенденции развития науки и образования*. 2022; 82(4): 28–32. <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-142>
15. Сиволобова Н.О., Коротицкая В.Е., Ндилбе Д., Грачева Н.В., Желтобрюхов В.Ф. Обеззараживание воды комплексной электрохимической обработкой с использованием пероксида водорода. *Инженерный вестник Дона*. 2023; 7: 293–302. <https://elibrary.ru/scgeaz>
16. Примин О.Г. Анализ мирового и отечественного опыта применения гипохлорита натрия для обеззараживания воды. *Системные технологии*. 2023; 2: 131–138. <https://elibrary.ru/ckshsm>
17. Федорова Т.К. Диоксид хлора — надежное средство дезинфекции, обеспечивающее биобезопасность животноводческих предприятий. *Ветеринария*. 2018; 4: 22–24. <https://elibrary.ru/tivgmd>
18. Якубик О.Л., Литвинова З.А. Микробная обсемененность объектов промышленного птицеводства. *Ветеринария*. 2022; 2: 44–47. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.2.44-47>
19. Веселовская Т.Г. Комбинированный дезинфектант «диоксид хлора и хлор» — современная альтернатива хлору и гипохлоритам в системах водоподготовки. *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2014; 7: 40–48. <https://elibrary.ru/syfkah>

REFERENCES

1. Samiuddin R., Anayetullah D., Syed M.V., Kyamudin Sh. A comparative study of the effectiveness of various disinfectants in poultry farms. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023; 6–3: 61–67. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-6-3-61-67>
2. Perepelkin N.V. The effectiveness of the drug “Di-O-Klin” in the cultivation of broiler chickens. *Pitsevodstvo*. 2012; 10: 43–45 (in Russian). <https://elibrary.ru/pitayd>
3. Ivanova L.V. et al. Justification of the significance of the *Pseudomonas aeruginosa* index in assessing the quality of drinking water. *Hygiene and Sanitation*. 2013; 92(4): 29–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/rejsvf>
4. Plakhotskaya Zh.V., Andreev V.P., Ishchuk Yu.V., Martynova E.S., Daryina N.I. Extended protozoan and the problem of clearing of potable water. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2020; 39(S3–3): 158–161 (in Russian). <https://elibrary.ru/wycors>
5. Vendin S.V., Zabolotny V.N., Ulyantsev Yu.N. Installation for water disinfection with ultraviolet radiation. *International journal of applied and fundamental research*. 2022; 12: 70–74 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/mjpf.13486>
6. Zabolotny V.N., Vendin S.V. Functional diagram of a device for purification and UV disinfection of water at agricultural enterprises. *Designing, use and reliability agricultural machines destination*. 2023; 1: 32–36 (in Russian). <https://elibrary.ru/begzrp>
7. Lopatin S.A., Kirilenko V.I., Murtuzaliev M.A. Water disinfection by ultraviolet irradiation. *Aktualnye problemy voenno-nauchnykh issledovaniy*. 2021; S4: 110–123 (in Russian). <https://elibrary.ru/dpqhpl>
8. Zholdakova Z.I., Lebed-Sharlevich Ya.I., Belyaeva N.I., Mamonov R.A. Influence of UV radiation on the transformation of mono- and dichloramines in water of swimming pools in full-scale tests and in the experiment. *Hygiene and Sanitation*. 2020; 99(3): 230–234 (in Russian). <https://elibrary.ru/dgjorh>
9. Kurbatov A.Yu., Vetrova M.A., Sitnikov I.A., Sitnikov A.V. Cavitation water disinfection. *Uspekhi v khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2021; 35(12): 91–93 (in Russian). <https://elibrary.ru/duyyho>
10. Dolgikh P.P. Technology of energy-efficient water. *Epokha nauki*. 2015; 2: 5 (in Russian). <https://elibrary.ru/ummukf>
11. Zubrilov S.P., Rastrygin N.V. Plasma technologies for water disinfection. *Water: chemistry and ecology*. 2023; 12: 35–41 (in Russian). <https://elibrary.ru/xrueky>
12. Fatyayev S.O., Yudaev Yu.A., Morozov A.S. Disinfection of water with electromagnetic energy in livestock farming. *Innovative solutions for the agro-industrial complex. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical conference dedicated to the Day of Russian Science*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2023; 182–187 (in Russian). <https://elibrary.ru/wnleqp>
13. Tsyapkina E.A., Pan L.S. Obtaining biosorbents for disinfection waters based on sea algae and iodine. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2021; 2: 197–200 (in Russian). <https://elibrary.ru/pxuqfg>
14. Mozhukhin Ya.A., Ovsyannikov A.G. Prospects for the use of raw materials of *Potentilla erecta*, *Icelandic cetraria* and cloves in water disinfection in the individual food ration of the Russian Army. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022; 82(4): 28–32 (in Russian). <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-142>
15. Sivolobova N.O., Korotitskaya V.E., Ndilbe D., Gracheva N.V., Zheltobryukhov V.F. Disinfection of water by complex electrochemical treatment using hydrogen peroxide. *Engineering Journal of Don*. 2023; 7: 293–302 (in Russian). <https://elibrary.ru/scgeaz>
16. Primin O.G. Analysis of world and domestic experience in the use of sodium hypochlorite for water disinfection. *System technologies*. 2023; 2: 131–138 (in Russian). <https://elibrary.ru/ckshsm>
17. Fedorova T.K. Chlorine dioxide is a reliable disinfection drug providing biosafety of livestock enterprises. *Veterinary medicine*. 2018; 4: 22–24 (in Russian). <https://elibrary.ru/tivgmd>
18. Yakubik O.L., Litvinova Z.A. Microbial contamination of industrial poultry objects. *Veterinary medicine*. 2022; 2: 44–47 (in Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.2.44-47>
19. Veselovskaya T.G. Combined disinfectant “chlorine dioxide and chlorine” — a modern alternative to chlorine and hypochlorites in water treatment systems. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzheniye*. 2014; 7: 40–48 (in Russian). <https://elibrary.ru/syfkah>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Викторовна Епанчинцева¹
 доцент, кандидат биологических наук
 epanchintseva.o@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7550-3513>

Саид Ильясович Гениятов²
 ведущий специалист департамента биологической безопасности
 geniyatov@tdvic.ru

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет,
 ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, Россия

² ООО «ГК ВИК»
 дер. Островцы, квартал 30137, стр. 681, г. о. Раменский,
 Московская обл., Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Viktorovna Epanchintseva¹
 Associate Professor, Candidate of Biological Sciences
 epanchintseva.o@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7550-3513>

Said Ilyasovich Geniyatov²
 Leading Specialist of the Department of Biological Safety
 geniyatov@tdvic.ru

¹ South Ural State Agrarian University,
 13 Gagarin Str., Troitsk, Russia

² "VIC Group of Companies" LLC
 30137 block, 681 building, Ostrovtsy village, Ramenskoye City District,
 Moscow region, Russia



**Достойное вознаграждение
 за привлеченную рекламу
 от ИД «Аграрная наука»**

Вы

-  общительны и активны
-  владеете связями в сфере АПК
-  есть время и желание
-  хотите заработать

Мы гарантируем

-  интересную работу по привлечению рекламы в проекты ИД
-  свободный, удобный график
-  официальное оформление
-  щедрый % за принесенную вами рекламу

Звоните +7 (916) 616-05-31

УДК: 636.082.2/636.2.034

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73

Е.А. Романова ✉

О.В. Тулинова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ splicing86@gmail.com

Поступила в редакцию:
15.03.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73

Elena A. Romanova ✉

Olga V. Tulinova

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — branch of L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ splicing86@gmail.com

Received by the editorial office:
15.03.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Конструирование прогнозного индекса для получения новых высокоценных генотипов коров

РЕЗЮМЕ

Цель данного исследования — разработка прогнозного индекса *APIIndex* для животных отечественной айрширской популяции молочного скота с использованием генетико-математической модели. В обработку вошли фенотипические данные 65753 коров из 34 племенных хозяйств 8 регионов РФ. Согласно базовой модели индекса I_{AYR} , разработанного в предыдущих исследованиях, проведена оценка пробанда AI_{AYR} и родителей: SI_{AYR} — для быков-отцов, DI_{AYR} — для матерей коров с использованием собственных оценок племенной ценности EBV методом BLUP AM. С помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA установлены значимые влияния факторов индексной оценки отцов и матерей на зависимую переменную величины индекса пробанда, которые составили 20,9% и 17,7%. В результате вычисления силы влияния и коэффициентов регрессии разработан прогнозный индекс для пробанда, позволяющий оценить потомство еще до получения его фенотипических данных. Подтверждением качества разработанной модели прогнозного индекса послужили высокие достоверные коэффициенты корреляции с AI_{AYR} ($r = 0,807, p \leq 0,001$), SI_{AYR} ($r = 0,889, p \leq 0,001$) и DI_{AYR} ($r = 0,515, p \leq 0,001$). Таким образом, сконструированный индекс *APIIndex* может быть использован в качестве инструмента прогнозирования индексной оценки животных для получения новых высокоценных генотипов и элиминации нежелательных особей с помощью выявленных отрицательных оценок.

Ключевые слова: индексная оценка, сила влияния, айрширская порода, коэффициент корреляции, коэффициент регрессии, ANOVA, BLUP

Для цитирования: Романова Е.А., Тулинова О.В. Конструирование прогнозного индекса для получения новых высокоценных генотипов коров. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 69–73.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>

© Романова Е.А., Тулинова О.В.

Construction of a predictive index to create new high-value genotypes of cows

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a predictive index *APIIndex* for animals of the domestic Ayrshire dairy cattle population using a genetic and mathematical model.

The processing included phenotypic data of 65,753 cows from 34 breeding farms in 8 regions of the Russian Federation. According to the basic model of the I_{AYR} index, developed in our previous studies, the proband AI_{AYR} and parents were assessed: SI_{AYR} — for fathers of bulls, DI_{AYR} — for mothers of cows using our own estimates of the breeding value EBV using the BLUP AM method. Using one-way analysis of variance ANOVA, significant influences of the index assessment factors of fathers and mothers on the dependent variable of the proband index value were established, which amounted to 20.9% and 17.7%. As a result of calculating the strength of influence and regression coefficients, a predictive index for the proband was developed, which allows one to evaluate the offspring even before obtaining their phenotypic data. The quality of the developed predictive index model was confirmed by high reliable correlation coefficients with AI_{AYR} ($r = 0.807, p \leq 0.001$), SI_{AYR} ($r = 0.889, p \leq 0.001$) and DI_{AYR} ($r = 0.515, p \leq 0.001$). Thus, the constructed index *APIIndex* can be used as a tool for predicting the index assessment of animals and obtaining new highly valuable genotypes and eliminate unwanted individuals using identified negative scores.

Key words: index score, strength of influence, Ayrshire breed, correlation coefficient, regression coefficient, ANOVA, BLUP

For citation: Romanova E.A., Tulinova O.V. Construction of a predictive index to create new high-value genotypes of cows. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 69–73 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-69-73>

© Romanova E.A., Tulinova O.V.

Введение/Introduction

На современном этапе развития племенного животноводства и достижений сельскохозяйственной науки вопросы совершенствования процесса планирования и прогнозирования уровня племенной ценности новых генотипов в молочном скотоводстве приобретают первостепенное значение. Учеными селекционерами проводятся исследования по совершенствованию традиционных методов оценки по родословной, собственной продуктивности и качеству потомства (А.С. Ермишин (2022 г.), Е.Е. Мельникова (2017 г.), Н.С. Фураева (2017 г.), Н.Р. Рахматулина (2010 г.) и др.).

Геномное прогнозирование, способное обеспечить двукратный генетический прирост по основным хозяйственно полезным признакам у молочного крупного рогатого скота, а также индексная оценка генетической ценности широко признаны в развитых животноводческих странах [1–5]. Оценка племенной ценности с применением BLUP-процедуры основана на принципе максимизации взаимосвязи между оценками производителей по рассматриваемым признакам и объединяет аддитивную матрицу генетических отношений на основе родословной, что позволяет привлекать фенотипическую информацию обо всех родственниках для прогнозирования племенной ценности [6].

Оценка племенной ценности при помощи линейных моделей является мировым стандартом и представляет собой необходимый минимум для селекционной работы при выборе животных для дальнейшей селекции [1, 2, 7].

При совершенствовании племенных стад молочного и молочно-мясного скота для ускорения селекционного процесса наиболее оптимальным методом является отбор животных по селекционным индексам [8]. Основа индексной оценки животных — это модель, на основании которой генетическая ценность выражается отклонением величины развития признака оцениваемого животного от среднего его значения по популяции [9]. С помощью множественного регрессионного анализа можно вывести оптимальные весовые соотношения для разных признаков продуктивности и на основе селекционного индекса отбирать для дальнейшего использования только таких животных, у которых величина суммарного генотипа имеет максимальное значение [10].

Методы оценки племенной ценности коров с использованием селекционных индексов уместно применять для определения генетической дискретности линий, пород и уровня их консолидации по основным хозяйственно полезным признакам [11]. Это обеспечивает повышение точности оценки племенной ценности поголовья, что в сочетании с высокой интенсивностью отбора способствует ускорению темпов генетического прогресса в стадах и популяциях сельскохозяйственных животных [12].

При использовании данного метода селекция ведется путем одновременной оценки и улучшения всех признаков, характеризующих племенное животное [13]. Индекс племенной ценности включает многие факторы, которыми могут быть хозяйственная или экономическая ценность признака, его наследуемость и корреляция с другими признаками как пробанда, так и его родственников.

Цель любой действующей программы разведения — повышение эффективности породы для ее дальнейшего совершенствования. При этом исследование экономических и животноводческих процессов включает в себя не только сбор и обработку информации, но и серьезный анализ с целью выявления тенденций, закономерностей и особенностей. Для этого используется широкий

арсенал статистических методов анализа, в том числе дисперсионный и регрессионный методы исследования, основанные на использовании показателей вариации индивидуальных значений изучаемого признака у отдельных составных элементов совокупности [14].

Наряду с вышесказанным рациональное использование ресурсов скота и совершенствование его продуктивных качеств зависят от организации племенной работы со стадом. Селекция осуществляется в процессе смены поколений животных. Чем быстрее происходит эта смена, тем интенсивнее идет селекционный процесс при условии, что каждое новое поколение животных превосходит исходное поголовье по генетическим данным [15, 16]. Цель данного исследования — разработка прогнозного индекса для животных отечественной айрширской популяции молочного скота с использованием генетико-математической модели.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследования послужили дочери ($n = 65\ 753$) 1247 быков-производителей айрширской породы из 34 племенных хозяйств 8 регионов РФ (Вологодская, Ленинградская и Кировская области, Республика Коми, Республика Карелия, Центральный ФО, Сибирский ФО, Южный ФО) на основе информационно-аналитической системы «Селэкс» («ООО «РЦ Плинор»», Россия) которых сформирован массив данных по молочной продуктивности и воспроизводительным качествам животных с датой первого отела с 2002 по 2020 г.

Формирование, проверка, обобщение первичных результатов фенотипических данных и элиминация дублированных одних и тех же производителей с разными индивидуальными номерами проведены в программах Microsoft Office Excel (США) и RStudio (Posit Software, PBC, США).

С использованием итеративной схемы ReML (Restricted Maximum Likelihood Estimation), где параметры ковариации максимизируют логарифмическое правдоподобие, оценивали ковариационные компоненты в модуле RENUMF90 без преобразования включенных в них эффектов. Используя матрицы генетического родства, рассчитаны оценки племенной ценности первотелок EBV (Estimation Breeding Value) с помощью программы семейства BLUPF90 (Misztal I. *et al.*, США).

Описательные статистические параметры (среднее арифметическое, ошибка, стандартное отклонение) вычислялись при помощи пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013 (США). Односторонняя стохастическая зависимость рассчитана с помощью модели парной регрессии, которая имела вид:

$$y_j = \alpha + \beta x_j + \varepsilon_j, \quad (1)$$

где: y_j — значение индекса AI_{AYR} ; α — постоянная величина (или свободный член уравнения, константа); β — коэффициент регрессии, определяющий наклон линии, вдоль которой рассеяны данные наблюдений y_j и x_j ; x_j — значение индексов SI_{AYR} и DI_{AYR} ; ε_j — случайный член (ошибки) или влияние на переменную y_j всех неучтенных в модели факторов.

Оценка влияния генетических и средовых факторов производилась при помощи математической модели смешанного типа, составленной в рамках методологии BLUP Animal Model. Расчеты осуществлялись в программах семейства BLUPF90.

Модель оценки признаков молочной продуктивности и показателей развития имела следующий вид:

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + b_1 AFC_k + b_2 DO_k + Animal_k + e_{ijk}, \quad (2)$$

где: Y_{ijk} — результирующий показатель (удой, процентное содержание жира и белка, количество молочного жира и белка, живая масса в 10 мес., при первом осеменении и после первого отела) k -й первотелки, дочери j -го быка, лактировавшей в i -й градации «стадо — год—сезон»; μ — популяционная константа; HYS_i — фиксированный фактор i -й градации «стадо — год—сезон»; b_1 — коэффициент линейной регрессии результирующего фактора на возраст первого отела; AFC_k — возраст 1-го отела k -й коровы (мес.); b_2 — коэффициент квадратичной регрессии результирующего фактора на сервис-период; DO_k — продолжительность сервис-периода k -й коровы (в днях); $Animal_k$ — рандомизированный эффект животного; e_{ijk} — остаточный эффект модели, связанный с влиянием факторов, неучтенных в уравнении оценки.

Оценка воспроизводительных качеств коров проводилась с использованием следующей модели BLUP AM:

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + bL_k + Animal_k + e_{ijk}, \quad (3)$$

где: Y_{ijk} — результирующий показатель (возраст первого отела, сервис-период, межотельный период, индекс плодовитости) k -й первотелки, дочери j -го быка, лактировавшей в i -й градации «стадо — год — сезон»; μ — популяционная константа; HYS_i — фиксированный фактор i -й градации «стадо — год — сезон»; b_1 — коэффициент линейной регрессии результирующего фактора на количество лактации; L_k — количество лактации k -й коровы; $Animal_k$ — рандомизированный эффект животного; e_{ijk} — остаточный эффект модели.

Точность прогноза или надежность оценки животного (reliability, REL) рассчитывали по формуле:

$$REL = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2}, \quad (4)$$

где: PEV (Prediction Error Variance) — прогнозируемая ошибка дисперсии или доля аддитивной генетической вариации, не учитываемая прогнозом; σ_a^2 — аддитивная генетическая вариация.

Полученные паратипические и генотипические данные применялись для вычисления индекса I_{AYR} , разработанного ранее [17] для популяции айрширского скота РФ:

$$I_{AYR} = 8,59 \times EBV_{MY} + 7,19 \times EBV_{FAT} + 21,28 \times EBV_{PROT} + 0,10 \times EBV_{W10} + 0,10 \times EBV_{FI}, \quad (5)$$

где: I_{AYR} — общепопуляционный полифакторный индекс для айрширского скота; EBV (Estimation Breeding Value) — индивидуальная оценка животного по признакам: MY (Milk yield) — удой за 305 дней, кг; FAT — выход жира, кг; PROT — выход белка, кг; W_{10} — живая масса в 10 мес., кг; FI — индекс плодовитости.

Согласно базовой модели индекса I_{AYR} , проведено на оценку пробанда AI_{AYR} и родителей (для отцов — SI_{AYR} ; матерей коров — DJ_{AYR}) с использованием собственных оценок EBV методом BLUP AM. Построение

статистических группировок при формировании селекционных групп с применением индекса SI_{AYR} проведено с помощью стандартных процедур нормального распределения.

Согласно вероятности нормального распределения и среднеквадратического отклонения индекса SI_{AYR} с округлением значения до целого числа принята разбивка на группы: $SI_{AYR} > 4000$ ($n = 14\,619$); $0 \leq SI_{AYR} \leq 4000$ ($n = 31\,318$) и $SI_{AYR} < 0$ ($n = 19\,816$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведено моделирование прогноза индексной оценки пробанда при заданных значениях. Методом однофакторного дисперсионного анализа (Analysis of Variance, ANOVA) установлено влияние факторов индексной оценки отцов и матерей на зависимую переменную величины индекса пробанда, которые составили 20,9% и 17,7% (табл. 1), при p -value = $1,35407E^{-05}$ и p -value = $1,75981E^{-05}$, что дает основание отвергать нулевую гипотезу (H_0) и подтверждает статистическую значимость между средними значениями групп.

Еще одним подтверждением достоверности рассчитанного влияния является статистика F-теста. В обоих случаях у факторов SI_{AYR} и DJ_{AYR} $F > F_{crit}$, полученные величины попадают в зону значимости, соответственно, в терминах статистических гипотез можно утверждать, что гипотеза H_0 не принимается.

Таблица 1. Сила влияния индексной оценки отцов SI_{AYR} и матерей DJ_{AYR} коров на прогноз индексной оценки пробанда

Table 1. The strength of influence of the father's SI_{AYR} and mother's DJ_{AYR} indices on the proband's index

ANOVA	SS	df	MS	F	P-value	F crit	η^2
SI_{AYR}	1,87E+08	255	2280319,83	3,57	1,35407E-05	1,71	20,9
DJ_{AYR}	2,63E+08	255	3161860,04	3,52	1,75981E-05	1,71	17,7

С помощью метода наименьших квадратов регрессионного анализа переменных предикторов SI_{AYR} и DJ_{AYR} на переменную отклика AI_{AYR} установлена величина среднего увеличения переменной AI_{AYR} на каждую единицу увеличения данных переменных-предикторов при условии, что все остальные переменные остаются постоянными.

В парной регрессии анализировалась зависимость между зависимой переменной AI_{AYR} (случайная величина) и объясняющими переменными SI_{AYR} и DJ_{AYR} (неслучайные детерминированные величины).

Результат вычисления уравнения для каждого из параметров регрессии представлен в виде графиков предсказанных значений (рис. 1). По оси X отображаются прогнозируемые значения модели, а по оси Y — фактические значения из набора данных. Диагональная линия в середине графика — предполагаемая линия регрессии.

Поскольку каждая из точек данных находится вдоль оценочной линии регрессии, экстраполируя всю совокупность, модель регрессии является рабочей. При тестировании нулевой гипотезы при уровне значимости 5% гипотеза H_0 отклоняется, так как 95%-ный доверительный интервал для константы DJ_{AYR} , равной 620,74–601,72, 639,77 и SI_{AYR} 278,34 (256,50, 300,18), лежит внутри доверительного интервала, из чего следует вывод, что константы значимы.

Рис. 1. Графики зависимости предсказанных значений AI_{AYR} от SI_{AYR} (а) и DI_{AYR} (б)

Fig. 1. Graphs of predicted AI_{AYR} values versus SI_{AYR} (a) and DI_{AYR} (b)

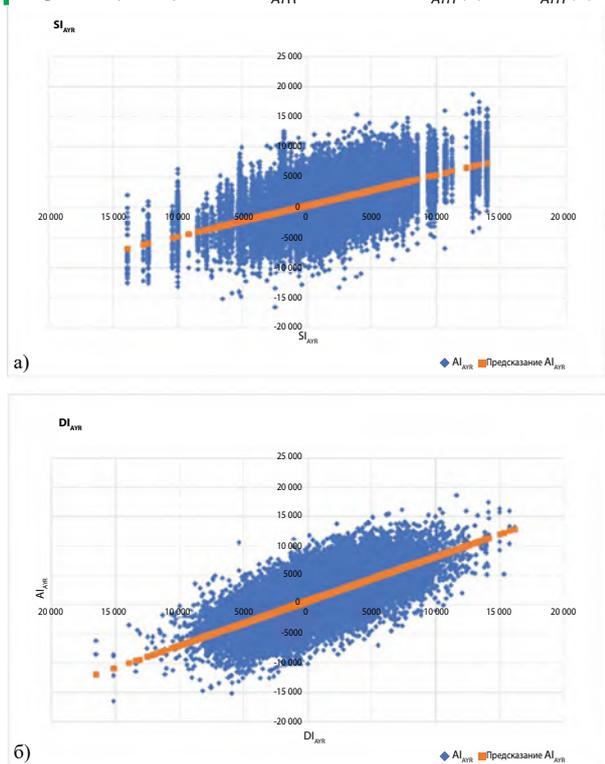


Таблица 2. Коэффициенты корреляции с прогнозным индексом (APIndex)

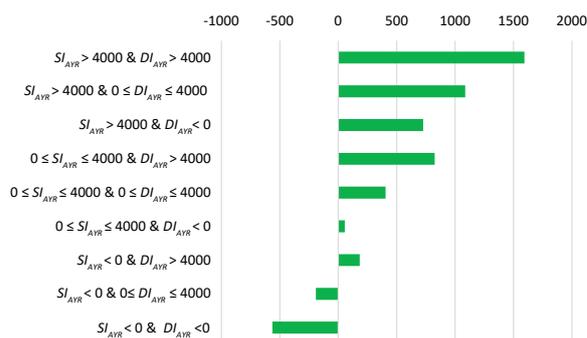
Table 2. Correlation coefficients with the Animal Predict Index (APIndex)

Группа	APIndex	r APIndex		
		AI _{AYR}	SI _{AYR}	DI _{AYR}
I _{AYR}	268,8 ± 2,4	0,807***	0,889***	0,515***
SI _{AYR} > 4000	1014,7 ± 3,9	0,784***	0,767***	0,693***
0 ≤ SI _{AYR} ≤ 4000	295,6 ± 1,8	0,763***	0,511***	0,872***
SI _{AYR} < 0	-323,7 ± 2,9	0,735***	0,742***	0,684***

Примечание: **** p ≤ 0,001.

Рис. 2. Динамика оценок APIndex в разных группах подбора

Fig. 2. Dynamics of APIndex ratings in different selection groups



Оцененные коэффициенты регрессии, включая константу, статистически значимы на 5%-ном уровне и имеют ожидаемые, логически оправданные знаки, а также р-значения всех коэффициентов меньше заданного уровня значимости. Графики остатков и нормального распределения подтверждают значимость уравнения регрессии, из чего следует вывод о правильности подобранной модели.

На основании вычисленных коэффициентов детерминации факторов SI_{AYR} и DI_{AYR} на индекс AI_{AYR} , а также их коэффициентов регрессии разработан прогнозный индекс для пробанда, позволяющий оценить потомство еще до получения его фенотипических данных:

$$APIndex = R_{sire} \times SI_{AYR} \times \eta_{sire}^2 + R_{dam} \times DI_{AYR} \times \eta_{dam}^2$$

где: APIndex (Animal Predict Index) — прогнозный индекс пробанда; R_{sire} — коэффициент регрессии индекса SI_{AYR} на AI_{AYR} ; SI_{AYR} — индекс I_{AYR} быка-отца; η_{sire}^2 — сила влияния SI_{AYR} на AI_{AYR} ; R_{dam} — коэффициент регрессии индекса DI_{AYR} на AI_{AYR} ; DI_{AYR} — индекс I_{AYR} матери; η_{dam}^2 — сила влияния DI_{AYR} на AI_{AYR} .

Высокие достоверные коэффициенты корреляции прогнозного индекса APIndex с общепопуляционным индексом пробанда AI_{AYR} ($r = 0,807, p \leq 0,001$), а также индексами SI_{AYR} ($r = 0,889, p \leq 0,001$) и DI_{AYR} ($r = 0,515, p \leq 0,001$) подтверждают качество разработанной модели (табл. 2). При выявлении связей с разбивкой на группы SI_{AYR} индекс APIndex высоко коррелировал с индексом пробанда AI_{AYR} от 0,735 до 0,784 при $p \leq 0,001$. В группе $0 \leq SI_{AYR} \leq 4000$ отмечена довольно высокая положительная корреляция с DI_{AYR} $r = 0,872$ ($p \leq 0,001$), при этом связь с SI_{AYR} составила 0,511 ($p \leq 0,001$).

Установлено пропорциональное изменение оценки APIndex с учетом групп отбора SI_{AYR} и DI_{AYR} (рис. 2).

Лучшие оценки +1593 по индексу APIndex отмечены при сочетании групп $SI_{AYR} > 4000$ и $DI_{AYR} > 4000$, и при снижении оценок родителей уменьшалась прогнозная оценка пробанда до -563 в комплексе групп $SI_{AYR} < 0$ и $DI_{AYR} < 0$.

Отмечено, что в сочетании групп $SI_{AYR} > 4000$ и $DI_{AYR} > 4000$, $SI_{AYR} > 4000$ и $0 \leq DI_{AYR} \leq 4000$, $0 \leq SI_{AYR} \leq 4000$ и $DI_{AYR} > 4000$, $0 \leq SI_{AYR} \leq 4000$ и $0 \leq DI_{AYR} \leq 4000$ индекс пробанда APIndex имел 100% положительные оценки ($APIndex > 0$). Генезис отрицательных оценок APIndex < 0 возникал в группе $SI_{AYR} > 4000$ и $DI_{AYR} < 0$, процент которых составил 0,5, и далее постепенно увеличивался в группах $SI_{AYR} < 0$ при сочетании с $DI_{AYR} > 4000$ от 24%, с $0 \leq DI_{AYR} \leq 4000$ — 72% и достигал 100% отрицательных значений APIndex при сочетании с группой $DI_{AYR} < 0$ или 14% от общей выборки исследуемых особей. При этом процент отрицательных оценок прогнозного индекса APIndex в целом по исследуемой выборке составил 32, что позволяет избежать в процессе отбора использование нежелательных особей для дальнейшего разведения.

Выводы/Conclusions

В результате проведенных исследований установлено, что сконструированный индекс APIndex может быть использован в качестве инструмента прогнозирования индексной оценки пробанда в алгоритме подбора родительских пар, а элиминация нежелательных особей детерминирована с помощью отрицательных оценок прогнозного индекса, доля которых в целом по исследуемой выборке составила 32%.

Особое внимание следует обратить на сочетание родительских пар из групп $SI_{AYR} < 0$ и $DI_{AYR} < 0$, процент которых от общей выборки исследуемых животных составил 14 из-за абсолютно негативных оценок по прогнозному индексу, исключив их из программы подбора.

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

Исследования проведены в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 124020200029-4. В исследованиях использованы материалы Селекционного центра по айрширской породе (Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Legarra A., González-Diéguez D., Vitezica Z.G. Computing strategies for multi-population genomic evaluation. *Genetics Selection Evolution*. 2022; 54: 10. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00705-x>
- Misztal I., Aguilar I., Lourenco D., Ma L., Steibel J.P., Toro M. Emerging issues in genomic selection. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(6): skab092. <https://doi.org/10.1093/jas/skab092>
- Mei Q., Liu H., Zhao S., Xiang T., Christensen O.F. Genomic evaluation for two-way crossbred performance in cattle. *Genetics Selection Evolution*. 2023; 55: 17. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00792-4>
- Селионова М.И., Евстафьева Л.В., Коновалова Е.Н., Белая Е.В. Маркер-ассоциированная и геномная селекция мясного скота. *Тимирязевский биологический журнал*. 2023; 2: 37–48. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-37-48>
- Стопловский Ю.А., Свищева Г.Р., Пискунов А.К. Геномная селекция. II. Перспективные направления. *Генетика*. 2020; 56(10): 1107–1114. <https://doi.org/10.31857/S0016675820100124>
- Калашников А.Е., Голубков А.И., Щегольков Н.Ф., Гостица Е.Р. Проблемы и вопросы при прогнозировании генетической племенной ценности сельскохозяйственных животных. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; 4: 77–96. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Дунин И.М., Суслина Е.Н., Григорян Л.Н., Тяпугин Е.Е., Дунин М.И., Аджибеков В.К. Отечественное животноводство на пороге третьего десятилетия XXI века. *Зоотехния*. 2021; 1: 7–10. <https://doi.org/10.25708/ZT.2020.43.55.002>
- Гавриленко В.П., Катмаков П.С., Бушов А.В. Индексная селекция симментальских коров-перволеток. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; 2: 119–124. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-119-124>
- Salem M.M.I., Nasr M.A.F., Amin A.M.S. Principal component analysis of breeding values for birth weight milk and reproductive traits of the Egyptian buffalo. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 53: 183. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02625-2>
- Косыаченко Н.М., Абрамова М.В., Ильина А.В. Комплексные модели в оценке генотипа ремонтного молодняка. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2017; 4: 30–34. <https://www.elibrary.ru/yjmjya>
- Amaya A., Martínez R., Cerón-Muñoz M. Selection indexes using principal component analysis for reproductive, beef and milk traits in Simmental cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 53: 378. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02815-y>
- Shook G.E. Major Advances in Determining Appropriate Selection Goals. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1349–1361. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72202-0](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72202-0)
- Wellmann R., Gengler N., Bennewitz J., Tetens J. Defining valid breeding goals for animal breeds. *Genetics Selection Evolution*. 2023; 55: 80. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00855-6>
- Bijma P., Dekkers J.C.M. Predictions of the accuracy of genomic prediction: connecting R^2 , selection index theory, and Fisher information. *Genetics Selection Evolution*. 2022; 54: 13. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00700-2>
- Stockton M.C., Wilson R.K., Feuz D.M., Stalker L.A., Funston R.N. Using measurable physical characteristics to forecast beef heifer maturity: The identification of a maturity index. *Journal of Animal Science*. 2013; 91(9): 4462–4468. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5885>
- Троценко И.В., Иванова И.П. Анализ уровней повторяемости оценок продуктивной способности коров. *Молочнохозяйственный вестник*. 2021; 4: 103–114. https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_103
- Романова Е.А., Тулинова О.В. Построение региональных селекционных индексов для коров айрширской популяции РФ. *Генетика и разведение животных*. 2023; 2: 28–35. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2023-2-28-35>

ОБ АВТОРАХ

Елена Анатольевна Романова
младший научный сотрудник
splicing86@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4225-5533>

Ольга Васильевна Тулинова
кандидат сельскохозяйственных наук
tulinoava59@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-5704-4420>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

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 research was carried out as part of the scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on topic No. 124020200029-4. The research used materials from the Ayrshire Breeding Center (Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry).

REFERENCES

- Legarra A., González-Diéguez D., Vitezica Z.G. Computing strategies for multi-population genomic evaluation. *Genetics Selection Evolution*. 2022; 54: 10. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00705-x>
- Misztal I., Aguilar I., Lourenco D., Ma L., Steibel J.P., Toro M. Emerging issues in genomic selection. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(6): skab092. <https://doi.org/10.1093/jas/skab092>
- Mei Q., Liu H., Zhao S., Xiang T., Christensen O.F. Genomic evaluation for two-way crossbred performance in cattle. *Genetics Selection Evolution*. 2023; 55: 17. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00792-4>
- Selionova M.I., Evstafieva L.V., Konovalova E.N., Belaya E.V. Marker-assisted and Genomic Selection of Beef Cattle. *Timiryazev Biological Journal*. 2023; 2: 37–48 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2023-2-37-48>
- Stolpovsky Yu.A., Svishcheva G.R., Piskunov A.K. Genomic Selection. II. Latest Trends and Future Trajectories. *Russian Journal of Genetics*. 2020; 56(10): 1155–1161. <https://doi.org/10.1134/S1022795420100129>
- Kalashnikov A.E., Golubkov A.I., Schegolkov N.F., Gosteva E.R. Problems and issues in forecasting the genetic breeding value of agricultural animals. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022; 4: 77–96 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Dunin I.M., Suslina E.N., Grigoryan L.N., Tyapugin E.E., Dunin M.I., Adzhibekov V.K. Domestic livestock raising on the threshold of the third decade of the XXI century. *Zootekhnika*. 2021; 1: 7–10 (in Russian). <https://doi.org/10.25708/ZT.2020.43.55.002>
- Gavrilenko V.P., Katmakov P.S., Bushov A.V. Index selection of Symmental first-calf heifers. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018; 2: 119–124 (in Russian). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-119-124>
- Salem M.M.I., Nasr M.A.F., Amin A.M.S. Principal component analysis of breeding values for birth weight milk and reproductive traits of the Egyptian buffalo. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 53: 183. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02625-2>
- Kosyachenko N.M., Abramova M.V., Ilyina A.V. Complex models in evaluating the genotype of replacement young stock. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2017; 4: 30–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yjmjya>
- Amaya A., Martínez R., Cerón-Muñoz M. Selection indexes using principal component analysis for reproductive, beef and milk traits in Simmental cattle. *Tropical Animal Health and Production*. 2021; 53: 378. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02815-y>
- Shook G.E. Major Advances in Determining Appropriate Selection Goals. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1349–1361. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72202-0](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72202-0)
- Wellmann R., Gengler N., Bennewitz J., Tetens J. Defining valid breeding goals for animal breeds. *Genetics Selection Evolution*. 2023; 55: 80. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00855-6>
- Bijma P., Dekkers J.C.M. Predictions of the accuracy of genomic prediction: connecting R^2 , selection index theory, and Fisher information. *Genetics Selection Evolution*. 2022; 54: 13. <https://doi.org/10.1186/s12711-022-00700-2>
- Stockton M.C., Wilson R.K., Feuz D.M., Stalker L.A., Funston R.N. Using measurable physical characteristics to forecast beef heifer maturity: The identification of a maturity index. *Journal of Animal Science*. 2013; 91(9): 4462–4468. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5885>
- Trotsenko I.V., Ivanova I.P. Analysis of the repeatability levels in estimating the productive capacity of cows. *Molochnokhoyzaistvenny Vestnik*. 2021; 4: 103–114 (in Russian). https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_103
- Romanova E.A., Tulinova O.V. Construction of regional breeding indices for cows of the Ayrshire population of the Russian Federation. *Genetics and breeding of animals*. 2023; 2: 28–35 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2023-2-28-35>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Anatolyevna Romanova
Junior Research Assistant
splicing86@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4225-5533>

Olga Vasilyevna Tulinova
Candidate of Agricultural Sciences
tulinoava59@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-5704-4420>

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals — branch of L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moscow highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

Р.Р. Вафин
Х.Х. Гильманов ✉
П.Н. Шастин

Федеральный научный центр —
Всероссийский научно-исследовательский
институт экспериментальной ветеринарии
им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Москва, Россия

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Поступила в редакцию:
21.02.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-74-78

Ramil R. Vafin
Khamid Kh. Gilmanov ✉
Pavel N. Shastin

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

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Received by the editorial office:
21.02.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Тестирование разработанного способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по SNP-маркерам гена *iNOS*

РЕЗЮМЕ

Воспроизводство высокопродуктивного стада крупного рогатого скота с генетической устойчивостью к лейкозу — одна из важнейших задач племенного животноводства, достижимая комплексным подходом, включающим и генетико-селекционные исследования, в том числе направленные на изучение ассоциативной связи полиморфизма гена *iNOS Bos taurus* с племенной ценностью, а также с восприимчивостью и устойчивостью животных к данному заболеванию.

Цели исследования — картирование выявленных полиморфных сайтов рестрикции у 6 SNP-маркеров (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 и AH13-6) гена *iNOS Bos taurus* и программный расчет ПЦР-ПДРФ-профилей возможных генотипов с последующим тестированием разработанного способа генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным маркерам.

Теоретико-аналитическая часть проведенного биоинформационного исследования расширила знания о полиморфных сайтах рестрикции 6 упомянутых SNP-маркеров и соответствующих ПЦР-ПДРФ-профилей их возможных генотипов, в том числе комплексных генотипов полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6, сгенерированных при рестрикционном картировании анализируемой последовательности ДНК, ограниченной праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R*. Далее теоретическая возможность детектирования перечисленных маркеров анализом полиморфизма длин рестриционных фрагментов амплифицированной ДНК была подкреплена экспериментальными данными, полученными в результате тестирования разработанного способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным маркерам с 5 отобранными эндонуклеазами рестрикции и изошизомерами (*HinfI*, *AspS9I*, *HpyAV*, *Sse9I* и *Bst4CI*) преимущественно российского производства, что в конечном счете положительно сказалось на себестоимости проведенного исследования.

Ключевые слова: *iNOS*, *Bos taurus*, SNP-маркеры, ПЦР, ПДРФ, генотипирование

Для цитирования: Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н. Тестирование разработанного способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по SNP-маркерам гена *iNOS*. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 74–78.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-74-78>

© Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н.

Testing of the developed method for PCR-RFLP genotyping of cattle using SNP markers of the *iNOS* gene

ABSTRACT

Reproduction of a highly productive herd of cattle with genetic resistance to leukemia is one of the most important tasks of livestock breeding, achievable by an integrated approach, including genetic and selection research, including those aimed at studying the associative relationship between the *iNOS Bos taurus* gene polymorphism and breeding value, and also with the susceptibility and resistance of animals to this disease.

The objectives of the study were to map the identified polymorphic restriction sites in 6 SNP markers (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 and AH13-6) of the *iNOS Bos taurus* gene and program calculation of PCR-PDRF profiles of possible genotypes, followed by testing of the developed method of cattle genotyping cattle by the listed markers.

The theoretical and analytical part of the conducted bioinformatics study expanded knowledge about the polymorphic restriction sites of the 6 mentioned SNP markers and the corresponding PCR-RFLP profiles of their possible genotypes, including complex genotypes of the polymorphic markers AH13-1 and AH13-6 generated during restriction mapping the analyzed DNA sequence, limited by primers *iNOS-F* and *iNOS-R*. Further, the theoretical possibility of detecting the listed markers by analyzing the length polymorphism of restriction fragments of amplified DNA was supported by experimental data obtained as a result of testing the developed method for PCR-RFLP genotyping of cattle using the listed markers with 5 selected restriction endonucleases and isoschizomers (*HinfI*, *AspS9I*, *HpyAV*, *Sse9I* and *Bst4CI*) predominantly Russian-made, which ultimately had a positive impact on the cost of the research conducted.

Key words: *iNOS*, *Bos taurus*, SNP markers, PCR, RFLP, genotyping

For citation: Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N. Testing of the developed method for PCR-RFLP genotyping of cattle using SNP markers of the *iNOS* gene. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 74–78 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-74-78>

© Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N.

Введение/Introduction

iNOS (*inducible nitric oxide synthase*), в том числе известный как *NOS2* (*nitric oxide synthase 2*), — ген, локализованный в 19-й хромосоме у крупного рогатого скота, кодирующий цитоплазматический фермент, именуемый как индуцибельная синтаза оксида азота [1–3].

Данный фермент способен инициировать выработку большого количества короткоживущих молекул оксида азота и его реактивных форм, являющихся медиатором апоптоза и различных патофизиологических состояний, а также регулятором системы врожденного иммунитета [4–6].

Генетико-селекционные исследования, направленные на изучение ассоциативной связи полиморфизма гена *iNOS Bos taurus* с восприимчивостью и устойчивостью к лейкозу крупного рогатого скота, а также с племенной ценностью животных, весьма актуальны и продиктованы необходимостью воспроизводства высокопродуктивного стада с генетической резистентностью к данному заболеванию [7–9].

Полимеразная цепная реакция, совмещенная с полиморфизмом длин рестрикционных фрагментов (ПЦР-ПДРФ), — относительно простой и доступный комбинированный молекулярно-генетический метод определения генетического разнообразия (генетического полиморфизма), широко используемый в лабораторной практике [10–12].

На основе указанного комбинированного метода ранее были разработаны способы генотипирования крупного рогатого скота по аллельным вариантам полиморфного маркера AH13-1 гена *iNOS* [13, 14], а также недавно смоделирован способ ПЦР-ПДРФ-генотипирования по другим SNP-маркерам (AH13-2, AH13-3, AH13-4) [15], локализованным в анализируемом участке гена [16].

При этом в анализируемом локусе гена *iNOS Bos taurus* сосредоточены и другие SNP-маркеры (AH13-5 и AH13-6), подробно охарактеризованные уже в данной работе. Детекция указанных полиморфных маркеров может быть диагностически значимой в случае установления и их взаимосвязи с хозяйственно ценными признаками животных.

Развитие молекулярно-генетических подходов к генотипированию крупного рогатого скота по аллельным вариантам установленных полиморфных маркеров — важный этап проводимых научных исследований и разработок, опирающийся на систематизированные знания о полиморфизме гена *iNOS Bos taurus* и прокладывающий дорогу к более полному раскрытию его ассоциативной связи с резистентностью к лейкозу и племенной ценностью животных.

Цель исследования — картирование выявленных полиморфных сайтов рестрикции у 6 SNP-маркеров (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 и AH13-6) гена *iNOS Bos taurus* и программный расчет ПЦР-ПДРФ-профилей возможных генотипов с последующим тестированием разработанного способа генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным маркерам.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проведено в лаборатории лейкозологии Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук в 2024 году.

Теоретико-аналитическую часть биоинформационного исследования по картированию выявленных полиморфных сайтов рестрикции у 6 SNP-маркеров (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 и AH13-6) гена *iNOS Bos taurus* и расчету ПЦР-ПДРФ-профилей возможных генотипов выполнили с применением онлайн-программы NEBcutter V2.0 (<https://nc2.neb.com/NEBcutter2/>).

Для практической реализации экспериментальной части исследования использовали технологические процедуры выделения ДНК, постановки ПЦР и ПДРФ, а также гель-электрофорезной детекции с последующей интерпретацией полученных результатов в идентификационном ключе.

Экстракцию нуклеиновых кислот из 65 отобранных проб цельной консервированной крови голштинизированного скота черно-пестрой породы осуществляли комплектом реагентов для выделения ДНК из клинического материала «ДНК-сорб В» (ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия).

Постановку ПЦР с праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R* для амплификации локуса гена *iNOS Bos taurus* длиной 258 bp выполняли набором реагентов Epcyclo Plus PCR kit (ЗАО «Евроген», Россия) согласно ранее представленному ПЦР-протоколу [15].

Процедуру эндонуклеазного расщепления амплифицированных ПЦР-продуктов проводили подобранными для определенного полиморфного маркера рестриктазами. В частности, для детекции полиморфных позиций SNP-маркеров AH13-1 и AH13-6 10 мкл амплификата смешивали с равным объемом ПДРФ-смеси, содержащей 5 единиц эндонуклеазы рестрикции *HinfI* в SE-буфере O (ООО «СибЭнзайм», Россия), и инкубировали в термостате при 37 °C в течение 4 часов. Аналогичный объем амплификата и ПДРФ-смеси, а также схожее время инкубирования использовали и при детекции полиморфных позиций других SNP-маркеров: AH13-2 (5 ед. *AspS9I* в SE-буфере W (ООО «СибЭнзайм», Россия), 37 °C), AH13-3 (1 ед. *HpyAV* в SE-буфере *rCutSmart™* Buffer (New England Biolabs, USA), 37 °C), AH13-4 (1 ед. *Sse9I* в SE-буфере B (ООО «СибЭнзайм», Россия), 55 °C), AH13-5 (2 ед. *Bst4CI* в SE-буфере Y (ООО «СибЭнзайм», Россия), 65 °C).

Аликвоты инкубированных ПЦР-ПДРФ-проб вносили в лунки 2,5%-ного агарозного геля в объеме 10 мкл и подвергали вместе с маркерами длин ДНК (ООО «СибЭнзайм», Россия) горизонтальному электрофорезу в буфере TBE (pH 8,0) с последующей визуализацией электрофореграмм в УФ-транслюминаторе и фиксацией полученных результатов на цифровую камеру.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Биоинформационный анализ депонированных в GenBank NCBI нуклеотидных последовательностей локуса гена *iNOS Bos taurus*, ограниченных праймерами *iNOS-F* и *iNOS-R*, свидетельствует не только о ранее описанных 4 SNP-маркерах (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4) [15, 16], но и о еще 2 однонуклеотидных полиморфизмах, рассматриваемых в качестве SNP-маркеров AH13-5 и AH13-6.

Представленная на рисунке 1 смоделированная последовательность анализируемого локуса гена со смешанными нуклеотидами в полиморфных позициях 6 SNP-маркеров, выделенных красным цветом, сформирована в результате множественного выравнивания в BLAST (Базовый инструмент поиска локального выравнивания — Basic Local Alignment Search Tool, <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi/>) депонированных в GenBank

NCBI (Национальный центр биотехнологической информации — National Center for Biotechnology Information, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) соответствующих последовательностей (AF465168, LR962749, OX344708), первая из которых (AF465168) несет информацию о 4 ранее описанных SNP-маркерах, а другие 2 последовательности открывают возможность обосновать наличие еще 2 дополнительных SNP-маркеров — AH13-5 (LR962749) и AH13-6 (OX344708).

На рисунке 1 представлены и полиморфные сайты рестрикции перечисленных 6 SNP-маркеров гена *iNOS Bos taurus*, и соответствующие ПЦР-ПДРФ-профили возможных генотипов, сгенерированные при рестриционном картировании анализируемой последовательности ДНК, ограниченной праймерами iNOS-F и iNOS-R.

Однако в отношении SNP-маркеров AH13-1 и AH13-6, чьи полиморфные позиции могут затрагивать сайты рестрикции общей для них эндонуклеазы *HinfI*, рассчитанные ПЦР-ПДРФ-профили 3 генотипов AH13-1, представленные на рисунке 1, верны лишь при генотипе CC AH13-6, и, соответственно, сгенерированные ПЦР-ПДРФ-профили 3 генотипов AH13-6 корректны лишь при генотипе TT AH13-1.

Более подробная информация о рассчитанных ПЦР-ПДРФ-профилях комплексных генотипов полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6, взаимосвязанных с их гаплотипами, представлена в таблице 1.

Экспериментальная часть исследования, посвященная тестированию ранее смоделированного способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по 4 полиморфным маркерам (AH-13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4) гена *iNOS* [15], расширенного анализом еще

Рис. 1. Полиморфные сайты рестрикции 6 SNP-маркеров (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 и AH13-6) гена *iNOS Bos taurus* и соответствующие ПЦР-ПДРФ-профили возможных генотипов, сгенерированные при рестриционном картировании анализируемой последовательности ДНК, ограниченной праймерами iNOS-F и iNOS-R

Fig. 1. Polymorphic restriction sites of 6 SNP markers (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 and AH13-6) of the *Bos taurus iNOS* gene and the corresponding PCR-RFLP profiles of possible genotypes generated by restriction mapping analyzed DNA sequence limited by primers iNOS-F and iNOS-R

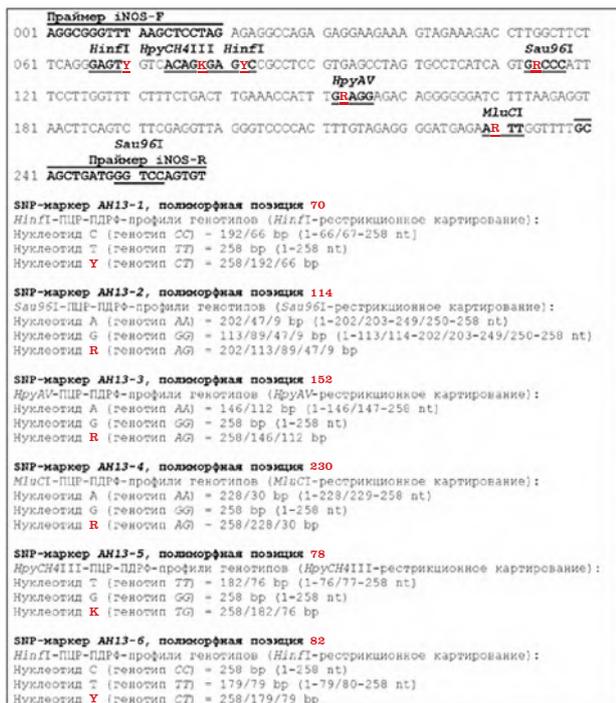


Таблица 1. Рассчитанные ПЦР-ПДРФ-профили комплексных генотипов полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6

Table 1. Calculated PCR-RFLP profiles of complex genotypes of polymorphic markers AH13-1 and AH13-6

AH13-1		AH13-6		AH13-1/AH13-6		ПЦР-ПДРФ-профиль (bp)
генотип	гаплотип	генотип	гаплотип	генотип	гаплотип	
CC	C	CC	C	CC/CC	C/C	192/66
CC	C	TT	T	CC/TT	C/T	179/66/13
TT	T	CC	C	TT/CC	T/C	258
TT	T	TT	T	TT/TT	T/T	179/79
CC	C	CT	C	CC/CT	C/C	192/179/66/13
			T	CC/CT	C/T	
TT	T	CT	C	TT/CT	T/C	258/179/79
			T	TT/CT	T/T	
CT	C	CC	C	CT/CC	C/C	258/192/66
			T	CT/CC	T/C	
CT	C	TT	T	CT/TT	C/T	179/79/66/13
			T	CT/TT	T/T	
CT	C	CT	C	CT/CT	C/C	192/179/79/66
					T/T	
					C/T	
					T/C	
CT	T	CT	T	CT/CT	C/T	258/179/66/13
					T/C	

по 2 SNP-маркерам (AH13-5 и AH13-6), реализована комплексом технологических процедур, завершаемых гель-электрофорезной детекцией, наглядные примеры которой в виде обработанных электрофореграмм представлены на соответствующих рисунках (рис. 2–4). В частности, на рисунке 2 наглядно отображена электрофореграмма *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профилей 5 комплексных генотипов полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6 гена *iNOS Bos taurus*, выявленных в ходе тестирования разработанного способа на исследуемой выборке животных.

При этом программно рассчитанные *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профили большинства выявленных комплексных генотипов (CT/CC, TT/CT, TT/CC и CC/CC) полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6 соответствовали визуально наблюдаемой картине электрофоретического разделения фрагментов ДНК. За исключением одного комплексного генотипа (CT/CT с гаплотипами C/T и T/C), чьи теоретические расчеты (258/179/66/13 bp) не совпадали с экспериментально полученными данными (258/192/179/79/66/13 bp).

Основная причина, повлиявшая на указанное несоответствие, кроется в неполном эндонуклеазном расщеплении ДНК с близко расположенными сайтами рестрикции *HinfI* из-за его медленной диссоциации с одного из разрезанных участков, до завершения которой перекрывается доступ к еще не разрезанному соседнему участку узнавания фермента.

Электрофореграмма *Sse9I*-ПЦР-ПДРФ-профилей 3 генотипов (AA, AG, GG) полиморфного маркера AH13-4

Рис. 2. Электрофореграмма *HinfI*-ПЦР-ПДРФ-профилей комплексных генотипов полиморфных маркеров AH13-1 и AH13-6 гена *iNOS Bos taurus*: Обозначение: M) маркеры длин ДНК; 1–9) комплексные генотипы: 1, 5) CT/CT (258/192/179/79/66/13 bp); 2, 3, 4, 6) CT/CC (258/192/66 bp); 5) TT/CT (258/179/79 bp); 8) TT/CC (258 bp); 9) CC/CC (192/66 bp)

Fig. 2. Electropherogram of *HinfI*-PCR-RFLP profiles of complex genotypes of polymorphic markers AH13-1 and AH13-6 of the *iNOS* gene *Bos taurus*: M) DNA length markers; 1–9) complex genotypes: 1, 5) CT/CT (258/192/179/79/66/13 bp); 2, 3, 4, 6) CT/CC (258/192/66 bp); 5) TT/CT (258/179/79 bp); 8) TT/CC (258 bp); 9) CC/CC (192/66 bp)

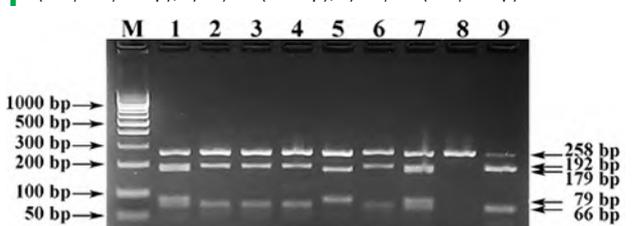
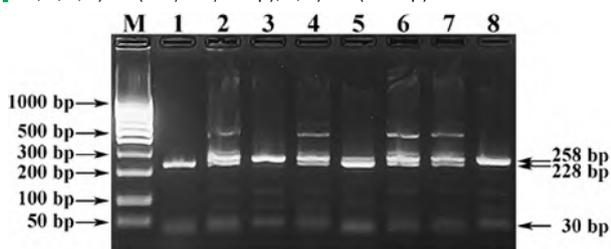


Рис. 3. Электрофореграмма Sse9I-ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфного маркера AH13-4 гена *iNOS Bos taurus*: M) маркеры длин ДНК; 1–8) генотипы: 1, 5) AA (228/30 bp); 2, 4, 6, 7) AG (258/228/30 bp); 3, 8) GG (258 bp)

Fig. 3. Electropherogram of Sse9I-PCR-RFLP profiles of genotypes of the polymorphic marker AH13-4 of the *iNOS Bos taurus*: M) DNA length markers; 1–8) genotypes: 1, 5) AA (228/30 bp); 2, 4, 6, 7) AG (258/228/30 bp); 3, 8) GG (258 bp)



гена *iNOS Bos taurus*, также выявленных в ходе тестирования разработанного способа на исследуемой выборке животных, наглядно отображена на рисунке 3.

В целом визуально наблюдаемая картина электрофоретического разделения фрагментов ДНК выявленных генотипов SNP-маркера AH13-4 гена *iNOS Bos taurus* соответствовала их программно рассчитанным Sse9I-ПЦР-ПДРФ-профилям.

Дополнительно наблюдаемый у гетерозиготного генотипа (AG) неспецифичный фрагмент длиной около 500 bp — непродиссоциировавшийся комплекс «ДНК-фермент», существенно не влияющий на корректную интерпретацию результатов генотестирования.

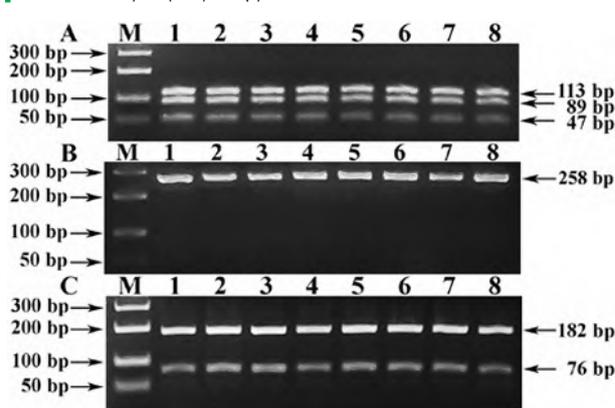
Наглядные примеры электрофореграмм ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфных маркеров AH13-2, AH13-3 и AH13-5 гена *iNOS Bos taurus* представлены на объединенном рисунке 4.

На нем (рис. 4) запечатлены лишь ПЦР-ПДРФ-профили единичных генотипов SNP-маркеров AH13-2 (GG), AH13-3 (GG) и AH13-5 (TT). При этом другие генотипы указанных полиморфных маркеров в исследуемой выборке крупного рогатого скота не выявлены в ходе тестирования предложенного способа генотипирования.

Следует отметить, что из 5 подобранных эндонуклеаз рестрикции (*HinfI*, *Sau96I*, *HpyAV*, *MluCI* и *HpyCH4III*) (рис. 1) 3 фермента были успешно заменены на их прототипы, в частности *Sau96I* на изоизомер *AspS9I*, *MluCI* на изоизомер *Sse9I* и *HpyCH4III* на изоизомер *Bst4CI*. Данные изоизомеры и рестриктазу *HinfI* производит российская компания ООО «СибЭнзайм», что в конечном счете положительно

Рис. 4. Электрофореграммы ПЦР-ПДРФ-профилей генотипов полиморфных маркеров AH13-2, AH13-3 и AH13-5 гена *iNOS Bos taurus*: M) Маркеры длин ДНК; A — *AspS9I*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа SNP-маркера AH13-2: 1–8) GG (113/89/47/9 bp); B — *HpyAV*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа SNP-маркера AH13-3: 1–8) GG (258 bp); C — *Bst4CI*-ПЦР-ПДРФ-профиль генотипа SNP-маркера AH13-5: 1–8) TT (182/76 bp)

Fig. 4. Electropherograms of PCR-RFLP profiles of genotypes of polymorphic markers AH13-2, AH13-3 and AH13-5 of the *iNOS gene Bos taurus*: M) DNA length markers; A — *AspS9I*-PCR-RFLP genotype profile of the SNP marker AH13-2: 1–8) GG (113/89/47/9 bp); B — *HpyAV*-PCR-RFLP genotype profile of the SNP marker AH13-3: 1–8) GG (258 bp); C — *Bst4CI*-PCR-RFLP genotype profile of SNP marker AH13-5: 1–8) TT (182/76 bp)



сказалось на себестоимости запланированной и реализованной экспериментальной части исследования.

Выводы/Conclusions

Результат картирования выявленных полиморфных сайтов рестрикции у 6 SNP-маркеров (AH13-1, AH13-2, AH13-3, AH13-4, AH13-5 и AH13-6) гена *iNOS Bos taurus* и программного расчета ПЦР-ПДРФ-профилей возможных генотипов указывал на теоретическую возможность детектирования перечисленных маркеров анализом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов амплифицированной ДНК.

Указанная возможность затем была подтверждена экспериментально при тестировании разработанного способа генотипирования крупного рогатого скота по перечисленным маркерам с 5 отобранными эндонуклеазами рестрикции и изоизомерами (*HinfI*, *AspS9I*, *HpyAV*, *Sse9I* и *Bst4CI*) преимущественно отечественного производства (за исключением *HpyAV*), положительно повлиявших на себестоимость проведенного исследования.

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 за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-10011. <https://rscf.ru/project/22-76-10011/>

FUNDING

This research was funded by Russian Science Foundation No. 22-76-10011. <https://rscf.ru/project/22-76-10011/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lemal P., May K., König S., Schroyen M., Gengler N. *Invited review: From heat stress to disease — Immune response and candidate genes involved in cattle thermotolerance. Journal of Dairy Science.* 2023; 106(7): 4471–4488. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22727>
- Zhang W. *et al.* Nitric oxide synthase and its function in animal reproduction: an update. *Frontiers in Physiology.* 2023; 14: 1288669. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1288669>
- Adler H., Frech B., Thöny M., Pfister H., Peterhans E., Jungi T.W. Inducible nitric oxide synthase in cattle. Differential cytokine regulation of nitric oxide synthase in bovine and murine macrophages. *Journal of Immunology.* 1995; 154(9): 4710–4718.

REFERENCES

- Lemal P., May K., König S., Schroyen M., Gengler N. *Invited review: From heat stress to disease — Immune response and candidate genes involved in cattle thermotolerance. Journal of Dairy Science.* 2023; 106(7): 4471–4488. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22727>
- Zhang W. *et al.* Nitric oxide synthase and its function in animal reproduction: an update. *Frontiers in Physiology.* 2023; 14: 1288669. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1288669>
- Adler H., Frech B., Thöny M., Pfister H., Peterhans E., Jungi T.W. Inducible nitric oxide synthase in cattle. Differential cytokine regulation of nitric oxide synthase in bovine and murine macrophages. *Journal of Immunology.* 1995; 154(9): 4710–4718.

4. Ohhashi T., Kawai Y., Maejima D., Hayashi M., Watanabe-Asaka T. Physiological Roles of Lymph Flow-Mediated Nitric Oxide in Lymphatic System. *Lymphatic Research and Biology*. 2023; 21(3): 253–261.
5. Bogdan C., Rölinghoff M., Diefenbach A. Reactive oxygen and reactive nitrogen intermediates in innate and specific immunity. *Current Opinion in Immunology*. 2000; 12(1): 64–76. [https://doi.org/10.1016/s0952-7915\(99\)00052-7](https://doi.org/10.1016/s0952-7915(99)00052-7)
6. Chakravorty D., Hensel M. Inducible nitric oxide synthase and control of intracellular bacterial pathogens. *Microbes and Infection*. 2003; 5(7): 621–627. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(03\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(03)00096-0)
7. Чичинина С.В. Роль аллельной вариабельности генов цитокинов в формировании резистентности крупного рогатого скота к лейкозу. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*. Новосибирск. 2005; 110.
8. Beishova I.S. *et al.* Genetic polymorphism of prolactin and nitric oxide synthase in Holstein cattle. *Veterinary World*. 2023; 16(1): 161–167. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.161-167>
9. Wang M., Ibeagha-Awemu E.M. Impacts of Epigenetic Processes on the Health and Productivity of Livestock. *Frontiers in Genetics*. 2021; 11: 613636. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.613636>
10. Hashim H.O., Al-Shuhaib M.B.S. Exploring the Potential and Limitations of PCR-RFLP and PCR-SSCP for SNP Detection: A Review. *Journal of Applied Biotechnology Reports*. 2019; 6(4): 137–144. <https://doi.org/10.29252/JABR.06.04.02>
11. Yang W., Kang X., Yang Q., Lin Y., Fang M. Review on the development of genotyping methods for assessing farm animal diversity. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013; 4: 2. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-2>
12. Ota M., Fukushima H., Kulski J.K., Inoko H. Single nucleotide polymorphism detection by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Nature Protocols*. 2007; 2: 2857–2864. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.407>
13. Гильманов Х.Х., Вафин Р.Р., Каримова Р.Г., Тюлькин С.В. Способ проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования крупного рогатого скота по аллельным вариантам полиморфного маркера AN13-1 гена iNOS. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2018; (4): 22–28. <https://www.elibrary.ru/uribzl>
14. Kuzhebaeva U.Zh., Donnik I.M., Petropavlovskiy M.V., Kanatbaev S.G., Nurgaliev B.E. Nitric oxide as an indicator for assessing the resistance and susceptibility of cattle to leukemia. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (10): 48–54. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-48-54>
15. Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Супова А.В. Моделирование способа ПЦР-ПДРФ-генотипирования крупного рогатого скота по полиморфным маркерам гена iNOS. *Аграрная наука*. 2024; (1): 66–70. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-66-70>
16. Heaton M.P. *et al.* Selection and use of SNP markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome*. 2002; 13(5): 272–281. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3>
4. Ohhashi T., Kawai Y., Maejima D., Hayashi M., Watanabe-Asaka T. Physiological Roles of Lymph Flow-Mediated Nitric Oxide in Lymphatic System. *Lymphatic Research and Biology*. 2023; 21(3): 253–261.
5. Bogdan C., Rölinghoff M., Diefenbach A. Reactive oxygen and reactive nitrogen intermediates in innate and specific immunity. *Current Opinion in Immunology*. 2000; 12(1): 64–76. [https://doi.org/10.1016/s0952-7915\(99\)00052-7](https://doi.org/10.1016/s0952-7915(99)00052-7)
6. Chakravorty D., Hensel M. Inducible nitric oxide synthase and control of intracellular bacterial pathogens. *Microbes and Infection*. 2003; 5(7): 621–627. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(03\)00096-0](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(03)00096-0)
7. Chichinina S.V. The role of allelic variability of cytokine genes in the formation of cattle resistance to leukemia. *Dissertation for the degree of candidate of biological sciences*. Novosibirsk. 2005; 110 (in Russian).
8. Beishova I.S. *et al.* Genetic polymorphism of prolactin and nitric oxide synthase in Holstein cattle. *Veterinary World*. 2023; 16(1): 161–167. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2023.161-167>
9. Wang M., Ibeagha-Awemu E.M. Impacts of Epigenetic Processes on the Health and Productivity of Livestock. *Frontiers in Genetics*. 2021; 11: 613636. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.613636>
10. Hashim H.O., Al-Shuhaib M.B.S. Exploring the Potential and Limitations of PCR-RFLP and PCR-SSCP for SNP Detection: A Review. *Journal of Applied Biotechnology Reports*. 2019; 6(4): 137–144. <https://doi.org/10.29252/JABR.06.04.02>
11. Yang W., Kang X., Yang Q., Lin Y., Fang M. Review on the development of genotyping methods for assessing farm animal diversity. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2013; 4: 2. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-4-2>
12. Ota M., Fukushima H., Kulski J.K., Inoko H. Single nucleotide polymorphism detection by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Nature Protocols*. 2007; 2: 2857–2864. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.407>
13. Gilmanov Kh.Kh., Vafin R.R., Karimova R.G., Tyulkin S.V. Method of carrying out PCR-RFLP for cattle genotyping on allelic variants of polymorphic marker of iNOS gene. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2018; (4): 22–28 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uribzl>
14. Kuzhebaeva U.Zh., Donnik I.M., Petropavlovskiy M.V., Kanatbaev S.G., Nurgaliev B.E. Nitric oxide as an indicator for assessing the resistance and susceptibility of cattle to leukemia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 48–54. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-48-54>
15. Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Supova A.V. Modeling of PCR-RFLP genotyping of cattle by polymorphic markers of iNOS gene. *Agrarian science*. 2024; (2): 66–70 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-66-70>
16. Heaton M.P. *et al.* Selection and use of SNP markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome*. 2002; 13(5): 272–281. <https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3>

ОБ АВТОРАХ

Рамиль Ришадович Вафин

научный консультант, доктор биологических наук, профессор РАН
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Хамид Халимович Гильманов

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Павел Николаевич Шастин

старший научный сотрудник, кандидат ветеринарных наук
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН, Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ramil Rishadovich Vafin

Scientific Consultant, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Khamid Khalimovich Gilmanov

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences
gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Pavel Nikolaevich Shastin

Senior Researcher, Candidate of Veterinary Sciences
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Federal Scientific Center — All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Veterinary named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, 24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia

УДК 636.22/.28.08224+636.22/.28.082.47+
636.22/.28.082.251

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84

Н. А. Попов¹ ✉

Н. Ф. Щегольков²

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольск, Московская обл., Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела, г. о. Пушкин, пос. Лесные Поляны, Московская обл., Россия

✉ genetic-pna@yandex.ru

Поступила в редакцию:
15.03.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84

Nikolai A. Popov¹ ✉

Nikolai F. Shchegolkov²

¹ L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow Region, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, Lesnye Polyany village, Pushkin, Moscow region, Russia

✉ genetic-pna@yandex.ru

Received by the editorial office:
15.03.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Определение генетической ценности животных селекционных групп для заказных спариваний в популяции красно-пестрой породы

РЕЗЮМЕ

Анализ реестра племенного поголовья быков-производителей, в том числе имеющих оценки по качеству потомства, выявил их критически малый состав и сравнительно давнее рождение (2003–2008 гг.). Возникла не только необходимость ротации, но и обязательного построения собственной генеалогической структуры поголовья красно-пестрой породы с целью обеспечения его конкурентоспособности, что без совершенствования признаков (в условиях чистопородного разведения) становится невозможным. Рассчитаны новые индексы и показатели генетической ценности признаков в популяции у коров (Ак) и быков-производителей (Б) с применением результатов в используемых моделях. Ведущая группа коров трех племенных заводов превосходила всё племенное поголовье Воронежской области по удою на 863 кг молока, на 0,02% — по МДЖ, 24 кг — по живой массе. Отмечен разрыв по датам рождения оцененных быков-производителей и молодых, а также уровень показателей их матерей, уступающих по удою согласно родительским индексам на 3111 кг, а по МДЖ — на 0,25%. Индексы генетической ценности быков-производителей в популяции (Б) выросли с 5764 кг молока у ранее оцененных до 8051 кг у проверяемых по качеству потомства, а по МДЖ — на 0,037%. Существенно увеличился индекс генетической ценности у коров, который превзошел показатель основных быков-производителей. Родительские индексы голштинских быков, отобранных в группу «отцов-быков», составляли по удою 13712–11129 кг, по МДЖ — 4,34–4,85%, по МДБ — 3,32–3,52%.

Ключевые слова: красно-пестрая порода, отцы быков, матери быков, родительский индекс быка, оценка по качеству потомства, генетическая ценность в популяции

Для цитирования: Попов Н.А., Щегольков Н.Ф. Определение генетической ценности животных селекционных групп для заказных спариваний в популяции красно-пестрой породы. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 79–84.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84>

© Попов Н.А., Щегольков Н.Ф.

Determination of the genetic value of animals of breeding groups for custom mating in the population of the red-mottled breed

ABSTRACT

The significant indicators of the leading part of cows and bulls-producers of the Voronezh population have been studied and assessed. Indicators of the genetic value of traits in the population of cows (A) and breeding bulls (B) were calculated using the results in the calculated models. Cows of breeding groups of three farms were evaluated. An analysis of the register of breeding stock of breeding bulls revealed their critically small composition and relatively long-ago birth (2003–2008). There was a need for rotation and mandatory construction of their own genealogical structure of the red-mottled breed. The leading group of cows exceeded the breeding stock of the region in milk yield by 863 kg of milk, by 0.02% in terms of fat mass and 24 kg in live weight. The analysis of the breeding characteristics of the estimated and quality-tested offspring of breeding bulls was carried out. There was a gap in the dates of birth of the estimated breeding bulls and young ones, as well as the level of indicators of their mothers, which are inferior in milk yield according to parental indices by 3111 kg, and in the mass fraction of fat — by 0.25%. The requirements for the indicators of repair bulls have been increased. Indices of the genetic value of breeding bulls in the population (B) increased from 5764 kg of milk in previously estimated to 8051 kg in tested offspring quality, and by the mass fraction of fat — by 0.037%. The index of genetic value in cows has increased significantly, which surpassed the indicator of the main producing bulls. The parental indices of Holstein bulls selected in the group of “bull fathers” were 13,712–11,129 kg in milk yield, 4.34–4.85% in fat mass fraction, 3.32–3.52% in protein mass fraction.

Key words: red-mottled breed, bull fathers, bull mothers, bull parental index, offspring quality assessment, genetic value in the population

For citation: Popov N.A., Shchegolkov N.F. Determination of the genetic value of animals of breeding groups for custom mating in the population of the red-mottled breed. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 79–84 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84>

© Popov N.A., Shchegolkov N.F.

Введение/Introduction

Построение новой генеалогической структуры приобретает специфическое значение в красно-пестрой породе Воронежской области. Здесь категория «открытость популяции» для самостоятельной породы к настоящему времени исчерпала свое биолого-историческое предназначение, поэтому необходимо определиться с целесообразностью и границей дальнейшего использования генофонда улучшающих пород. Этому предшествовало создание в породе Приволжского, Енисейского, Воронежского, Ермоловского типов [1, 2], намерений и призывов селекционного центра увеличить число быков-производителей собственной репродукции [3]. По форме они представляют собой эколого-географические структурные единицы, обладающие отличительными характеристиками хозяйственного использования, а также генетическими и селекционными параметрами по ряду признаков. В определенных вариантах понятий «линия» и «эволюционные сроки» работы с породой было бы целесообразно применять как фактор традиционно используемой генетической изменчивости на период формирования новых генеалогических родственных групп. Представляется важным представить особенности лучшей части коров и быков-производителей, используемых в популяции Воронежской области, оценить показатели молочной продуктивности коров и выделить продолжателей популяции по результатам оценок быков, их индексов по признакам. С целью последующего разведения высококонкурентного потомства, неуклонного роста удоя при увеличении массовой доли жира (МДЖ) и массовой доли белка (МДБ) в молоке следует рассчитывать уровни показателей индексов коров (Ак) селекционных групп «матерей быков» из разных племенных заводов и подбирать к ним быков-производителей также из разных регионов. Аналогичный путь предложен для разведения черно-пестрой породы [4, 5].

Состав генеалогических линий включает ветви голштинской породы, без совершенствования качеств которых в популяции конкурентоспособность красно-пестрой породы продолжает оставаться ограниченной. Прежде всего это выражается в продолжающемся периоде акклиматизации высококровных генотипов в условиях традиционных технологий разведения и содержания, в отсутствии приоритета использования быков-производителей красно-пестрой породы, выведенных в отечественных племенных заводах¹ [6, 7].

Для преодоления деградации «молодой» перспективной породы следует использовать реально известные приемы — начиная с непрерывного мониторинга состояния показателей продуктивности и здоровья животных. При жестком отборе и интенсивном использовании быков-улучшателей необходимо выработать комплексные индексы, учитывающие воспроизводство, скороспелость, долголетие потомства².

Программой селекции с крупным рогатым скотом красно-пестрой породы, разработанной селекционным центром ВНИИплем, дан целевой стандарт, по которому в генотипах сохраняли не менее 10–25% форм генов исходной симментальской породы. За последние 16 лет средний удой коровы повысился на 3000 кг молока, а

его среднегодовой тренд достиг 188 кг [1, 2]. Вместе с этим потребуется время на выведение быков-производителей с показателями племенной ценности, достаточными для конкурентоспособности красно-пестрой породы на рынке товарной и племенной продукции в регионах страны.

Дальнейшим испытанным направлением является формирование родственных групп, интегрированных с высокопродуктивными коровами заводских семейств, новых типов породы. При отборе животных селекционных групп следует включать богатую генетическую изменчивость, данную природой, необходимую при разведении в различных природно-климатических условиях нашей страны [6, 8].

К сравнению индивидуальных и групповых показателей продуктивных и племенных признаков считаем важным привлечь сравнимые по значимости генетико-популяционные показатели генетической ценности быка-производителя (Б) и коровы (Ак) в популяции по признакам молочности.

И.М. Дунин, Я.В. Авдалян, И.В. Зизюков и др. (2015 г.) [2] предлагали принцип отбора быков на проверку по качеству потомства «замкнутой цепи» с единовременной их оценкой в 4–6 хозяйствах и их подбора по способу комплексного инбридинга, что, по мнению авторов, позволит поддерживать и сохранять в каждой линии определенный генетический комплекс «ветвь — семейство». При разведении стад рекомендовано подбирать «промежуточных» быков. Эти неродственные стаду быки «освежают кровь» и приносят в него новые качества, которые не должны уступать требованиям к основным быкам-производителям плановых линий.

Цель данных исследований — оценка племенного потенциала быков-производителей группы «отцов быков», групп коров «матерей быков» для определения перспектив их использования в воронежской популяции красно-пестрой породы при совершенствовании признаков молочности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Использованы данные зоотехнических отчетов 2023 года племенных заводов ЗАО АФ «Павловские нивы», СПК «Дружба» Павловского района, ООО «Большевик» Хохольского района Воронежской области и карточки племенных коров этих стад для расчета показателей молочной продуктивности. Оценки быков-производителей по качеству потомства брали из данных Ежегодника ВНИИПлем 2022 года³, а также племенных карточек АО «Воронежское» по племенной работе Воронежской области, АО «Московское» по племенной работе, АО «Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных» (АО «ГЦВ») Московской области⁴.

Объединенный массив пробонитированного крупного рогатого скота этих хозяйств представлял лучшую часть популяции красно-пестрой породы в Воронежской области.

Средний удой по 2345 коровам трех племенных заводов составлял 8081 кг молока с МДЖ 3,97%, МДБ — 3,31% при живой массе 588,5 кг, тогда как у остальных

¹ Попов Н.А., Некрасов А.А., Марзанова Л.К., Попов А.Н., Федотова Е.Г. Рекомендации по способам контроля акклиматизации скота голштинской породы и их помесей. Дубровицы: Инфосервис. 2017; 76.

² Попов Н.А., Некрасов А.А., Федотова Е.Г., Иванов В.А., Сидорова В.Ю. Методические указания по оценке реализации признаков роста, развития и молочной продуктивности у потомков быков-производителей голштинской породы. Дубровицы: Инфосервис. 2019; 80.

³ Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 г.). М.: ФГБНУ ВНИИПлем. 2022; 262.

⁴ Жарков И.Н. и др. Каталог быков-производителей АО «Московское» по племенной работе. Москва. 2023; 128. Каталог быков-производителей АО «ГЦВ». М.: АО «ГЦВ». 2023; 132.

10 805 коров соответствующие показатели были равны 7218 кг, 3,81%, 3,29% и 564 кг. Имела место разность по удою 863 кг молока, по МДЖ — 0,02%, 24 кг — по живой массе, которая подтвердила возможность повышения признаков молочности при долговременной селекции в данной субпопуляции с использованием резерва генетического потенциала лучших коров группы «матерей быков» ($n = 154$). Учитывались исследования 2020–2022 гг. [6]. Выявлена повторяемость улучшающих качеств оцененных по качеству потомства быков-производителей в Московской области по хозяйствам СПК им. Ленина и ФГУП «Пойма» на уровне 50–60% в течение последующих двух поколений, то есть спустя 15 лет после их первой оценки.

Индексы генетической ценности коров (K_d) и быков-производителей определяли согласно методическим рекомендациям⁵. Отбор коров групп «матерей быков» осуществляли комиссионно с участием специалистов хозяйств и требованиям к характеристикам коров «матерей быков» [10].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В таблице 1 приведена характеристика племенной ценности и родительских индексов быков-производителей красно-пестрой породы, отнесенных в группы «отцов коров» и как наиболее вероятных в группу «отцов быков» для племенных хозяйств популяции Воронежской области. Они проверены по качеству потомства, входят в первые 20 рангов лучших быков в целом по породе, имеют соответствующую нормативным требованиям долю форм генов голштинской породы. Их возраст превышает 13 лет, а вместе с тем улучшающее влияние на признаки селекции в породе продолжается (данные за 2022 год)⁶.

Тип телосложения и выраженная однородность по признакам в группах дочерей этих быков-производителей дают основание для выведения от них ремонтных быков. Условная кровность отобранных новых «матерей быков» по голштинской породе, а также показатели главных селекционных признаков выше, чем у матерей группы «отцов быков», которые лактировали еще в начале века. В сложившихся условиях будут направлено выведены быки-производители с целью формирования новых родственных групп при тщательной оценке по качеству потомства их сыновей и внуков.

В настоящее время величины родительских индексов и показатели удою, МДЖ и МДБ матерей в период высшей лактации равны средним данным всех племенных коров популяции. Уровни аналогичных показателей проверяемых по качеству потомства сравнительно более молодых, ранее выведенных быков-производителей на ООО «Ермоловское» Воронежской области Российской Федерации (Агата 17281, Булата 17396, Веера 20356, Тархуна 17386), соответственно, по удою на 3111 кг и МДЖ на 0,25% превосходили предшествующую генерацию группы «матерей быков-улучшателей». Однако их использование крайне ограничено, а состав на племенных предприятиях весьма малочисленный.

В более ранних исследованиях [8] обнаружены факты минимизации регрессии по признакам удою у потомства, происходящего из заводских семейств и от быков, представляющих качества их поколений в других стадах популяции. Умело выращенный, здоровый молодой аккумулировал качества генотипов близких родственников и проявлял высокий уровень признаков селекции. Но это факт выражения культуры долговременной племенной работы в хозяйствах, поэтому их высшие (до рекордных значений) показатели не являются случайностью.

Таблица 1. Характеристика племенной ценности быков-производителей группы «отцов быков»

Table 1. Characteristics of the breeding value of bulls-producers of the “fathers of bulls” group

№/п Ранг в породе по оценке	Кличка, инв. № быка-производителя, племпредприятие	Принадлежность к линии*	Год рождения	Линия матери	Оценка по качеству потомства				Родительский индекс быка (РИБ)			Молочная продуктивность матерей за 305 дней в высшую лактацию		
					число дочерей, гол.	± к сверстницам			по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %	удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
						по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %						
1/5	Орбит 3130, ЦКП 4587	М. Чифтейна	2008	П. Говернера	119	422	0,11	0,00	6602	3,94	–	7343	4,03	3,22
2/20	Зоркий 598, ЦКП 8288	М. Чифтейна	2010	П. Говернера	454	114	0,05	0,03	7933	3,87	–	10 091	3,87	3,25
3/4	Титаник 605, ЦКП 6476	С. Т. Рокита	2010	М. Чифтейна	104	581	0,00	-0,02	6976	3,67	–	8182	3,57	3,24
4/11	Дозор 7045, ЦКП 4589	П. Говернера	2008	Р. Соверинга	409	546	-0,06	-0,05	7922	3,84	–	8948	3,81	3,29
5/7	Очаг 8901, ЦКП 4590	П. Говернера	2008	П. Говернера	104	548	-0,03	-0,02	8732	3,82	–	8823	3,87	3,26
6/13	Чай 9686	М. Чифтейна	2003	Р. Соверинга	55	259	0,04	0,04	7729	3,89	–	8015	3,66	–
7/-	Агат 17281	Р. Соверинга	2017	Р. Соверинга	–	–	–	–	9479	4,16	3,28	8717	3,68	3,21
8/-	Булат 17396	Р. Соверинга	2017	В. Б. Айдиала	–	–	–	–	11 489	4,11	3,29	12 800	3,36	3,07
9/-	Веер 20356	В. Б. Айдиала	2020	Р. Соверинга	–	–	–	–	11 650	3,91	3,35	12 892	3,88	3,39
10/-	Тархун 17386	В. Б. Айдиала	2017	В. Б. Айдиала	–	–	–	–	10 424	4,09	3,32	12 134	4,23	3,45
11/-	Лего-М 426087690	В. Б. Айдиала	2005	М. Чифтейна	90	301	0,01	0,00	12 694	4,50	3,49	12 809	4,18	3,38
12/-	Элизе-М 53578572	В. Б. Айдиала	2007	В. Б. Айдиала	101	183	0,04	0,06	12 231	4,25	3,52	9744	4,41	3,73
13/-	Арманьяк-М 56530339	В. Б. Айдиала	2014	В. Б. Айдиала	34	302	0,08	0,02	12 608	4,85	3,48	12 205	4,53	3,64
14/-	Борн-Ред-М 883219580	Р. Соверинга	2017	Р. Соверинга	68	349	0,18	0,03	11 802	4,51	3,35	11 872	4,61	3,35
15/-	Мистер-Ред-М 5143	Р. Соверинга	2019	В. Б. Айдиала	–	–	–	–	13 712	4,34	3,45	12 388	4,37	3,40
16/-	Мадрид 970	Р. Соверинга	2019	Р. Соверинга	–	–	–	–	11 129	4,37	3,32	9871	4,74	3,42

Примечание: клички родоначальников линий с указанием номера: М. Чифтейн 95679, П. Говернер 882933, С. Т. Рокит 252803, Р. Соверинг 198998, В. Б. Айдиал 1013415.

⁵ Попов Н.А., Некрасов А.А., Федотова Е.Г., Иванов В.А., Сидорова В.Ю.. Методические указания по оценке реализации признаков роста, развития и молочной продуктивности у потомков быков-производителей голштинской породы. Дубровицы: Инфосервис. 2019; 80. EDN: DUSXXN

⁶ Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2021 г.). М.: ФГБНУ ВНИИПлем. 2022; 262. [Yearbook on breeding in dairy cattle breeding in the farms of the Russian Federation (2021 г.). Moscow: VNIIPlem. 2022; 262 (in Rus.).]

Был разработан индекс генетической ценности коровы по признаку в популяции (Ак). В суммарный комплекс признаков включены с определенной долей ее (коровы) собственные показатели, матери, дочерей отцов в стаде и его оценки в популяции, а также уровень лактирующих коров семейства коровы⁷. Согласно указаниям, то же относится и к аналогичному индексу для ремонтных и проверенных по качеству потомства быкам-производителям (индекс Б). Последние взаимодействуют в спариваниях с большим разнообразием генотипов, и априори при их оценке могут высветиться качества быков-лидеров в породе.

Конкурентоспособность красно-пестрой породы воронежской популяции на перспективу обеспечит давление отбора со стороны проверенных по качеству потомства быков, которых сегодня выводят по признакам молочности от лучших коров. Для устойчивого наследования уровня проявления признаков необходимы однонаправленная селекция родителей, точность их племенных оценок.

Какой-либо конкуренции между быками-улучшателями в хозяйствах Воронежской области и в соседних регионах пока не создано. Оценка по качеству потомства длительное время была заменена закупкой импортных чистопородных быков голштинской породы, их рекламой и использованием в поглотительном скрещивании [5, 9].

Для отбора в группу «отцов быков» выделены и быки-производители голштинской породы с высокими племенными оценками, полученными в том числе по поголовью дочерей красно-пестрой породы в хозяйствах воронежской популяции. Их целенаправленный, ограниченный подбор позволит направленно создавать в племенных заводах ядра новых родственных групп из числа коров лучших заводских семейств.

Аналогичным подспорьем малочисленной группе быков-производителей с оценками по качеству потомства (табл. 2) являются молодые быки, проверяемые по качеству потомства.

У этих быков индексы генетической ценности (Б) признаков молочности достаточно высоки, и в однородном

подборе к лучшим коровам племенных заводов появляется возможность отбора потомков в ремонтную часть красно-пестрой породы. Достаточное многообразие ветвей линий создают перспективу отбора из большого числа сочетаний лучших качеств у новых групп родоначальников.

Проверяемые быки выведены в стадах голштинской породы Российской Федерации и весьма редко встречаются на племенных предприятиях зоны разведения красно-пестрой породы.

Была предложена эта группа «отцов быков» для подбора к лучшим коровам симментальской породы. Предполагается, что их мужские потомки временно заместят недостаток быков-производителей для товарной части красно-пестрой породы. Они, например, не увеличат гомозиготность по комплексу аллелей EAB-локуса двух исходных пород, которые участвовали при выведении отечественной красно-пестрой.

В сложившейся ситуации отсутствия давления отбором со стороны быков-производителей на признаки молочности на первое по значимости место совершенствования поголовья популяции должна быть выдвинута ведущая группа коров племенных заводов [10] (табл. 3).

Каждая корова из приведенной выборки трех племенных заводов имела выдающиеся индексы генетической ценности по удою, МДЖ и МДБ и являлась модельной по типам конституции и телосложения. Они имели не менее четырех отелов и высокие показатели индексов долголетия (ИД). Уровень главных признаков по индексам Ак гарантирует преодоление регрессии и достижение показателей продуктивности половозрастными дочерьми на уровне 9000 кг молока и более за стандартную лактацию. Одновременное распространение их качеств через сыновей поддержит конкурентоспособность красно-пестрой породы на племенном рынке нашей страны.

Телосложение⁸ коров выборки 154 голов (в случайном порядке) из ведущих групп племенных заводов отражает хорошую их обмускуленность (тип 3). В среднем выход молочного жира и белка за 305 дней лактации равнялся 729,47 кг и вполне удовлетворял селекционеров

Таблица 2. Индексы генетической ценности быков-производителей в популяции по признакам «молочной продуктивности», отобранных для использования в хозяйствах Воронежской области

Table 2. Indices of the genetic value of breeding bulls in the population on the basis of "milk productivity" selected for use in farms of the Voronezh region

№/п	Бык-производитель		Генеалогическая принадлежность		Племенная категория	Индекс генетической ценности в популяции (Б)			Генотипы	
	кликка	№	ветвь линии отца	ветвь линии матери		по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %	по EAB-локусу	по K-CN
1	Орбит	3130	Р. Телстара 288790	Кавалера 202730806	A ₂	5116	3,972	-	O ₂ QA ₁ E ₁ F ₁ J ₂ /-	AA
2	Зоркий	598	Р. Телстара 288790	Кавалера 202730806	A ₁ B ₂	5421	3,884	-	B ₂ O ₁ B ₁ /O ₄ E ₃ G» (B»)	AA
3	Титаник	605	Р. Кемпа 302981	Р. Телстара 288790	A ₃ B ₁	5642	3,768	-	B ₁ G ₂ KO ₄ P ₂ Q ₁ /-	
4	Дозор	7045	Кавалера 202730806	Дайримана 72325080675	A ₁	5041	3,882	-	G ₁ A ₁ »/G ₁	AA
5	Очаг	8901	Кавалера 202730806	Кавалера 202730806	A ₃ B ₂	6960	3,904	-	O ₂ A ₂ J ₁ K'O ₁ /E ₃ G'G»	AA
6	Чай	9686	Р. Телстара 288790	(ОМ) Ласковый 9741	Н	6403	3,893	-	O ₂ E ₁ /-	AA
	в среднем	-	-	-	-	5763,8	3,884	-	-	
7	Агат	17281	В. Чиф Марка 1773417	Р. Ситейшена 149207	проверяемый	7211,0	3,956	3,203	B ₂ O ₁ Y ₂ »/B ₁ (I ₁)	-
8	Булат	17396	А. Ротейда 1697572	Аэростара 383622	проверяемый	8215,0	3,944	3,190	B ₂ O ₁ B ₁ /G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	-
9	Веер	20356	С. Астре 392405	Т. М. Блекстара 1929410	проверяемый	8414,2	3,955	3,146	G ₂ Y ₂ E ₁ Q'/G ₂ Y ₁ D'	-
10	Тархун	17386	Аэростара 383622	Аэростара 383622	проверяемый	8363,4	3,979	3,212	O ₁ E ₃ O ₁ /B ₂ G ₂ Y ₂ A ₂	-
	в среднем	-	-	-	-	8050,9	3,9585	3,1878	-	
	В среднем по всем быкам (n = 10)	-	-	-	-	6679	3,914	3,188	-	

⁷ Попов Н.А., Некрасов А.А., Федотова Е.Г., Иванов В.А., Сидорова В.Ю. Методические указания по оценке реализации признаков роста, развития и молочной продуктивности у потомков быков-производителей голштинской породы. Дубровицы: Инфосервис. 2019; 80.

⁸ Наставление по использованию типов телосложения при разведении крупного рогатого скота молочных пород методами индивидуальной селекции / Н.А. Попов, А.А. Некрасов, В.Ю. Сидорова. Дубровицы: Изд-во ГНУ ВИЖ Россельхозакадемии. 2010; 64.

Таблица 3. Индексы генетической ценности в популяции по признакам молочной продуктивности (Ак) и долголетия коров (ИД) ведущих групп племенных хозяйств красно-пестрой породы

Table 3. Indices of genetic value in the population on the basis of milk productivity (Ak) and longevity of cows (ID) of the leading groups of breeding farms of the red-mottled breed

№/п	Кличка, инв. № коровы	Дата рождения	Генеалогическая принадлежность		Индекс генетической ценности в популяции			Тип		Индекс долголетия (ИД)
			линия отца	линия матери	по удою, кг	по МДЖ, %	по МДБ, %	телосложения	конституции*	
ЗАО Агрофирма «Павловские нивы»										
1	Москва 33138	01.10.2013	Р. Соверинга	В. Б. Айдиала	9966	4,37	3,623	2	1	0,705
2	Пятница 33149	12.10.2013	Р. Соверинга	В. Б. Айдиала	8950	4,57	3,629	1	1	0,217
3	Изба 7372	20.12.2017	Р. Соверинга	В. Б. Айдиала	10469	4,56	3,697	3	2	0,691
4	Казна 5506	22.12.2015	М. Чифтейна	М. Чифтейна	8731	4,53	3,789	3	1	0,616
5	Атланта 8189	01.01.2018	В. Б. Айдиала	В. Б. Айдиала	9487	4,33	3,794	3	1	0,703
В среднем					9520,6	4,472	3,706			
ООО «Большевик»										
1	Азиза 2191	06.01.2018	Р. Соверинга	Р. Соверинга	9537	4,51	3,689	1	1	0,699
2	Улитка 1198	05.06.2016	В. Б. Айдиала	В. Б. Айдиала	9059	4,39	3,658	2	2	0,767
3	Барыня 2211	04.02.2018	В. Б. Айдиала	В. Б. Айдиала	9437	4,61	3,734	3	1	0,835
4	Лада 1200	23.06.2016	В. Б. Айдиала	В. Б. Айдиала	8950	4,46	3,770	3	2	0,890
5	Муся 2157	05.12.2017	Р. Соверинга	В. Б. Айдиала	8715	4,45	3,766	3	2	0,706
В среднем					9139,6	4,484	3,723			
СХА «Дружба»										
1	Мимика 9855	23.09.2011	М. Чифтейна	Р. Соверинга	8357	4,48	3,552	2	1	0,886
2	Ассоль 818	30.05.2014	В. Б. Айдиала	М. Чифтейна	8414	4,40	3,650	3	2	0,433
3	Выпушка 44	22.10.2013	В. Б. Айдиала	М. Чифтейна	7795	4,52	3,506	1	1	0,098
4	Муза 152093	10.08.2015	В. Б. Айдиала	М. Чифтейна	8127	4,49	3,674	2	2	0,828
5	Ида 789	11.04.2014	Р. Соверинга	Р. Соверинга	7997	4,71	3,610	2	1	0,748
В среднем					8138,0	4,52	3,598			
Среднее по выборке (n = 15)					8933,0	4,49	3,676			

Примечание: 1 — нежный сухой, 2 — плотный. Родоначальники линий: М. Чифтейн 95679, Р. Соверинг 198998, В. Б. Айдиал 1013415.

по окупаемости выращивания потомства. Он не уступал аналогичным показателям лучших коров ярославской и костромской пород [9–13].

Таким образом, предложены принципы выделения и отбора быков в группы «отцов коров» и «отцов быков» для формирования новых родственных групп, в том числе с участием быков-производителей голштинской породы. При численном увеличении ремонтных быков возможны моделирование их генотипов по ЕАВ- и ДНК-локусам [12, 13], оптимизация вариантов отбора по факторам гетерозиготности и качественному составу молока, в том числе с участием коров воронежского и ермоловского типов.

Выводы/Conclusions

1. По величинам индексов генетической ценности в популяции Воронежской области группа коров «матерей быков» образует селекционный дифференциал ко

всему поголовью племенных стад по следующим признакам: удой молока— 1715 кг, 068% — МДЖ, 0,386% — МДБ. В свою очередь, новая генерация быков-производителей, условно выведенная от группы «отцов быков» красно-пестрой породы, при использовании способна обеспечить прирост за поколение: удоя — на 588 кг, МДЖ — на 0,28%, МДБ — на 0,15%.

2. Заказы спаривания быков-улучшателей признаков молочности в популяции красно-пестрой породы Воронежской области из числа голштинских линий, зарубежной и отечественной репродукции («отцы быков») с лучшими по генетической ценности коровами группы «матерей быков» обеспечат не только воспроизводство молодых быков, повышение фенотипической однородности, но и дифференциацию племенного массива по родственным группам — основы формирования его новой генеалогической структуры.

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 Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (тема № FGGN-2024-0013).

FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the L.K. Ernst FITZVIZH Federal State Budgetary Institution (topic No. FGGN-2024-0013).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дунин И.М., Аджибеков К.К., Лозовая Г.С., Прохоренко Д.Г., Шестакова Г.Л. (сост.). Племенная работа с красно-пестрой породой крупного рогатого скота. *Лесные Поляны: Всероссийский НИИ племенного дела*. 2011; 11: 27. <https://www.elibrary.ru/vrzfpv>

2. Дунин И.М. и др. Состояние молочного скотоводства и опыт создания воронежского типа красно-пестрого молочного скота в России. *Лесные Поляны: Всероссийский НИИ племенного дела*. 2010; 162. ISBN 978-5-87958-269-7 <https://www.elibrary.ru/qlcggn>

REFERENCES

1. Dunin I.M., Adzhibekov K.K., Lozovaya G.S., Prokhorenko D.G., Shestakova G.L. (comps.). Breeding work with the Red-Mottled breed of cattle. *Lesnye Polyany: All-Russian Research Institute of Animal Breeding*. 2011; 11: 27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vrzfpv>

2. Dunin I.M. et al. The state of dairy cattle breeding and the experience of creating the Voronezh type of Red-Mottled dairy cattle in Russia. *Lesnye Polyany: All-Russian Research Institute of Animal Breeding*. 2010; 162 (in Russian). ISBN 978-5-87958-269-7 <https://www.elibrary.ru/qlcggn>

3. Дунин И.М., Лозовая Г.С., Чекушин А.М., Аджибеков К.К. Генетический потенциал племенных ресурсов стад красно-пестрой породы молочного скота. *Молочное и мясное скотоводство*. 2015; 8: 3–6. <https://www.elibrary.ru/vcdrdn>
4. Племяшов К.В., Лабинов В.В., Сакса Е.И., Смарагдов М.Г., Кудинов А.А., Петрова А.В. Использование метода BLUP Animal Model в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области. *Молочное и мясное скотоводство*. 2016; 1: 2–5. <https://www.elibrary.ru/vqcepl>
5. Мыррин В.С. Опора — на отечественные племенные ресурсы. *Зоотехния*. 2016; 4: 2–4. <https://www.elibrary.ru/vqavpb>
6. Попов Н.А., Симонов Г.А., Шичкин Г.И., Хализова З.Н. Оценка быков-производителей в системе разведения племенного стада. *Эффективное животноводство*. 2021; 5: 87–90. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-87-90>
7. Попов Н.А., Шичкин Г.И., Щегольков Н.Ф., Симонов Г.А., Хализова З.Н. Индекс долголетия и селекция коров красно-пестрой породы. *Эффективное животноводство*. 2024; 1: 44–47. <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2024-1-44-47>
8. Иванов В.А., Попов Н.А. Маточные семейства в молочном скотоводстве. *Уральские нивы*. 1985; 12: 34–36.
9. Саплицкий М.Л., Степанов П.А. Роль племенных заводов в повышении генетического потенциала продуктивности скота черно-пестрой породы. *Молочное и мясное скотоводство*. 2015; 1: 8–11. <https://www.elibrary.ru/tjlnhz>
10. Суслов Д.Ю., Воеводин А.В., Холев С.А., Тяпугин С.Е. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. *Молочное и мясное скотоводство*. 2018; 1: 9–11. <https://www.elibrary.ru/wabwbv>
11. Попов Н.А. Племенная ценность быков голштинской породы в хозяйствах Московской области. *Молочное и мясное скотоводство*. 2023; 4: 16–20. <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.98.65.004>
12. Любимов А.И., Юдин В.М. Продуктивные качества коров черно-пестрой породы при различных степенях и типах применяемого инбридинга. *Зоотехния*. 2013; 11: 2–3. <https://www.elibrary.ru/rdxnjt>
13. Юмагузин И.Ф., Аминова А.Л., Седых Т.А. Продуктивное долголетие и пожизненная продуктивность дочерей голштинских быков-производителей с разными вариантами генотипа каппа-казеина. *Аграрная наука*. 2022; 1: 60–63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63>
3. Dunin I.M., Lozovaya G.S., Chekushkin A.M., Adjibekov K.K. The breeding resources' genetic potential of herds of the Red-[and-]White cattle breed. *Dairy and beef cattle farming*. 2015; 8: 3–6 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vcdrdn>
4. Plemyashov K.V., Labinov B.B., Saksa E.I., Smaragdov M.G., Kudinov A.A., Petrova A.V. Trial using of BLUP Animal Model approach in livestock of Leningrad region. *Dairy and beef cattle farming*. 2016; 1: 2–5 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vqcepl>
5. Myrryn V.S. The stand — by is a home pedigree resources. *Zootechniya*. 2016; 4: 2–4 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vqavpb>
6. Popov N.A., Simonov G.A., Shichkin G.I., Khalizova Z.N. Evaluation of producer bulls in the breeding system of a breeding herd. *Effektivnoye zhitovnovodstvo*. 2021; 5: 87–90 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2021-5-87-90>
7. Popov N.A., Shichkin G.I., Shchegolkov N.F., Simonov G.A., Khalizova Z.N. Longevity index and breeding of Red-Spotted cows. *Effektivnoye zhitovnovodstvo*. 2024; 1: 44–47 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2024-1-44-47>
8. Ivanov V.A., Popov N.A. Uterine families in dairy cattle breeding. *Ural'skie nivy*. 1985; 12: 34–36 (in Russian).
9. Saplitsky M.L., Stepanov P.A. Role of breeding farms in the increase of genetic potential of Black-and-White performance. *Dairy and beef cattle farming*. 2015; 1: 8–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tjlnhz>
10. Suslov D.Yu., Voyevodin A.V., Kholev S.A., Tyapugin S.E. Modern assessment of breeding value dairy direction. *Dairy and beef cattle farming*. 2018; 1: 9–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wabwbv>
11. Popov N.A. Breeding value of Holstein bulls in farms of the Moscow region. *Dairy and beef cattle farming*. 2023; 4: 16–20 (in Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.98.65.004>
12. Lyubimov A.I., Yudin V.M. Productive qualities of Black-and-White breed at different types and of degrees used inbreeding. *Zootechniya*. 2013; 11: 2–3 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rdxnjt>
13. Jumaguzin I.F., Aminova A.L., Sedykh T.A. Productive longevity and lifelong productivity of daughters of Holstein bulls-producers with different variants of kappa-casein genotype. *Agrarian science*. 2022; 1: 60–63 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-60-63>

ОБ АВТОРАХ

Николай Александрович Попов¹

главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор
genetic-pna@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4263-7320>

Николай Федорович Щегольков²

доцент, кандидат сельскохозяйственных наук
nikfed50@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7296-5790>

¹ Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела ул. им. Ленина, 13, пос. Лесные Поляны, Пушкино, Московская обл., 141212, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Nikolai Alexandrovich Popov¹

Chief Researcher, Doctor of Biological Sciences, Professor
genetic-pna@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4263-7320>

Nikolai Fedorovich Shchegolkov²

Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences
nikfed50@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7296-5790>

¹ L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60 Dubrovitsy village, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Breeding, 13 Lenin Str., Lesnye Polyany village, Pushkino, Moscow region, 141212, Russia

УДК 612.32:579:636.32/.38+636.32/.38.084.085.54

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-85-90

Н.С. Колесник ✉
 А.А. Зеленченкова
 П.С. Вьючная
 О.А. Артемьева

Федеральный исследовательский центр
 животноводства — ВИЖ им. академика
 Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл.,
 Россия

✉ kominisiko@mail.ru

Поступила в редакцию:
 11.03.2024

Одобрена после рецензирования:
 02.06.2024

Принята к публикации:
 17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-85-90

Nikita S. Kolesnik ✉
 Alena A. Zelenchenkova
 Polina S. Vyuchnaya
 Olga A. Artemyeva

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal
 Husbandry Podolsk, Moscow Region, Russia

✉ kominisiko@mail.ru

Received by the editorial office:
 11.03.2024

Accepted in revised:
 02.06.2024

Accepted for publication:
 17.06.2024

Микробиологические показатели в рубце овец при скармливании разного уровня концентратов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье представлены результаты исследования влияния скармливания различного уровня концентратов на микробиоту рубца у овец.

Методы. Эксперимент проведен на базе физиологического двора ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на овцах романовской породы с хроническими фистулами рубца по Басову. Опыт проведен методом групп периодов, длительность каждого — 30 дней ($n = 6$). В первый период овцы получали сеноконцентратный рацион с содержанием 20% концентратов, во второй — 30%, в третий — 40% концентратов по питательности. В конце каждого балансового опыта у всех животных ($n = 6$) отбирались пробы рубцового содержимого для генетического исследования рубцовой микробиоты.

Результаты. Повышение концентратов до 40% привело к снижению общей микробной массы на 6% и 7,5% по сравнению с 20% и 30% содержания концентратов в рационе соответственно. Амилитическая активность рубца после кормления постепенно увеличивалась с 12,73 до 14,21 Е/мл при смене рациона на более концентрированный. С увеличением доли концентратов происходит рост популяции энтерококков с максимумом при 30% концентратов. Наиболее интенсивный рост популяции лактобактерий наблюдается при скармливании 30% концентратов ($4,78 \cdot 10^5$ КОЕ/мл против $3,18 \cdot 10^5$ КОЕ/мл при 40%). Соотношение КМАФАнМ до и после кормления оставалось постоянным с выраженным максимумом при 30% концентратов. Не удалось обнаружить устойчивую закономерность в изменении количества грибов в рубце при разном уровне концентратов в рационе. Метагеномный анализ показал увеличение количества *Lactobacillus spp.*, *Bacteroides spp.*, *Blautia spp.*, *Streptococcus spp.*, *Roseburia inulinivorans*, *Prevotella spp.* при снижении количества *Bifidobacterium spp.*, *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosphaera stadmanae*, *Ruminococcus spp.* в рубцовом содержимом с увеличением концентратов на 20%, 30% и 40%. Наибольшее количество микроорганизмов наблюдается при скармливании животным 30% концентратов.

Ключевые слова: овцы, микробная масса, метаногены, концентраты, рубец, ПЦР-ВР

Для цитирования: Колесник Н.С., Зеленченкова А.А., Вьючная П.С., Артемьева О.А. Микробиологические показатели в рубце овец при скармливании разного уровня концентратов. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 85–90.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-85-90>

© Колесник Н.С., Зеленченкова А.А., Вьючная П.С., Артемьева О.А.

Microbiological indicators in the rumen of sheep when fed different levels of concentrates

ABSTRACT

Relevance. This article presents the results of a study of the effect of feeding different levels of concentrates on the rumen microbiota of sheep.

Methods. The experiment was carried out on the basis of the physiological yard of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry on Romanov sheep with chronic rumen fistulas according to Basov. The experiment was conducted using the method of groups of periods, the duration of each period is 30 days ($n = 6$). In the first period, the sheep received a hay-concentrate diet containing 20% concentrates, in the second — 30%, in the third — 40% of nutritional concentrates. At the end of each balance experiment, samples of ruminal contents were taken from all animals ($n = 6$) for a genetic study of the rumen microbiota.

Results. Increasing concentrates to 40% resulted in a 6% and 7.5% reduction in total microbial mass compared with 20% and 30% concentrate diets, respectively. The amyolytic activity of the rumen after feeding gradually increased from 12.73 to 14.21 U/ml when the diet was changed to a more concentrated one. With an increase in the proportion of concentrates, the population of enterococci increases with a maximum at 30% of concentrates. The most intensive growth of the lactobacilli population is observed when feeding 30% concentrates ($4.78 \cdot 10^5$ CFU/ml versus $3.18 \cdot 10^5$ CFU/ml at 40%). The ratio of QMAFAnM before and after feeding remained constant with a pronounced maximum at 30% concentrates. It was not possible to detect a consistent pattern in the change in the number of fungi in the rumen at different levels of concentrates in the diet. Metagenomic analysis showed an increase in the number of *Lactobacillus spp.*, *Bacteroides spp.*, *Blautia spp.*, *Streptococcus spp.*, *Roseburia inulinivorans*, *Prevotella spp.*, with a decrease in the number of *Bifidobacterium spp.*, *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosphaera stadmanae*, *Ruminococcus spp.* in ruminal contents with an increase in concentrates by 20%, 30% and 40%. The highest contamination with microorganisms is observed when feeding animals 30% concentrates.

Key words: sheep, microbial mass, methanogens, concentrates, rumen, RT-PCR

For citation: Kolesnik N.S., Zelenchenkova A.A., Vyuchnaya P.S., Artemyeva O.A. Microbiological indicators in the rumen of sheep when fed different levels of concentrates. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 85–90 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-85-90>

© Kolesnik N.S., Zelenchenkova A.A., Vyuchnaya P.S., Artemyeva O.A.

Введение/Introduction

Животноводство — динамично развивающаяся отрасль сельского хозяйства. Домашние жвачные являются важными животными — производителями белка и вносят огромный вклад в удовлетворение растущего спроса человека на высококачественную продукцию [1]. В свою очередь, продуктивность и здоровье животных напрямую зависят от микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте. Исследования М.-У. Хие и соавт. продемонстрировали связь бактериального сообщества в рубце с продуктивностью молочных коров [2]. За счет разложения и ферментации корма рубцовая микробиота обеспечивает организм микробными белком и витаминами, играя существенную роль в метаболизме животного-хозяина [3].

Микробиом рубца представляет собой сложную многофункциональную систему анаэробных микроорганизмов, состоящую из бактерий (около 95%), архей (2–5%) и эукариотов (до 1%), которые активно участвуют в процессе разложения компонентов корма [4]. Бактерии являются крупнейшим компонентом микробной биомассы в рубце, их количество составляет 10^{10} – 10^{11} клеток/мл, разнообразие бактерий в рубце оценивается в 7000 видов, из которых около 30% до сих пор не идентифицированы [5].

Амилитические бактерии расщепляют мальтозу и крахмал до мравьиной, уксусной и янтарной кислот. Целлюлозолитики расщепляют сложные углеводы до ди- и моносахаридов, а молочнокислые бактерии в свою очередь разлагают крахмал и сахара до молочной кислоты. Липолитические бактерии необходимы для разложения жиров до глицерина и жирных кислот (ЖК), в то время как протеолитики расщепляют белки и полипептиды до аминокислот (АК) [6]. На долю простейших может приходиться до 50% биомассы в рубце, но их роль в микробной экосистеме рубца не до конца изучена. Известно, что они измельчают и разрыхляют частицы корма, участвуют в процессах ферментации и азотистом обмене, а также способствуют механическому перемешиванию рубцовой жидкости за счет своей подвижности и относительно крупных размеров [5, 7].

Грибы микробиома рубца, представленные шестью основными родами (*Neocallimastix*, *Caecomyces*, *Piromyces*, *Anaeromyces*, *Orpinomyces* и *Cyllamyces*), обладают целлюлозолитической активностью, сбраживают сахара, однако не являются обязательными участниками рубцовой экосистемы [5, 8]. Уникальной особенностью микробиоты рубца является ее синтрофное существование, при котором конечный продукт одного микробного консорциума используется другим. Побочные продукты анаэробной ферментации, такие как CO_2 и H_2 , используются рубцовыми археями для образования метана [5].

На микробиом рубца влияют генотип, индивидуальные особенности и возраст животного, его физиологическое состояние, такое как лактация, а также рацион питания, при этом кормовые факторы оказывают доминирующее влияние на состав микробного консорциума рубца [9–11]. При увеличении количества концентратов (особенно содержащих крахмал) в рационе увеличивается количество амилитических бактерий за счет

изменения соотношения субстратов [12, 13]. Они производят пропионат вместо ацетата, изменяя таким образом соотношение «ацетат — пропионат». Из-за изменения соотношения летучих жирных кислот (ЛЖК) уменьшается количество водорода, доступного метаногенным археям, и снижается pH рубца, что еще больше ингибирует рост популяции простейших и метаногенов [14, 15].

Увеличение доли концентратов в рационе является одной из стратегий по снижению уровня выделения метана жвачными животными путем управления кормлением и питанием. Данная стратегия имеет научный и практический интерес и легко сочетается с другими способами снижения выделения CH_4 [16]. В исследовании М. Schilde и соавт. продемонстрирован эффект синергизма концентратов и 3-нитрооксипропанола (3-NOP), который является ингибитором метаногенеза [17].

Цель работы — изучить влияние скармливания различного уровня концентрированных кормов на микробиоту рубца у овец.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования, направленные на изучение влияния уровней концентратов на рубцовую микробиоту жвачных животных, проводились методом групп-периодов на баранчиках романовской породы в возрасте 2 лет в количестве 6 голов с живой массой 55 ± 2 кг с хроническими фистулами рубца по Басову¹ в условиях физиологического двора и в лабораториях ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2023 году.

Согласно схеме опыта, в первый период животным скармливали 20% концентратов, во второй — 30%, в третий — 40% концентратов от общей питательности рациона. Продолжительность каждого периода составляла 30 дней.

Основной рацион и условия содержания животных (температурный, влажностный и световой режимы, газовый состав воздуха в помещении) в исследуемые периоды были одинаковыми и в пределах зоогиgienических норм. Протокол исследования на животных был одобрен биоэтической комиссией ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста (протокол от 20 марта 2023 года № 2).

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

В конце каждого балансового опыта у всех животных ($n = 6$) с помощью зонда отбирались пробы рубцового содержимого за 1 час до кормления и через 3 часа после кормления для исследования рубцовой микробиоты.

ПЦР-исследование проводили в лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста при сотрудничестве с лабораторией молекулярной генетики сельскохозяйственных животных, где за 1 час до кормления и через 3 часа после кормления в рубцовом содержимом определяли биомассу простейших и бактерий методом дифференцированного центрифугирования⁴.

¹ Оперативные методы исследований сельскохозяйственных животных. Алиев А.А. Серия: Методы физиологических исследований. Л.: Наука, Ленинградское отделение. 1974; 1–336.

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях (https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf).

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

⁴ Методы исследования микрофлоры пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных и птиц / Б.В. Тараканов. Российская академия с.-х. наук. Всероссийский НИИ физиологии, биохимии и питания с.-х. животных. Боровск: ВНИИФБиП с.-х. животных. 1998; 145.

Для проведения полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) применяли комплект реагентов «Колонофлор-16 (премиум)» ООО «Альфа-лаб» (г. Санкт-Петербург, Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Интерпретацию результатов амплификации осуществляли согласно инструкции производителя. В процессе исследования были проанализированы 30 видов микроорганизмов, в том числе метаногены, общее бактериальное число и наличие генов патогенности, определяющих энтероинвазивные свойства *E. Coli*.

Видовую идентификацию микроорганизмов проводили по следующим критериям: оценка морфологии и результатов микроскопии колоний, выросших на дифференциально-диагностических средах; результаты биохимической идентификации на микробиологических средах (Himedia, Индия) и панелях тест-систем (BioMerieux, Франция):

молочнокислые микроорганизмы (лакто- и бифидобактерии) — MRS и «Бифидум-среда»;

бактерии рода кишечной палочки (БГКП) — «Агар Эндо-ГРМ»;

гемолитические организмы — мясопептонный агар (МПА) с добавлением 5% дефибринированной бараньей крови;

дрожжи и дрожжеподобные грибы — «Агар Сабуро» с добавлением 5% теллурита калия.

Морфологические свойства микроорганизмов определяли методом микроскопии по Граму⁵, подсчет общего числа простейших — путем микроскопического подсчета в счетной камере Горяева.

Обработку полученных данных выполняли в программе Microsoft Excel (США) с расширенным пакетом анализа данных и программы Statistica, version 13 Ru, StatSoft, Inc., 2011⁶ (США). При этом вычислены следующие величины: среднеарифметическая (M) и среднеквадратическая ошибка ($\pm m$), уровень значимости (*p*). Сравнительный анализ групп проводили по Тьюки-Краммеру⁷.

Результаты исследований считали высокодостоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$, $p < 0,05$. При $p < 0,1$ до $p > 0,05$ — тенденция к достоверности полученных данных. При $p > 0,1$ разницу считали недостоверной.

Результаты и обсуждения / Results and discussions

О течении микробиальных процессов в преджелудках свидетельствуют данные массы симбионтных микроорганизмов в рубцовом содержимом (табл. 1).

Содержание бактерий и простейших в исследовании изменяется в зависимости от количества вводимых концентратов. Так, к 3-му периоду численность бактерий составила 0,31 г / 100 мл, а простейших — 0,25 г / 100 мл, что на 0,05 и 0,03 г / 100 мл выше по количеству бактерий, на 0,04 и на 0,05 г / 100 мл ниже по количеству простейших по сравнению с 1-м и 2-м периодами, соответственно, до кормления животных. Через 3 часа после кормления наблюдается постепенное снижение количества бактерий с 0,37 до 0,32 г / 100 мл и увеличение простейших с 0,33 до 0,34 г / 100 мл. Повышение концентратов до 40% привело к снижению общей микробиальной массы на 6% и 7,5% по сравнению с 20% и 30% содержания концентратов в рационе соответственно.

Амилолитические бактерии, в основном стрептококки, представлены в рубце многочисленной группой. В данных опытах амилолитическая активность рубца после кормления постепенно увеличивалась (с 12,73 до 14,21 Е/мл) при смене рациона на более концентрированный.

Таким образом, результаты исследования показывают, что процент концентратов в рационе овец влияет на количественный и качественный состав микробиальной массы рубца. Данный факт в свою очередь влияет на характер ферментации и использование питательных веществ.

Бактерии играют ключевую роль в разложении полимерных углеводов в рационе животных. Фибролитические бактерии, такие как *Fibrobacter succinogenes* и *Ruminococcus flavefaciens*, специализируются на расщеплении полисахаридов целлюлозы и гемицеллюлозы [18]. Кроме того, амилолитические и лактат-использующие бактерии способствуют расщеплению крахмала и сахара, обеспечивая эффективное использование источников энергии в рубце [19]. Увеличение доли концентратов в рационе способствует замене бактерий *Firmicutes* и *Fibrobrates*, разлагающих клетчатку, на амилолитические виды микробов *Bacteroidetes* и *Proteobacteria*.

Была проведена оценка динамики изменения количества микробиальной массы рубца при скармливании животным низко- и высококонцентратного рациона путем высева десятикратных разведений на дифференциально-диагностические среды. Проведен сравнительный анализ групп по Тьюки-Краммеру. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1. Масса симбионтных микроорганизмов в рубцовом содержимом овец (n = 6)

Table 1. Mass of symbiont microorganisms in the rumen contents of sheep (n = 6)

Группа	В 100 мл рубцового содержимого, г					
	до кормления			через 3 часа после кормления		
	бактерии	простейшие	всего	бактерии	простейшие	всего
20% концентратов	0,26 ± 0,02	0,29 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,37 ± 0,05	0,33 ± 0,04	0,70 ± 0,08
30% концентратов	0,28 ± 0,03	0,30 ± 0,06	0,58 ± 0,07	0,34 ± 0,06	0,37 ± 0,07	0,71 ± 0,12
40% концентратов	0,31 ± 0,01	0,25 ± 0,01	0,56 ± 0,02	0,32 ± 0,01	0,34 ± 0,02	0,66 ± 0,01

Таблица 2. Количество микробиальной массы в рубцовом содержимом в зависимости от уровня концентратов

Table 2. Amount of microbial mass in ruminal contents depending on the level of concentrates

	A	B	C	D	E	F	P-значение
Лактобактерии, IgKOE/мл	3,62 ^{AE}	5,27	3,87 ^{CE}	5,67	4,53 ^{AE}	5,48	7,54 · 10 ⁻¹⁴
Энтерококки, IgKOE/мл	4,19	4,63	4,32	5,12	4,26	5,03	4,38 · 10 ⁻⁶
КМАФАнМ, IgKOE/мл	5,16 ^{AC}	7,42 ^{BD}	8,39 ^{CE}	9,41 ^{DF}	7,13 ^{AE}	8,43 ^{BF}	1,20 · 10 ⁻²⁰
Целлюлозолит. бактерии, IgKOE/мл	6,38 ^{AE}	7,01 ^{BF}	5,89 ^{CE}	6,80 ^{DF}	7,18	8,23	6,24 · 10 ⁻¹⁰
Лактозоположительная, IgKOE/мл	2,78 ^{AC}	4,83	4,19	5,09	4,08 ^{AE}	4,60	1,18 · 10 ⁻⁸
Лактозоотрицательная, IgKOE/мл	—*	—	—	—	—	—	—
Плесени, IgKOE/мл	2,15	1,73	1,61	1,86	2,01	1,59	0,37
Дрожжеподобные грибы, IgKOE/мл	1,96 ^{AC}	2,68	2,86 ^{CE}	3,38	1,56	2,93	7,53 · 10 ⁻⁸

Примечание: А — 20% концентратов (за час до кормления); В — 20% концентратов (через 3 часа после кормления); С — 30% концентратов (за час до кормления); D — 30% концентратов (через 3 часа после кормления); E — 40% концентратов (за час до кормления); F — 40% концентратов (через 3 часа после кормления); КМАФАнМ — количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов; * микроорганизмы не обнаружены.

⁵ ГОСТ ISO 7218-2015 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.

⁶ www.statsoft.com

⁷ Тьюки Д.В. Анализ результатов наблюдений. М.: Мир 1981.

Стоит отметить, что количественное соотношение некоторых групп микроорганизмов до и после кормления сохраняется. Так, наименьшее количество энтерококков (4,19 IgKOE/мл) наблюдается при низкоконцентратном рационе до кормления, 4,63 IgKOE/мл — после. С увеличением доли концентратов происходит рост популяции данных микроорганизмов с максимумом при 30% концентратов (4,32 IgKOE/мл до кормления и 5,12 IgKOE/мл через 3 часа после кормления). Достоверных различий между группами до кормления (А, С, Е) и после (В, D, F) не обнаружено. Количество лактобактерий значительно увеличивается при переходе на высококонцентратный рацион за счет увеличения доли поступающих в организм углеводов. Лактобактерии в рубце ферментируют моносахара до молочной кислоты, снижая pH рубца [6], что в свою очередь способствует угнетению активности метаногенных архей.

До кормления наибольшее количество данной группы бактерий (4,53 IgKOE/мл) наблюдалось при 40% концентратов, однако после кормления рост популяции лактобактерий при скормливания 30% концентратов был более интенсивным по сравнению с высококонцентратным рационом (5,67 IgKOE/мл против 5,48 IgKOE/мл). Наблюдаются достоверные различия между группами А, С и Е (табл. 2). Соотношение КМАФАнМ до и после кормления оставалось постоянным с выраженным максимумом при 30% концентратов. Стоит отметить, что были обнаружены достоверные различия между всеми изучаемыми группами по данному показателю. Не удалось обнаружить устойчивую закономерность в изменении количества грибов в рубце при разном уровне концентратов в рационе.

Грибы рубца не являются обязательными обитателями и у некоторых животных не обнаруживаются. Тем не менее они обладают очень высоким потенциалом разложения клетчатки, поскольку кодируют множество ферментов, разрушающих растительные волокна [4]. Количество дрожжеподобных грибов увеличивалось с переходом на более концентрированные рационы, однако интенсивность их роста значительно отличалась.

Установлены достоверные различия между группами «А — С» и «С — Е». Количество плесеней при 20% и 40% концентратов после кормления значительно снижалось, в то время как при 30% наблюдался рост популяции данных микроорганизмов.

Наиболее противоречивые данные были получены по содержанию целлюлозолитических бактерий. Увеличение доли концентратов в рационе способствует изменению соотношения субстратов для рубцовой микробиоты, что приводит к снижению числа целлюлозолитиков и росту популяции амилोलитиков. При увеличении количества концентратов (особенно содержащих крахмал) в рационе снижается количество целлюлозолитических бактерий и увеличивается количество амилолитических бактерий за счет изменения соотношения субстратов [12, 13].

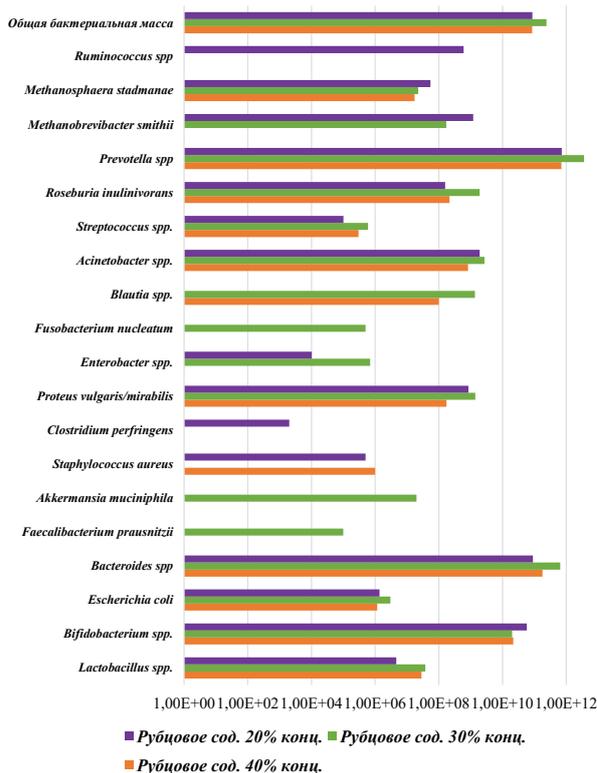
Однако, по данным авторов, наблюдается значительный рост количества целлюлозолитических бактерий при скормливания 40% концентратов, в то время как при 20% и 30% концентратов в рационе их содержание изменяется незначительно, что требует дальнейшего изучения.

Была проанализирована динамика изменения состава рубцовой микробиоты овец романовской породы с увеличением концентратов на 20%, 30% и 40% методом ПЦР-РВ (рис. 1).

Количество *Lactobacillus spp.* при потреблении 30% и 40% концентратов выросло, соответственно, на 14,6% и

Рис. 1. Микробиота рубцового содержимого овец (n = 6) при разном уровне концентратов в рационе

Fig. 1. Microbiota of sheep rumen contents (n = 6) at different levels of concentrates in the diet



12,4% относительно низкоконцентратного рациона, количество же *Bifidobacterium spp.* с увеличением доли концентратов снизилось на 5,1%. Наибольшая численность *Bacteroides spp.* наблюдается при 30% концентратов и составляет примерно $8,6 \cdot 10^{11}$. Аналогично количеству *Prevotella spp.* и *Roseburia inulinivorans* при низко- и высококонцентратном типе кормления оставалось неизменным, однако наблюдался рост данных бактерий при скормливания 30% концентратов.

С увеличением ввода концентратов увеличивается количество *Lactobacillus spp.*, *Bacteroides spp.*, *Blautia spp.*, *Streptococcus spp.*, *Roseburia inulinivorans*, *Prevotella spp.*, при этом снижается количество *Bifidobacterium spp.*, *Methanobrevibacter smithii*, *Methanospaera stadmanae*, *Ruminococcus spp.* в рубцовом содержимом, что в целом характерно для сеноконцентратного типа кормления. *Prevotella*, *Butyrivibrio* и *Ruminococcus*, а также неклассифицированные *Lachnospiraceae*, *Ruminococcaceae*, *Bacteroidales* и *Clostridiales* являются основными видами бактерий в рубце, и изменения в рационе могут влиять на общую структуру их сообщества [20]. *Prevotella* и неклассифицированные *Succinivibrionaceae*, вероятно, являются основными производителями пропионата и сукцината (предшественника пропионата), поэтому ответственны за более высокие уровни пропионата, образующегося в результате диеты, богатой концентратами [21], что наблюдается в данных исследованиях.

Производство метана в рубце в первую очередь связано с метаболической активностью метаногенных архей, которые представляют собой специализированные микроорганизмы, генерирующие метан в качестве побочного продукта. Яркие примеры метаногенных архей, обнаруженных в рубце, включают *Methanobrevibacter smithii*, *Methanospaera stadmanae*, *Methanomicrobium mobile* и *Methanosarcina spp.* [22, 23]. Эти археи

используют H_2 , CO_2 и метанол для синтеза метана [24]. Однако определенные виды бактерий в рубце вносят свой вклад в процесс ферментации, предоставляя субстраты, поддерживающие метаногенез [25].

В данных исследованиях с увеличением уровня концентратов снижается количество основных метаногенов, а именно *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosphaera stadtmanae*. Наиболее зависящими от концентратного типа кормления оказались *Methanobrevibacter smithii*. Их количество заметно сократилось в рубцовом содержимом при вводе 40% концентратов.

В целом полученные данные путем посева на дифференциально-диагностические среды (табл. 2) соотносятся с результатами, от метода ПЦР (рис. 1). Наибольшее количество микробной массы наблюдается при скормливания 30% концентратов.

Выводы/Conclusion

Амилолитическая активность рубцовой жидкости после кормления постепенно увеличивалась с 12,73 до

14,21 Е/мл при смене рациона на более концентрированный. Повышение в рационе концентратов до 40% привело к снижению общей микробной массы на 6% и 7,5% по сравнению с 20% и 30% содержания концентратов в рационе соответственно.

Метагеномный анализ показал увеличение количества *Lactobacillus spp.*, *Bacteroides spp.*, *Blautia spp.*, *Streptococcus spp.*, *Roseburia inulinivorans*, *Prevotella spp.* при снижении количества *Bifidobacterium spp.*, *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosphaera stadtmanae*, *Ruminococcus spp.* в рубцовом содержимом с увеличением концентратов на 20%, 30% и 40%. С увеличением уровня концентратов снизилось количество метаногенов *Methanobrevibacter smithii*, *Methanosphaera stadtmanae* в рубце.

Полученные методом ПЦР-РВ данные соотносятся с результатами посева на дифференциально-диагностических средах. Наибольшее количество микроорганизмов наблюдается при скормливания животным 30% концентратов.

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 Минобрнауки России в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты» (FGGN-2022-0009).

FUNDING

The study was carried out with financial support from the Russian Ministry of Education and Science as part of the national project "Science and Universities" (FGGN-2022-0009).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Clark S., García 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>
- Xue M.-Y., Sun H.-Z., Wu X.-H., Liu J.-X., Guan L.L. Multi-omics reveals that the rumen microbiome and its metabolome together with the host metabolome contribute to individualized dairy cow performance. *Microbiome*. 2020; 8: 64. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00819-8>
- Jiang Q. et al. Metagenomic insights into the microbe-mediated B and K₂ vitamin biosynthesis in the gastrointestinal microbiome of ruminants. *Microbiome*. 2022; 10: 109. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01298-9>
- Мирошникова М.С. Основные представители микробиома рубца (обзор). *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(4): 174–185. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-174>
- Lan W., Yang C. Ruminant methane production: Associated microorganisms and the potential of applying hydrogen-utilizing bacteria for mitigation. *Science of the Total Environment*. 2019; 654: 1270–1283. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.180>
- Колоскова Е.М., Остренко К.С., Езерский В.А., Овчарова А.Н., Белова Н.В. Исследование микробиома рубца у овец с использованием молекулярно-генетических методов (обзор). *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2020; 4: 5–26. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4.5-26>
- Радчиков В.Ф. и др. Процессы в пищеварении и использование питательных веществ корма при разном соотношении расщепляемого и нерасщепляемого протеина. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения академика С.И. Назарова. Минск: Белорусская наука. 2023; 240–245. <https://elibrary.ru/kngqhw>
- Ishaq S.L., Kim C.J., Reis D., Wright A.-D.G. Fibrolytic Bacteria Isolated from the Rumen of North American Moose (*Alces alces*) and Their Use as a Probiotic in Neonatal Lambs. *PLoS ONE*. 2015; 10(12): e0144804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144804>
- Dieho K. et al. Changes in rumen microbiota composition and in situ degradation kinetics during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(4): 2695–2710. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11982>
- Vasta V. et al. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(5): 3781–3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>
- Ellison M.J. et al. Diet and feed efficiency status affect rumen microbial profiles of sheep. *Small Ruminant Research*. 2017; 156: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.009>
- Li F., Cao Y., Liu N., Yang X., Yao J., Yan D. Subacute ruminal acidosis challenge changed in situ degradability of feedstuffs in dairy goats. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(8): 5101–5109. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7676>

REFERENCES

- Clark S., García 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>
- Xue M.-Y., Sun H.-Z., Wu X.-H., Liu J.-X., Guan L.L. Multi-omics reveals that the rumen microbiome and its metabolome together with the host metabolome contribute to individualized dairy cow performance. *Microbiome*. 2020; 8: 64. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00819-8>
- Jiang Q. et al. Metagenomic insights into the microbe-mediated B and K₂ vitamin biosynthesis in the gastrointestinal microbiome of ruminants. *Microbiome*. 2022; 10: 109. <https://doi.org/10.1186/s40168-022-01298-9>
- Miroshnikova M.S. The main representatives of the rumen microbiome (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(4): 174–185 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-4-174>
- Lan W., Yang C. Ruminant methane production: Associated microorganisms and the potential of applying hydrogen-utilizing bacteria for mitigation. *Science of the Total Environment*. 2019; 654: 1270–1283. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.180>
- Koloskova E.M., Ostrenko K.S., Yezersky V.A., Ovcharova A.N., Belova N.V. Studies of the sheep rumen microbiome using molecular genetic methods: a review. *Problems of Productive Animal Biology*. 2020; 4: 5–26 (in Russian). <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2020.4.5-26>
- Radchikov V.F. et al. Processes in digestion and the use of feed nutrients with a different ratio of cleavable and non-cleavable protein. *Scientific and technological progress in agricultural production. Proceedings of the International scientific and technical conference dedicated to the 95th anniversary of the birth of Academician S.I. Nazarov*. Minsk: Belorusskaya nauka. 2023; 240–245 (in Russian). <https://elibrary.ru/kngqhw>
- Ishaq S.L., Kim C.J., Reis D., Wright A.-D.G. Fibrolytic Bacteria Isolated from the Rumen of North American Moose (*Alces alces*) and Their Use as a Probiotic in Neonatal Lambs. *PLoS ONE*. 2015; 10(12): e0144804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144804>
- Dieho K. et al. Changes in rumen microbiota composition and in situ degradation kinetics during the dry period and early lactation as affected by rate of increase of concentrate allowance. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(4): 2695–2710. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11982>
- Vasta V. et al. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(5): 3781–3804. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>
- Ellison M.J. et al. Diet and feed efficiency status affect rumen microbial profiles of sheep. *Small Ruminant Research*. 2017; 156: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.009>
- Li F., Cao Y., Liu N., Yang X., Yao J., Yan D. Subacute ruminal acidosis challenge changed in situ degradability of feedstuffs in dairy goats. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(8): 5101–5109. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7676>

13. Petri R.M., Forster R.J., Yang W., McKinnon J.J., McAllister T.A. Characterization of rumen bacterial diversity and fermentation parameters in concentrate fed cattle with and without forage. *Journal of Applied Microbiology*. 2012; 112(6): 1152–1162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05295.x>
14. Fouts J.Q., Honan M.C., Roque B.M., Tricarico J.M., Kebreab E. Enteric methane mitigation interventions. *Translational Animal Science*. 2022; 6(2): txac041. <https://doi.org/10.1093/tas/txac041>
15. Ribeiro Pereira L.G. et al. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2015; 28(2): 124–143. <https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCPV28N2A02>
16. Vargas J., Ungerfeld E., Muñoz C., DiLorenzo N. Feeding Strategies to Mitigate Enteric Methane Emission from Ruminants in Grassland Systems. *Animals*. 2022; 12(9): 1132. <https://doi.org/10.3390/ani12091132>
17. Schilde M., von Soosten D., Hüther L., Meyer U., Zeyner A., Dänicke S. Effects of 3-nitrooxypropanol and varying concentrate feed proportions in the ration on methane emission, rumen fermentation and performance of periparturient dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*. 2021; 75(2): 79–104. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1877986>
18. Flint H.J., Bayer E.A., Rincon M.T., Lamed R., White B.A. Polysaccharide utilization by gut bacteria: potential for new insights from genomic analysis. *Nature Reviews Microbiology*. 2008; 6(2): 121–131. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1817>
19. Carpinelli N.A. et al. Effects of periparturient yeast culture supplementation on lactation performance, blood biomarkers, rumen fermentation, and rumen bacteria species in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(10): 10727–10743. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20002>
20. Henderson G. et al. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific reports*. 2015; 5: 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
21. Russell J.B., Rychlik J.L. Factors That Alter Rumen Microbial Ecology. *Science*. 2001; 292(5519): 1119–1122. <https://doi.org/10.1126/science.1058830>
22. Moissl-Eichinger C., Pausan M., Taffner J., Berg G., Bang C., Schmitz R.A. Archaea Are Interactive Components of Complex Microbiomes. *Trends in Microbiology*. 2018; 26(1): 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.07.004>
23. Skillman L.C., Evans P.N., Strömpl C., Joblin K.N. 16S rDNA directed PCR primers and detection of methanogens in the bovine rumen. *Letters in Applied Microbiology*. 2006; 42(3): 222–228. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2005.01833.x>
24. Welander P.V., Metcalf W.W. Loss of the *mtr* operon in *Methanosarcina* blocks growth on methanol, but not methanogenesis, and reveals an unknown methanogenic pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005; 102(30): 10664–10669. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502623102>
25. Greening C. et al. Diverse hydrogen production and consumption pathways influence methane production in ruminants. *The ISME Journal*. 2019; 13(10): 2617–2632. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0464-2>
13. Petri R.M., Forster R.J., Yang W., McKinnon J.J., McAllister T.A. Characterization of rumen bacterial diversity and fermentation parameters in concentrate fed cattle with and without forage. *Journal of Applied Microbiology*. 2012; 112(6): 1152–1162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2012.05295.x>
14. Fouts J.Q., Honan M.C., Roque B.M., Tricarico J.M., Kebreab E. Enteric methane mitigation interventions. *Translational Animal Science*. 2022; 6(2): txac041. <https://doi.org/10.1093/tas/txac041>
15. Ribeiro Pereira L.G. et al. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2015; 28(2): 124–143. <https://doi.org/10.17533/UDEA.RCCPV28N2A02>
16. Vargas J., Ungerfeld E., Muñoz C., DiLorenzo N. Feeding Strategies to Mitigate Enteric Methane Emission from Ruminants in Grassland Systems. *Animals*. 2022; 12(9): 1132. <https://doi.org/10.3390/ani12091132>
17. Schilde M., von Soosten D., Hüther L., Meyer U., Zeyner A., Dänicke S. Effects of 3-nitrooxypropanol and varying concentrate feed proportions in the ration on methane emission, rumen fermentation and performance of periparturient dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*. 2021; 75(2): 79–104. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2021.1877986>
18. Flint H.J., Bayer E.A., Rincon M.T., Lamed R., White B.A. Polysaccharide utilization by gut bacteria: potential for new insights from genomic analysis. *Nature Reviews Microbiology*. 2008; 6(2): 121–131. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1817>
19. Carpinelli N.A. et al. Effects of periparturient yeast culture supplementation on lactation performance, blood biomarkers, rumen fermentation, and rumen bacteria species in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(10): 10727–10743. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20002>
20. Henderson G. et al. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific reports*. 2015; 5: 14567. <https://doi.org/10.1038/srep14567>
21. Russell J.B., Rychlik J.L. Factors That Alter Rumen Microbial Ecology. *Science*. 2001; 292(5519): 1119–1122. <https://doi.org/10.1126/science.1058830>
22. Moissl-Eichinger C., Pausan M., Taffner J., Berg G., Bang C., Schmitz R.A. Archaea Are Interactive Components of Complex Microbiomes. *Trends in Microbiology*. 2018; 26(1): 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2017.07.004>
23. Skillman L.C., Evans P.N., Strömpl C., Joblin K.N. 16S rDNA directed PCR primers and detection of methanogens in the bovine rumen. *Letters in Applied Microbiology*. 2006; 42(3): 222–228. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2005.01833.x>
24. Welander P.V., Metcalf W.W. Loss of the *mtr* operon in *Methanosarcina* blocks growth on methanol, but not methanogenesis, and reveals an unknown methanogenic pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005; 102(30): 10664–10669. <https://doi.org/10.1073/pnas.0502623102>
25. Greening C. et al. Diverse hydrogen production and consumption pathways influence methane production in ruminants. *The ISME Journal*. 2019; 13(10): 2617–2632. <https://doi.org/10.1038/s41396-019-0464-2>

ОБ АВТОРАХ

Никита Сергеевич Колесник

младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Алёна Анатольевна Зеленченкова

старший научный сотрудник, заведующая лабораторией фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб, кандидат сельскохозяйственных наук aly4383@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Полина Сергеевна Вьючная

младший научный сотрудник лаборатории фундаментальных основ питания сельскохозяйственных животных и рыб vyuchnaya@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-4669-2395>

Ольга Анатольевна Артемьева

ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат биологических наук vijmikrob@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл., 142132, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Nikita Sergeevich Kolesnik

Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish kominisiko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4267-5300>

Alena Anatolyevna Zelenchenkova

Senior Researcher, Head of the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish, Candidate of Agricultural Sciences aly4383@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8862-3648>

Polina Sergeevna Vyuchnaya

Junior Researcher at the Laboratory of Fundamental Principles of Nutrition of Farm Animals and Fish vyuchnaya@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-4669-2395>

Olga Anatolyevna Artemyeva

Leading Researcher, Head of the Microbiology Laboratory, Candidate of Biological Sciences vijmikrob@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7706-4182>

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry,

60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia

УДК 579.243, 57.033, 57.042.2

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-91-95

Е.П. Мирошникова
 А.Е. Аринжанов
 Ю.В. Киякова
 О.А. Черногорец
 А.Н. Сизенцов ✉

Оренбургский государственный
 университет, Оренбург, Россия

✉ asizen@mail.ru

Поступила в редакцию:
 14.12.2023

Одобрена после рецензирования:
 02.06.2024

Принята к публикации:
 17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-91-95

Elena P. Miroshnikova
 Azamat E. Arinzhanov
 Yulia V. Kilyakova
 Olga A. Chernogorets
 Alexey N. Sizentsov ✉

Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉ asizen@mail.ru

Received by the editorial office:
 14.12.2023

Accepted in revised:
 02.06.2024

Accepted for publication:
 17.06.2024

Оценка аддитивного эффекта взаимодействия фитобиотиков с цинком на *Quorum Sensing P. aeruginosa* на модели *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Развитие сектора аквакультуры является одним из перспективно развивающихся направлений, способствующих обеспечению продовольственной безопасности человечества в мире. Однако все водные животные восприимчивы к воздействию негативных факторов, приводящих к снижению показателей интенсивности роста, снижению качества готовой продукции и т. д.

Методы. В работе представлены экспериментальные данные исследования аддитивного эффекта комбинации различных коммерческих фитобиотических препаратов с цинком на чувство кворума и ингибирующие характеристики на модели полирезистентного штамма *P. aeruginosa*. Выбор штамма обусловлен его высокими резистентными характеристиками, способностью к биопленкообразованию, а также возможностью визуальной оценки воздействия тестируемых соединений на Quorum Sensing (QS) систему за счет подавления образования пигмента пиоцианина, обеспечивающие факторы вирулентности и рост биопленки. В качестве регулирующих рост тестируемого штамма факторов использовали препараты «Бутитан», «Пробиоцид®-Фито», «Интебио», в качестве источника катионов цинка использовали ZnSO₄. Использование диффузионного метода агаровых лунок позволило оценить не только уровень ингибирующего действия исследуемых соединений, но и наличие их воздействия (QS) системы.

Результаты. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о выраженном влиянии катионов цинка на продукцию пигмента пиоцианина (0,25 мМ/мл), как и на тестируемые препараты из группы кормовых фитобиотиков в концентрациях 100 мг/мл. Установлено наличие достоверно значимых различий ($p \leq 0,001$) воздействия на (QS) в комбинациях цинка с фитобиотиками в концентрациях 0,13 мМ/мл ZnSO₄ и экстрактов препаратов 50 мг/мл с наиболее высокими показателями у «Пробиоцид®-Фито». Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о перспективности использования исследуемых фитобиотиков в комбинации с эссенциальными элементами в качестве альтернативы кормовых антибиотиков в кормлении рыб, для профилактики инфекционных заболеваний.

Ключевые слова: фитобиотики, *P. aeruginosa*, цинк, аддитивный эффект, *Quorum Sensing*

Для цитирования: Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В., Черногорец О.А., Сизенцов А.Н. Оценка аддитивного эффекта взаимодействия фитобиотиков с цинком на *Quorum Sensing P. aeruginosa* на модели *in vitro*. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 91–95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-91-95>

© Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киякова Ю.В., Черногорец О.А., Сизенцов А.Н.

Evaluation of the additive effect of the interaction of phytobiotics with zinc on *Quorum Sensing P. aeruginosa* in an *in vitro* mode

ABSTRACT

Relevance. The development of the aquaculture sector is one of the promising developing areas that contribute to ensuring the food security of mankind in the world. However, all aquatic animals are susceptible to the impact of negative factors leading to a decrease in growth rates, a decrease in the quality of finished products, etc.

Methods. The paper presents experimental data on the study of the additive effect of a combination of various commercial phytobiotic drugs with zinc on the sense of quorum and inhibitory characteristics on a model of a polyresistant strain of *P. aeruginosa*. The choice of the strain is due to its high resistance characteristics, ability to biofilm formation, as well as the ability to visually assess the impact of the tested compounds on the Quorum Sensing (QS) system by suppressing the formation of the pyocyanin pigment, which provides virulence factors and biofilm growth. Butitan, Probiocid®-Phyto, and Intebio preparations were used as factors regulating the growth of the tested strain; ZnSO₄ was used as a source of zinc cations. The use of the diffusion method of agar wells allowed us to evaluate not only the level of the inhibitory effect of the studied compounds, but also the presence of their influence (QS) of the system.

Results. The experimental data obtained indicate a pronounced effect of zinc cations on the production of the pyocyanin pigment (0.25 mM/ml), as well as the tested preparations from the group of fodder phytobiotics at concentrations of 100 mg/ml. The presence of significantly significant differences ($p \leq 0.001$) in the impact on (QS) in combinations of zinc with phytobiotics at concentrations of 0.13 mM/ml ZnSO₄ and extracts of drugs 50 mg/ml was established, with the highest rates in "Probiocid®-Phyto". Thus, the data obtained allow us to conclude that the use of the studied phytobiotics in combination with essential elements is promising as an alternative to feed antibiotics in fish feeding, for the prevention of infectious diseases.

Key words: phytobiotics, *P. aeruginosa*, zinc, additive effect, *Quorum Sensing*

For citation: Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kilyakova Yu.V., Chernogorets O.A., Sizentsov A.N. Evaluation of the additive effect of the interaction of phytobiotics with zinc on Quorum Sensing *P. aeruginosa* in an *in vitro* model. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 91–95 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-91-95>

© Miroshnikova E.P., Arinzhanov A.E., Kilyakova Yu.V., Chernogorets O.A., Sizentsov A.N.

Введение/Introduction

Условия повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, направленные не только на увеличение продуктивности, но и на повышение качества готовой продукции, требуют от производителей использования различных кормовых добавок. Применение кормовых антибиотиков направлено на борьбу с биотическими стрессорами. Несмотря на очевидные преимущества, постоянное использование антибиотиков способствует развитию резистентности как условно-патогенных, так и патогенных микроорганизмов, что в конечном итоге послужило запретом на их использование.

В качестве альтернативы использования кормовых антибиотиков в настоящее время используются экологически чистые добавки, позволяющие избежать прямого и косвенного воздействия на водную экосистему и здоровье человека. Широкое использование фитобиотиков и экстрактов лекарственных трав в аквакультуре обусловлено их эффектами, стимулирующими рост, а также противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [1].

Фитобиотики — это кормовые добавки растительного происхождения, которые богаты различными биологически активными соединениями (фитохимическими веществами) с высокой питательной и (или) нутрицевтической ценностью, что позволяет их использовать в качестве биостимуляторов для сельскохозяйственных целей [2].

Многие водные микроорганизмы обладают способностью к формированию биопленок, регуляция образования которых обусловлена системой Quorum Sensing. Чувство кворума (QS) — это система межклеточной коммуникации, основанная на плотности клеток, которая играет ключевую роль в регуляции бактериальной вирулентности и образовании биопленки [3, 4]. QS не только реагирует на изменения бактериальной популяции, но также может реагировать на сигналы стресса окружающей среды. Эту пластичность следует принимать во внимание при исследовании и разработке терапевтических средств против QS [5].

В научной литературе представлены данные о возможном формировании совместных эволюционных сообществ, в которых растения производят флавоноиды, которые функционируют для поддержания симбиотических бактерий за счет усиления QS, одновременно подавляя потенциальные патогенные микроорганизмы для ингибирования QS [6]. Так, например, введение флавоноидов (флоретина, хризина и нарингенина) в культуру *P. aeruginosa* изменяет транскрипцию промоторов-мишеней, контролируемых определением кворума, и подавляет выработку факторов вирулентности, подтверждая их потенциал в качестве противоионифицирующих средств, которые действуют за счет традиционных бактерицидных или бактериостатических механизмов [7].

Представленные в литературе данные по изучению свойств лигнанов (сезамина и сезамолина), выделенных из кунжута (*Sesamum indicum* L.), против *P. aeruginosa* в отношении антикворумного восприятия и антибиопленочных свойств на основании действия изучения механизмов лигнанов на пути QS по средству экспрессии гена QS и проведения анализа *in silico*, свидетельствуют о том, что выделенные лигнаны проявляют активность в

отношении определения Quorum Sensing в концентрации 75 мкг/мл, не влияя на рост бактерий.

Было установлено снижение продукции факторов вирулентности, таких как пиоцианин, протеаза, эластаза и хитиназа. Лигнаны сильно повлияли на важные компоненты биопленки *P. aeruginosa*, включая альгинат, экзополисахариды и рамнолипиды [8].

Эфирные масла цитрусовых получили статус GRAS (международный нормативный статус безопасности пищевых продуктов) и могут использоваться в качестве антимикробных добавок для контроля бактериального кворума от потенциальных пищевых бактериальных патогенов. María C. Luciardí с соавт. были определены химический состав и ингибирующая активность эфирных масел *Citrus paradisi* (грейпфрута), полученных методом холодного отжима и методом холодного отжима с последующей паровой дистилляцией, в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Эфирные масла в концентрации 0,1 мг/мл не влияли на развитие бактерий, но ингибировали образование биопленки *P. aeruginosa* на 52–55%, жизнеспособность прикрепления — на 45–48%, продукцию аутоиндукторов и активность эластазы — на 30–56%. Лимонен был менее эффективен в ингибировании *P. aeruginosa*, чем эфирные масла, что свидетельствует о синергическом эффекте второстепенных компонентов [9].

Использование комплексов металлов для снижения или ингибирования факторов вирулентности *Pseudomonas aeruginosa* также является многообещающей стратегией лечения и контроля инфекций, вызванных этим патогеном с множественной лекарственной устойчивостью. Так, например, комплекс медь-CUR (комплекс пентагидрата сульфата меди (II) и куркумина) в концентрации 1/4 МПК (минимальная подавляющая концентрация) имеет наиболее выраженные ингибирующие характеристики на образование биопленок, продукцию альгината и пиоцианина [10].

Основываясь на вышеизложенном, была сформулирована цель проводимого исследования: оценить уровень аддитивного эффекта взаимодействия кормовых фитобиотиков в комплексе с цинком на Quorum Sensing бактериальной популяции клеток на модели *P. aeruginosa* в условиях *in vitro*.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные исследования проводились на кафедре биохимии и микробиологии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» с января по февраль 2022 года.

В качестве объекта исследования использовался почвенный изолят штамма *P. aeruginosa*. Чистые культуры были получены методом посева суспензии почвенных образцов в разведении 10^{-5} с последующим пересевом и предварительной идентификацией на основании тинкториальных, морфологических и культуральных характеристик. Окончательная видовая идентификация осуществлялась методом матрично-активированной лазерной десорбции (ионизации) с времяпролетной масс-спектрометрией (MALDI ToF MS)¹. Выбор данного микроорганизма обусловлен возможностью оценки воздействия тестируемых соединений на Quorum Sensing факторов (образование пигмента пиоцианина), обеспечивающих факторы вирулентности и рост биопленки.

¹ Использование метода времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией (ионизацией) (MALDI-ToF MS) для индикации и идентификации возбудителей I–II групп патогенности. Меганорм. Система нормативных документов. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293761/4293761699.htm>

В качестве факторов воздействия на QS-систему в эксперименте использовали следующие фитобиотические комплексы:

«Бутитан» — согласно инструкции эффективность биологического действия достигается вследствие синергетического эффекта экстракта сладкого каштана и бутирата кальция, входящих в состав кормовой добавки. Производитель «Танин Севница» (Словения). Входящие в состав экстракта сладкого каштана полифенолы повышают переваривание и всасывание питательных веществ, улучшают состояние слизистой желудочно-кишечного тракта и способствуют усилению кишечного иммунитета, что в свою очередь обеспечивает повышение производственных показателей в виде среднесуточного прироста [11].

«Пробиоцид®-Фито» — это комплекс на основе органических кислот и эфирного масла лемонграсса и пробиотических штаммов, способствующий формированию нормофлоры в желудочно-кишечном тракте и нормализации процессов пищеварения разработанный компанией ООО «Биотроф» (Россия). Входящие в состав препарата натуральные эфирные масла обладают выраженным антимикробным и антиоксидантным действием. Применение данной кормовой добавки снижает вероятность развития дисбактериоза у животных и птицы и повышает устойчивость к осложнениям, обусловленным стрессовыми ситуациями кормового и технологического характера [12].

«Интербио» — это натуральный заменитель кормовых антибиотиков на основе эфирных масел чеснока, лимона, чабреца и эвкалипта, разработанный в компании ООО «Биотроф» (Россия), для широкого применения как в птицеводстве, так и в животноводстве. Согласно опубликованным данным, данный фитобиотик обладает антимикробной, антиоксидантной и противовоспалительной активностью [13].

В качестве активатора антиQS-активности фитобиотических соединений использовали чистый для анализа (ЧДА) $ZnSO_4 \times 7H_2O$.

Для реализации поставленной цели использовалось устройство для вырезания лунок в толще агаризованного субстрата², обеспечивающего равномерно удаленное распределение зон тестируемых концентраций фитохимических соединений и их комплексов с $ZnSO_4 \times 7H_2O$. Комбинирование с методикой серийного разведения обеспечивало установление зон ингибирования роста, наличие аддитивного и

кворум-зависимого эффектов на основании визуальной оценки степени влияния тестируемых веществ как на рост используемого в эксперименте микроорганизма (зона ингибирования и пигментации) в зависимости от тестируемой концентрации, полученной последовательным разведением фитобиотиков (100 мг/мл, 50 мг/мл, 25 мг/мл) и раствора $ZnSO_4 \times 7H_2O$ (0,500 мМ/мл, 0,250 мМ/мл, 0,125 мМ/мл, 0,063 мМ/мл, 0,031 мМ/мл, 0,016 мМ/мл, 0,008 мМ/мл).

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с использованием офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel (Microsoft, США) с обработкой данных в Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США). Достоверность различий полученных результатов определяли по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В рамках проводимых экспериментальных исследований по оценке аддитивного эффекта взаимодействия тестируемых фитобиотических препаратов в комбинации с катионами цинка в структуре соли $ZnSO_4$ (выбор данного химического соединения обусловлен высокими показателями гидролиза) установлено, что все исследуемые препараты обладают выраженным действием на уровень пигментации исследуемого в работе изолята *P. aeruginosa* (рис. 1).

Следует отметить, что наиболее высокими показателями воздействия на QS-систему обладает фитобиотик «Пробиоцид®-Фито» на основе органических кислот и эфирного масла лемонграсса (*Cymbopogon flexuosus*) в концентрации 100 мг/мл по отношению к «Бутитану» (на 60,47%) и «Интербио» (на 30,19%) (табл. 1).

Рис. 1. Оценка влияния тестируемых фитобиотиков, сульфата цинка и их комплексов на рост и QS *P. Aeruginosa*. А — «Бутитан», Б — «Пробиоцид-Фито», В — «Итербио»

Fig. 1. Evaluation of the effect of the tested phytobiotics, zinc sulfate and their complexes on the growth and QS of *P. aeruginosa*. A — "Butitan", B — "Probiotsid-Fito", B — "Iterbio"

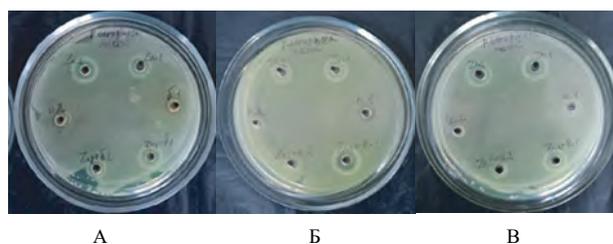


Таблица 1. Определение степени влияния тестируемых веществ и их комплексов на рост и QS клинического изолята *P. aeruginosa*
Table 1. Determination of the degree of influence of the tested substances and their complexes on the growth and QS of the clinical isolate *P. aeruginosa*

	Зона воздействия на QS и рост <i>P. aeruginosa</i> , мм					
Тестируемые вещества	$ZnSO_4$	«Бутитан»	$ZnSO_4$ + «Бутитан»	$ZnSO_4$	«Бутитан»	$ZnSO_4$ + «Бутитан»
Концентрация	0,250 мМ/мл	100 мг/мл	0,250 мМ/мл + 100 мг/мл	0,125 мМ/мл	50 мг/мл	0,125 мМ/мл + 50 мг/мл
$x \pm Sx$	16,40 ± 0,51	8,60 ± 0,25	15,00 ± 0,55***	13,60 ± 0,25	6,40 ± 0,40	11,4 ± 0,25***
Тестируемые вещества	$ZnSO_4$	«Пробиоцид-Фито»	$ZnSO_4$ + «Пробиоцид-Фито»	$ZnSO_4$	«Пробиоцид-Фито»	$ZnSO_4$ + «Пробиоцид-Фито»
Концентрация	0,250 мМ/мл	100 мг/мл	0,25 мМ/мл + 100 мг/мл	0,125 мМ/мл	50 мг/мл	0,125 мМ/мл + 50 мг/мл
$x \pm Sx$	17,80 ± 0,37	13,80 ± 0,74	17,80 ± 0,37**	13,60 ± 0,25	7,60 ± 0,25	13,20 ± 0,20***
Тестируемые вещества	$ZnSO_4$	«Итербио»	$ZnSO_4$ + «Итербио»	$ZnSO_4$	«Итербио»	$ZnSO_4$ + «Итербио»
Концентрация	0,250 мМ/мл	100 мг/мл	0,250 мМ/мл + 100 мг/мл	0,125 мМ/мл	50 мг/мл	0,125 мМ/мл + 50 мг/мл
$x \pm Sx$	17,00 ± 0,55	10,60 ± 0,40	14,4 ± 0,40	13,00 ± 0,32	—	10,20 ± 0,20***

Примечание: ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ — воздействия комплексов по отношению к действию фитобиотика.

² Сизенцов А.Н., Климова Т.А., Кван О.В., Быков А.В., Межуева Л.В., Сербова В.А., Сизенцов Я.А. Устройство для вырезания лунок в агаровом геле. Патент на изобретение № 2697770, дата государственной регистрации — 11.06.2019.

При оценке степени комбинированного действия исследуемых препаратов в комплексе с сульфатом цинка в концентрации 0,25 мМ/мл было установлено, что присутствие «Бутитана» и «Интербио» снижает уровень биологической активности цинка на 8,54% и 15,30% соответственно, в то время как присутствие препарата «Пробиоцид®-Фито» не оказывает влияния на антиQS-активность катионов цинка в отношении тестируемого штамма. Однако следует отметить, что все исследуемые комплексы в концентрации 100 мг/мл используемых препаратов имели более высокие показатели подавления пигментации (** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$).

Сравнительный анализ эффективности тестируемых комплексов при снижении концентрации цинка до 0,125 мМ/мл и исследуемых препаратов до 50 мг/мл показал, что наиболее высокие показатели угнетения выработки пиоцианина регистрируются на фоне применения «Пробиоцид®-Фито» и составляют 7,6 мм диаметрально удаленного эффекта действия, в то время как на фоне применения «Бутитана» данный показатель составил 6,4 мм, а «Интербио» не оказал визуально подтверждающего действия.

Обобщая полученные в ходе экспериментальных исследований данные, следует отметить, что наиболее высокие достоверно значимые результаты по оценке эффективности антиQS-активности получены на фоне применения препарата «Пробиоцид®-Фито», одним из основных действующих веществ которого является эфирное масло *Cymbopogon flexuosus* (лемонграсс), которое, согласно литературным данным, обладает высокими противомикробными, инсектицидными и антиоксидантными свойствами, а также высокими ингибирующими характеристиками в отношении

биоленкообразования (*Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Mycobacterium fortuitum* (ATCC 6841), *M. massiliense* (ATCC 48898) и *M. abscessus* (ATCC 19977) [12, 14–17].

Выводы/Conclusion

Критериально значимым показателем в проводимых исследованиях являлась оценка степени влияния комбинированного взаимодействия тестируемых веществ на рост и Quorum Sensing (QS) системы *P. aeruginosa*. Устойчивость представителей данного вида микроорганизмов обусловлена их способностью к биоленкообразованию обусловленной межклеточной коммуникации (QS), данная система контролирует и продукцию различных протеолитических ферментов (протеазы типа IV, эластазы и щелочные протеазы), экзотоксины (экзотоксин А, экзоферменты и пиоцианин), сидерофобы (пиовердин и пиохелин), рамнолипиды, цианистый водород и лейкины [16]. Выработка данных веществ обуславливает уровень патогенности и резистентности.

Полученные в ходе выполнения экспериментальных исследований данные свидетельствуют о выраженном влиянии как катионов цинка, так и тестируемых препаратов из группы «кормовых фитобиотиков» в исследуемых концентрациях (0,25 мМ/мл и 0,125 мМ/мл для $ZnSO_4$ и 100 мг/мл для фитобиотиков) на продукцию пигмента пиоцианина. Наиболее высокими показателями биологической активности с точки зрения антиQS-эффективности (как в качестве однокомпонентного, так и в комплексе с соединениями цинка) обладает «Пробиоцид®-Фито» на основе органических кислот и эфирного масла лемонграсс (*Cymbopogon flexuosus*) и пробиотических штаммов микроорганизмов.

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 конкурса Российского научного фонда 2022 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми научными группами» (соглашение от 27.12.2021 № 22-26-00281).

FUNDING

The materials were prepared as part of the 2022 competition of the Russian Science Foundation "Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by small scientific groups" (Agreement of 27.12.2021 No. 22-26-00281).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Dawood M.A.O. *et al.* Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review. *Animals*. 2022; 12(7): 823. <https://doi.org/10.3390/ani12070823>
- Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses. *Foods*. 2022; 11(13): 1861. <https://doi.org/10.3390/foods11131861>
- Thi M.T.T., Wibowo D., Rehm B.H.A. *Pseudomonas aeruginosa* Biofilms. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(22): 8671. <https://doi.org/10.3390/ijms21228671>
- O'Loughlin C.T., Miller L.C., Siryaporn A., Drescher K., Semmelhack M.F., Bassler B.L. A quorum-sensing inhibitor blocks *Pseudomonas aeruginosa* virulence and biofilm formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013; 110(44): 17981–17986. <https://doi.org/10.1073/pnas.1316981110>
- Lee J., Zhang L. The hierarchy quorum sensing network in *Pseudomonas aeruginosa*. *Protein & Cell*. 2015; 6(1): 26–41. <https://doi.org/10.1007/s13238-014-0100-x>
- Rosier A., Bishnoi U., Lakshmanan V., Sherrier D.J., Bais H.P. A perspective on inter-kingdom signaling in plant-beneficial microbe interactions. *Plant Molecular Biology*. 2016; 90(6): 537–548. <https://doi.org/10.1007/s11103-016-0433-3>
- Paczkowski J.E. *et al.* Flavonoids Suppress *Pseudomonas aeruginosa* Virulence through Allosteric Inhibition of Quorum-sensing Receptors. *Journal of Biological Chemistry*. 2017; 292(10): 4064–4076. <https://doi.org/10.1074/jbc.M116.770552>
- Anju V.T. *et al.* Sesamin and sesamol rescues *Caenorhabditis elegans* from *Pseudomonas aeruginosa* infection through the attenuation of quorum sensing regulated virulence factors. *Microbial Pathogenesis*. 2021; 155: 104912. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104912>

REFERENCES

- Dawood M.A.O. *et al.* Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review. *Animals*. 2022; 12(7): 823. <https://doi.org/10.3390/ani12070823>
- Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses. *Foods*. 2022; 11(13): 1861. <https://doi.org/10.3390/foods11131861>
- Thi M.T.T., Wibowo D., Rehm B.H.A. *Pseudomonas aeruginosa* Biofilms. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(22): 8671. <https://doi.org/10.3390/ijms21228671>
- O'Loughlin C.T., Miller L.C., Siryaporn A., Drescher K., Semmelhack M.F., Bassler B.L. A quorum-sensing inhibitor blocks *Pseudomonas aeruginosa* virulence and biofilm formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2013; 110(44): 17981–17986. <https://doi.org/10.1073/pnas.1316981110>
- Lee J., Zhang L. The hierarchy quorum sensing network in *Pseudomonas aeruginosa*. *Protein & Cell*. 2015; 6(1): 26–41. <https://doi.org/10.1007/s13238-014-0100-x>
- Rosier A., Bishnoi U., Lakshmanan V., Sherrier D.J., Bais H.P. A perspective on inter-kingdom signaling in plant-beneficial microbe interactions. *Plant Molecular Biology*. 2016; 90(6): 537–548. <https://doi.org/10.1007/s11103-016-0433-3>
- Paczkowski J.E. *et al.* Flavonoids Suppress *Pseudomonas aeruginosa* Virulence through Allosteric Inhibition of Quorum-sensing Receptors. *Journal of Biological Chemistry*. 2017; 292(10): 4064–4076. <https://doi.org/10.1074/jbc.M116.770552>
- Anju V.T. *et al.* Sesamin and sesamol rescues *Caenorhabditis elegans* from *Pseudomonas aeruginosa* infection through the attenuation of quorum sensing regulated virulence factors. *Microbial Pathogenesis*. 2021; 155: 104912. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104912>

9. Luciardi M.C., Blázquez M.A., Alberto M.R., Cartagena E., Arena M.E. Grapefruit essential oils inhibit quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa*. *Food Science and Technology International*. 2020; 26(3): 231–241. <https://doi.org/10.1177/1082013219883465>
10. Gholami M., Zeighami H., Bikas R., Heidari A., Rafiee F., Haghi F. Inhibitory activity of metal-curcumin complexes on quorum sensing related virulence factors of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *AMB Express*. 2020; 10: 111. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01045-z>
11. Серякова А.А., Панов В.П., Просякова Е.А., Комарчев А.С., Воронин К.О., Цветкова В.А. Влияние кормовой добавки «Бутитан» («Фарматан ВСО») на гистофизиологическое состояние кишечной трубки и продуктивные качества цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2021; 4S: 60–65. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-60-65>
12. Манукян В.А., Харитонов Д.И., Байковская Е.Ю. Влияние применения эфирного масла лемонграсса в кормлении на неспецифический иммунитет цыплят-бройлеров. *Птицеводство*. 2021; 7–8: 34–37. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-7-8-34-37>
13. Егоров И.А. и др. Замещение кормовых антибиотиков в рационах. Сообщение II. Микробиота кишечника и продуктивность мясных кур (*Gallus gallus* L.) на фоне фитобиотики. *Сельскохозяйственная биология*. 2019; 54(4): 798–809. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.798rus>
14. Gündel S.d.S. et al. Nanoemulsions containing *Cymbopogon flexuosus* essential oil: Development, characterization, stability study and evaluation of antimicrobial and antibiofilm activities. *Microbial Pathogenesis*. 2018; 118: 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.03.043>
15. Gao S. et al. Antimicrobial Activity of Lemongrass Essential Oil (*Cymbopogon flexuosus*) and Its Active Component Citral Against Dual-Species Biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* Species. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2020; 10: 603858. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.603858>
16. Rossi G.G. et al. Antibiofilm activity of nanoemulsions of *Cymbopogon flexuosus* against rapidly growing mycobacteria. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 113: 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.002>
17. Duplantier M, Lohou E, Sonnet P. Quorum Sensing Inhibitors to Quench *P. aeruginosa* Pathogenicity. *Pharmaceuticals*. 2021; 14(12): 1262. <https://doi.org/10.3390/ph14121262>
9. Luciardi M.C., Blázquez M.A., Alberto M.R., Cartagena E., Arena M.E. Grapefruit essential oils inhibit quorum sensing of *Pseudomonas aeruginosa*. *Food Science and Technology International*. 2020; 26(3): 231–241. <https://doi.org/10.1177/1082013219883465>
10. Gholami M., Zeighami H., Bikas R., Heidari A., Rafiee F., Haghi F. Inhibitory activity of metal-curcumin complexes on quorum sensing related virulence factors of *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. *AMB Express*. 2020; 10: 111. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01045-z>
11. Seryakova A.A., Panov V.P., Prosekova E.A., Komarчев A.S., Voronin K.O., Tsvetkova V.A. The effect of the feed additive "Butitan" ("Farmatan BCO") on the histophysiological state of the intestinal tube and the productive qualities of broiler chickens. *Agrarian science*. 2021; 4S: 60–65 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-60-65>
12. Manukyan V.A., Kharitonova D.I., Baykovskaya E.Yu. The Effects of an Acidifier with Essential Oil of Lemongrass on Non-Specific Immunity, Intestinal Microbiota, and Productive Performance in Broilers. *Ptitsevodstvo*. 2021; 7–8: 34–37 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2021-70-7-8-34-37>
13. Egorov I.A. et al. Poultry diets without antibiotics. II. Intestinal microbiota and performance of broiler (*Gallus gallus* L.) breeders fed diets with a phytobiotic. *Agricultural Biology*. 2019; 54(4): 798–809. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.798eng>
14. Gündel S.d.S. et al. Nanoemulsions containing *Cymbopogon flexuosus* essential oil: Development, characterization, stability study and evaluation of antimicrobial and antibiofilm activities. *Microbial Pathogenesis*. 2018; 118: 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.03.043>
15. Gao S. et al. Antimicrobial Activity of Lemongrass Essential Oil (*Cymbopogon flexuosus*) and Its Active Component Citral Against Dual-Species Biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* Species. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2020; 10: 603858. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.603858>
16. Rossi G.G. et al. Antibiofilm activity of nanoemulsions of *Cymbopogon flexuosus* against rapidly growing mycobacteria. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 113: 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.002>
17. Duplantier M, Lohou E, Sonnet P. Quorum Sensing Inhibitors to Quench *P. aeruginosa* Pathogenicity. *Pharmaceuticals*. 2021; 14(12): 1262. <https://doi.org/10.3390/ph14121262>

ОБ АВТОРАХ

Елена Петровна Мирошникова

заведующая кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, доктор биологических наук, профессор
elenaakva@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

Азамат Ерсайнович Аринжанов

доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, кандидат сельскохозяйственных наук
arin.azamat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Юлия Владимировна Киякова

доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, кандидат биологических наук
fish-ka06@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

Ольга Андреевна Черногорец

младший научный сотрудник
velsh.lilya@mail.ru

Алексей Николаевич Сизенцов

доцент кафедры биохимии и микробиологии, кандидат биологических наук
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

Оренбургский государственный университет,
пр-т Победы, 13, корп. 2, Оренбург, 460018, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Petrovna Miroshnikova

Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Doctor of Biological Sciences, Professor
elenaakva@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

Azamat Ersainovich Arinzhonov

Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Agricultural Sciences
arin.azamat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Yulia Vladimirovna Kilyakova

Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Candidate of Biological Sciences
fish-ka06@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

Olga Andreevna Chernogorets

Junior Researcher
velsh.lilya@mail.ru

Alexey Nikolaevich Sizentsov

Associate Professor of the Department of Biochemistry and Microbiology, Candidate of Biological Sciences
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

Orenburg State University,
13/2 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

О.В. Горелик¹ ✉
 С.Ю. Харлап¹
 О.П. Неверова¹
 А.С. Горелик²
 М.Б. Ребезов^{1, 3}

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Екатеринбург, Россия

³Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию:
30.03.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-96-101

Olga V. Gorelik¹ ✉
 Svetlana Yu. Kharlap¹
 Olga P. Neverova¹
 Artem S. Gorelik²
 Maksim B. Rebezov^{1, 3}

¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

³V.M. Gorbатов Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office:
30.03.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Влияние возраста первого осеменения на продуктивные качества коров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В Свердловской области разводится голштинский молочный скот. Для повышения эффективности молочного скотоводства необходимо установить референтные показатели возраста первого осеменения ремонтных телок новой породной формации, что позволит получать более высокие показатели продуктивности.

Цель работы — изучение влияния срока первого осеменения ремонтных телок на продуктивные качества коров голштинского черно-пестрого скота.

Методы. Для проведения исследования в типичном для региона племенном заводе были сформированы 4 группы из числа отелившихся первотелок по 35 голов в каждой — контрольная и 3 опытных по принципу пар-аналогов. Оценивали молочную продуктивность коров за первую лактацию, максимальную лактацию, пожизненный удой по контрольным дойкам (один раз в месяц). Оценку содержания жира и белка в молоке проводили в средней пробе молока один раз в месяц от каждой коровы.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что все коровы имели высокие показатели продуктивности. По первой лактации за 305 дней она в зависимости от группы колебалась от 7455,5±20,96 (осеменение в возрасте до 15 месяцев) до 8707,6±22,1 кг (осеменение в возрасте старше 17 месяцев). Коровы из группы осемененных первый раз в возрасте старше 17 месяцев по удою достоверно ($p \leq 0,05-0,01$) превосходили коров из других групп по всем периодам оценки: пожизненному удою, первой лактации и максимальной лактации. От коров, которые были осеменены первый раз в возрасте старше 17 месяцев, получают чуть более трех телят в среднем по группе, средний показатель продуктивного долголетия у них составляет 2,6 лактации, что больше, чем в других группах, на 0,2–0,5 лактации. Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № АААА-А19-1191014000069).

Ключевые слова: коровы, возраст первого осеменения, продуктивность, удой, МДЖ, МДБ

Для цитирования: Горелик О.В., Харлап С.Ю., Неверова О.П., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Влияние возраста первого осеменения на продуктивные качества коров. *Аграрная наука.* 2024; 384(7): 96–101.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-96-101>

© О.В. Горелик, С.Ю. Харлап, О.П. Неверова, А.С. Горелик, М.Б. Ребезов

The influence of the age of the first insemination on the productive qualities of cows

ABSTRACT

Relevance. Holstein dairy cattle are bred in the Sverdlovsk region. To improve the efficiency of dairy cattle breeding, it is necessary to establish reference indicators for the age of first insemination of replacement heifers of a new breed formation, which will allow obtaining higher productivity indicators.

The purpose of the work is to study the effect of the period of the first insemination of repair heifers on the productive qualities of cows of Holstein black-and-white cattle.

Methods. To conduct the study in a typical breeding plant for the region, 4 groups were formed from among calved heifers of 35 heads each — a control group and 3 experimental ones based on the principle of pairs of analogues. The dairy productivity of cows for the first lactation, maximum lactation, and lifetime milk yield according to control milks (once a month) were evaluated. The fat and protein content in milk was assessed in an average milk sample once a month from each cow.

Results. As a result of the studies, it was established that all cows had high productivity indicators. For the first lactation in 305 days, depending on the group, it ranged from 7455.5 ± 20.96 (insemination at the age of up to 15 months) to 8707.6 ± 22.1 kg (insemination at the age of over 17 months). Cows from the group inseminated for the first time at the age of over 17 months in terms of milk yield were significantly ($p \leq 0.05-0.01$) superior to cows from other groups in all assessment periods — lifelong milk yield, first lactation and maximum lactation. Cows that were inseminated for the first time over the age of 17 months produce a little more than three calves on average in the group and their average productive longevity is 2.6 lactations, which is 0.2–0.5 more than in other groups. 5 lactations. The research is exploratory and was carried out within the framework of scientific research of the Ural State Agrarian University (state registration No. ААААА-А19-1191014000069).

Key words: cows, age of the first insemination, productivity, milk yield, MJ, MDB

For citation: Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Neverova O.P., Gorelik A.S., Rebezov M.B. The influence of the age of the first insemination on the productive qualities of cows. *Agrarian science.* 2024; 384(7): 96–101 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-96-101>

© O.V. Gorelik, S.Yu. Kharlap, O.P. Neverova, A.S. Gorelik, M.B. Rebezov

Введение/Introduction

Для внедрения принципов Доктрины продовольственной безопасности России¹ необходимо изыскивать новые пути решения, ведущие к обеспечению доступа граждан страны к полному и полноценному рациону питания. Продукты, способствующие этому, — молоко и его производные, которые получают от крупного рогатого скота молочного и комбинированного направления продуктивности. Молоко и его производные являются стратегическим продуктом, который могут использовать люди любого возраста, состояния здоровья и социального статуса и практически незаменимы для детского питания [1–3]. В последние годы для его производства используется молочный скот новой породной формации, который получен в результате длительного широкомасштабного применения мирового генофонда быков-производителей самой обильно молочной породы в мире (голштинской) для совершенствования продуктивных и технологических качеств отечественного молочного скота. Кровность помесных животных на конец 2020 годов достигла свыше 75% по голштинам, что соответствует группе чистопородных и помесей четвертого поколения по голштинской породе [4–6].

Голштинский черно-пестрый скот уральской селекции обладает высокими показателями продуктивности, но низким продуктивным долголетием — 2,4 лактации. Это в свою очередь поставило перед научными работниками и практиками молочного скотоводства задачу по обеспечению стад достаточным количеством ремонтного молодняка, а именно ремонтными телочками для обновления стада [7–10]. При снижении воспроизводительных способностей маточного поголовья и сокращении поголовья получаемого молодняка это достаточно трудная задача, поэтому необходимо изыскать резервы для обеспечения ремонта стада, в том числе за счет сокращения сроков первого осеменения коров.

В аспекте максимальной реализации продуктивного потенциала и экономической эффективности молочного скотоводства возраст первого осеменения определяется, с одной стороны, наследственностью (порода, родственные группы) и технологическими факторами (возраст и живая масса при первом осеменении, способ и интенсивность выращивания) [11, 12]. Установлено [11–13], что показатели молочной продуктивности во многом зависят от сроков первого плодотворного осеменения. В зависимости от вышеперечисленных факторов исследователи рекомендуют осеменять телок не раньше 13–14-месячного возраста [13], 15–16-месячного возраста [14], при этом обязательно учитывать показатели их живой массы.

Однако до сих пор не установлены новые требования по живой массе и возрасту первого осеменения телок современного молочного скота с высокой долей кровности по голштинам [15–17]. При разведении скота

отечественной черно-пестрой породы были разработаны требования к ремонтным телкам при первом осеменении по живой массе и возрасту.

В последнее время возраст первого осеменения резко снизился, а требования по живой массе повысились в абсолютных цифрах и снизились относительно массы взрослого скота [18–22].

Данных о влиянии интенсивности выращивания, а значит, срока первого осеменения и живой массы при первом осеменении ремонтных телок современной голштинской породы, разводимой в условиях Среднего Урала, недостаточно, поэтому изучение влияния возраста при первом осеменении на продуктивные качества коров имеет практическое значение.

Цель работы — изучение влияния срока первого осеменения ремонтных телок на продуктивные качества коров голштинского черно-пестрого скота.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились с 2022 по 2023 г. в одном из типичных племенных репродукторов Свердловской области (Россия) по разведению голштинского скота. Обработку результатов исследований проводили в 2024 г.

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

Для проведения исследования были сформированы 4 группы из числа отелившихся первотелок (по 35 голов в каждой) — контрольная и 3 опытных по принципу пар-аналогов с учетом возраста, живой массы, времени отела. Средняя живая масса на начало исследований составила 582,5 кг. Опыт проводили при привязном содержании животных. Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зоогиеническим нормам⁴, отличие заключалось в возрасте первого осеменения ремонтных телок. По возрасту первого осеменения выделены группы коров со сроком осеменения: до 15 месяцев, 15–16 месяцев, 16–17 месяцев, старше 17 месяцев.

Отбор проб сырья и продукции проводили в соответствии с ГОСТ 3622⁵, ГОСТ 26809.1⁶, ГОСТ 26809.2⁷.

Оценивали молочную продуктивность коров за первую лактацию и за календарный год по контрольным дойкам один раз в месяц. Оценку содержания жира и белка в молоке проводили в средней пробе молока один раз в месяц от каждой коровы. Содержание жира (МДЖ) определяли согласно методике ГОСТ 5867-90⁸, содержание массовой доли белка (МДБ) — по методике ГОСТ 34454-2018⁹.

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20). <http://www.scrf.gov.ru>

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях (https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf).

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

⁴ Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

⁵ ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

⁶ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

⁷ ГОСТ 26809.2-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленные сыры и плавленные сырные продукты.

⁸ ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира.

⁹ ГОСТ 34454-2018 Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля.

Результаты исследований были обработаны при помощи программы Microsoft Office Excel (США) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для любой сельскохозяйственной организации, занимающейся производством молока, одним из важнейших является вопрос, связанный с воспроизводством и направленным выращиванием ремонтного молодняка, который необходимо решить для увеличения продуктивности стада. В последние годы в связи с переходом на разведение молочного скота новой породной формации (голштинской уральской селекции, полученной в результате длительного использования мирового генофонда голштинских быков-производителей для совершенствования отечественного молочного скота, в данном случае коров черно-пестрой породы уральского отродья, с применением элементов воспроизводительного и поглотительного скрещиваний) выращивание ремонтного молодняка занимает одно из главных мест в технологии молочного скотоводства.

Многие хозяйства, столкнувшись с вызовом снижения воспроизводительных способностей у высокопродуктивного скота, уменьшением количества ремонтного молодняка для выращивания при значительном снижении продуктивного долголетия, перешли на интенсивное выращивание телок и раннее их осеменение. На рисунке 1 представлены данные о возрасте коров при их выбраковке в зависимости от возраста первого осеменения.

Из данных диаграммы видно, что только от коров, которые были осеменены первый раз в возрасте старше 17 месяцев, получают чуть более трех телят в среднем по группе, средний показатель продуктивного долголетия у них составляет 2,6 лактации, что больше, чем в других группах, на 0,2–0,5 лактации. Практически все животные не достигают полной половозрелой лактации и выбывают до ее окончания. Считается, что возраст физиологической зрелости у коров молочного направления продуктивности — 5 лет. Этим руководствуются и при планировании племенной работы, рассчитывая селекционные индексы, связанные со сменой поколений.

Известно, что технологический цикл производства молока взаимосвязан с физиологией воспроизводства, и при оптимальных показателях длительности того или иного физиологического состояния коровы при длительности стельности 9 месяцев или 270–290 дней с сервис-периодом 45–90 дней и периодом подготовки к последующему отелу — сухостю длительностью 45–60 дней — весь технологический цикл составляет 360–365 дней, при этом лактационный период должен быть в пределах 290–305 дней. В этом случае от каждой коровы в течение календарного года получают теленка и

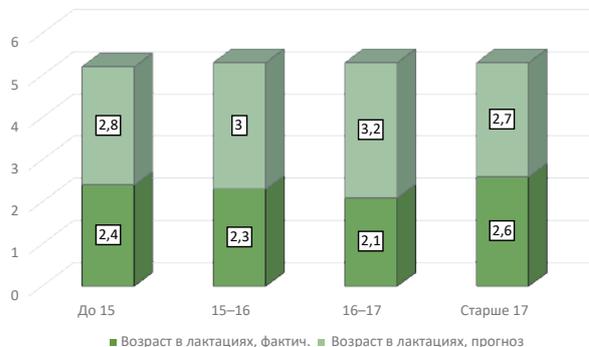
Рис. 1. Возрастные параметры использования коров с разными сроками первого осеменения

Fig. 1. Age parameters for using cows with different dates of first insemination



Рис. 2. Длительность продуктивного использования (фактическая и прогнозируемая)

Fig. 2. Duration of productive use (actual and predicted)



полноценную лактацию. В связи с переходом на разведение крупного рогатого скота голштинской породы, как уже было сказано, изменилась длительность технологических периодов, таких как длительность сервис-периода, который увеличился, что в свою очередь привело к увеличению длительности лактационной деятельности и, соответственно, снижению количества новорожденного молодняка. Изучив показатели по длительности всей лактационной деятельности за период жизни коров, можно рассчитать показатель длительности продуктивного использования при оптимальном технологическом цикле (табл. 1).

Из данных таблицы 1 видно, что при соблюдении продолжительности технологических периодов цикла производства молока от коров можно получить полноценное потомство в большем количестве, чем фактически, при этом иметь достаточно высокие показатели продуктивности, поскольку 40–45% (и даже 50%) молока производят в период раздоя коров, то есть в первые 100 дней после отела и путем увеличения количества лактаций эффективность производства молока за счет более длительного периода раздоя в течение продуктивного использования коров повышается. Разница между фактическим количеством продуктивных лактаций и возможным достаточно значительная, что наглядно видно на рисунке 2.

Разница между фактическим и расчетным продуктивным долголетием составила от 0,1 до 1,1 лактации в зависимости от возраста первого осеменения. Самая низкая разница установлена в группе коров с первым осеменением в возрасте старше 17 месяцев, а самая высокая — в возрасте от 16 до 17 месяцев.

Таблица 1. Фактическое и прогнозируемое продуктивное долголетие

Table 1. Actual and predicted productive longevity

Показатель	Возраст первого осеменения, мес.			
	до 15	15–16	16–17	старше 17
Количество дойных дней	843,40 ± 8,06	921,50 ± 11,66	986,30 ± 20,82	824,20 ± 10,09
Возраст в лактациях, факт.	2,40 ± 0,02	2,30 ± 0,02	2,10 ± 0,03	2,60 ± 0,01
Возраст в лактациях, прогноз	2,80 ± 0,02	3,00 ± 0,03	3,20 ± 0,02	2,70 ± 0,02

Как уже было сказано ранее, основной показатель оценки ценности коров как основного средства производства — удой. В таблице 2 представлены данные об удое коров за разные периоды оценки.

Все коровы имели высокие показатели продуктивности. По первой лактации за 305 дней она в зависимости от группы колебалась от 7455,5 ± 20,96 кг (осеменение в возрасте до 15 месяцев) до 8707,6 ± 22,1 кг (осеменение в возрасте старше 17 месяцев). Коровы из группы осемененных первый раз в возрасте старше 17 месяцев по удою достоверно (p ≤ 0,05–0,01) превосходили коров из других групп по всем периодам оценки: пожизненному удою, первой лактации, максимальной лактации. Разница между удоем за 305 дней лактации и за всю лактацию зависит от длительности лактации, которая была длиннее оптимальной (305 дней) на 12,0–50,1 дня (первая лактация) и на 21–51,8 дня (максимальная лактация), причем длиннее она отмечалась у коров с более ранними сроками осеменения. Это и оказало влияние на увеличение показателей по удою за всю лактацию. Увеличение составило от 81,8 кг (осеменение в возрасте старше 17 месяцев) до 1029,2 кг (осеменение в возрасте до 15 месяцев) по первой лактации, 499,8–1028,4 кг — по максимальной лактации у коров этих же групп. В остальных группах разница занимала промежуточное положение как по длительности лактации, так и по удою. Лучшие показатели были в группе коров с возрастом первого осеменения старше 17 месяцев.

Хорошо это видно по среднесуточным удоям коров по периодам оценки (рис. 3).

Самые высокие среднесуточные удои были получены у коров, которых осеменяли первый раз в возрасте старше 17 месяцев. Они по этому показателю превосходили коров с более ранними сроками осеменения по первой лактации на 4,1 кг, 4,0 кг, 3,8 кг (305 дней) и на 3,8 кг, 3,6 кг, 3,4 кг (за всю первую лактацию). По максимальной лактации это превосходство составило,

Рис. 3. Среднесуточные удои коров по периодам оценки, кг
Fig. 3. Average daily milk yield of cows by assessment periods, kg

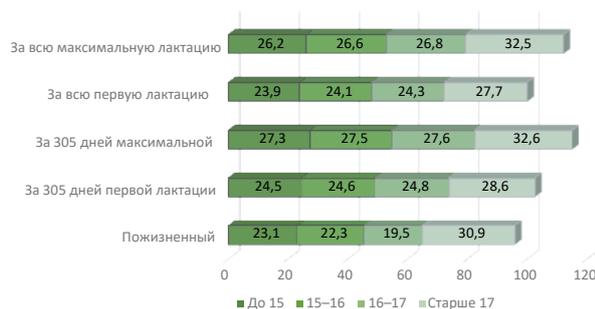


Таблица 2. Молочная продуктивность коров, кг

Table 2. Milk productivity of cows, kg

Показатель	Возраст первого осеменения, мес.			
	до 15	15–16	16–17	старше 17
Удой пожизненный	19506,6 ± 202,25	20580,3 ± 295,55	19275,5 ± 526,66	25452,6 ± 261,7
Удой за 305 дней первой лактации	7455,5 ± 20,96	7506,0 ± 23,54	7568,6 ± 26,65	8707,6 ± 22,1
Удой за 305 дней максимальной лактации	8329,2 ± 22,83	8397,1 ± 25,63	8429,5 ± 28,77	9956,4 ± 43,2
Удой за всю первую лактацию	8484,7 ± 36,31	8449,4 ± 39,70	8455,7 ± 44,95	8789,4 ± 16,2
Удой за всю максимальную лактацию	9357,6 ± 36,61	9339,6 ± 40,58	9325,8 ± 46,13	10456,2 ± 34,4

Таблица 3. Качественные показатели молока по периодам оценки

Table 3. Quality indicators of milk by assessment periods

Показатель	Возраст первого осеменения, мес.			
	до 15	15–16	16–17	старше 17
МДЖ за 305 дней первой лактации, %	3,97 ± 0,002	3,98 ± 0,002	3,99 ± 0,003	4,01 ± 0,003
МДЖ за 305 дней максимальной лактации, %	3,97 ± 0,002	3,98 ± 0,002	3,98 ± 0,002	3,99 ± 0,002
МДБ за 305 дней первой лактации, %	3,19 ± 0,002	3,19 ± 0,002	3,19 ± 0,002	3,21 ± 0,002
МДБ за 305 дней максимальной лактации, %	3,19 ± 0,002	3,19 ± 0,001	3,19 ± 0,002	3,21 ± 0,002
МДЖ за всю первую лактацию, %	3,99 ± 0,002	3,99 ± 0,002	3,99 ± 0,003	4,02 ± 0,003
МДЖ за всю максимальную лактацию, %	3,98 ± 0,002	3,99 ± 0,002	3,99 ± 0,002	3,99 ± 0,002
МДБ за всю первую лактацию, %	3,20 ± 0,002	3,20 ± 0,002	3,20 ± 0,002	3,21 ± 0,002
МДБ за всю максимальную лактацию, %	3,19 ± 0,002	3,20 ± 0,001	3,20 ± 0,002	3,21 ± 0,002

Таблица 4. Количество молочного жира и молочного белка по периодам оценки

Table 4. Amount of milk fat and milk protein by assessment periods

Показатель	Возраст первого осеменения, мес.			
	до 15	15–16	16–17	старше 17
Молочный жир за 305 дней первой лактации, %	296	299	302	349
Молочный жир за 305 дней максимальной лактации, %	331	334	335	397
Молочный белок за 305 дней первой лактации, %	238	239	241	280
Молочный белок за 305 дней максимальной лактации, %	266	268	269	320
Молочный жир за всю первую лактацию, %	339	337	337	353
Молочный жир за всю максимальную лактацию, %	373	373	372	417
Молочный белок за всю первую лактацию, %	272	270	271	282
Молочный белок за всю максимальную лактацию, %	299	299	298	336

соответственно, по группам за 305 дней лактации 5,3 кг, 5,1 кг и 5,0 кг и за всю лактацию 6,6 кг, 5,9 кг и 5,7 кг; по пожизненному удою — 7,8 кг, 8,6 кг и 11,4 кг в пользу коров с осеменением в возрасте старше 17 лет.

Молочная продуктивность оценивается и по качеству молока — МДЖ и МДБ в молоке, которые представлены в таблице 3.

По качественным показателям молока лучшие показатели оказались у коров с более поздним сроком осеменения, в остальных группах они были идентичны и практически не отличались между собой ни по группам коров в зависимости от срока первого осеменения, ни от периода оценки продуктивности.

При бонитировке коров особое внимание уделяется оценке по собственной продуктивности. В связи с тем что показатели продуктивности достаточно сильно варьируются между собой, для более точной оценки используется сопряженный показатель удоя и качества молока, такой как количество молочного жира. В последние годы широкое распространение получил и второй сопряженный показатель — количество молочного белка. По ним и проводится определение баллов за собственную продуктивность, что оказывает влияние на класс племенной ценности коровы.

В таблице 4 представлены данные о количестве молочного жира и молочного белка, полученного с молоком коров за лактацию.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что все коровы независимо от возраста первого осеменения превосходят стандарт породы по сопряженным показателям на 60%, что позволяет за показатель собственной продуктивности поставить минимум 27 баллов. Плюс по 4 балла за каждое превышение МДЖ и МДБ в молоке.

Выводы/Conclusions

Исходя из вышеизложенного, можно сделать общее заключение о том, что в хозяйстве используется высокопродуктивный молочный скот голштинской породы. На молочную продуктивность коров оказывает достоверное влияние возраст первого осеменения ремонтных телок. В возрасте осеменения от менее 15 месяцев до 17 месяцев включительно продуктивность коров по первой и максимальной лактациям практически не меняется по группам.

Достоверно первотелок и коров первых 3 групп превосходят по удою животные 4-й группы (осемененные в возрасте старше 17 месяцев) при $p \leq 0,05-0,01$. Только от коров, которые были осеменены первый раз в

возрасте старше 17 месяцев, получают чуть более трех телят в среднем по группе, средний показатель продуктивного долголетия у них составляет 2,6 лактации, что больше, чем в других группах, на 0,2–0,5 лактации. Практически все животные не достигают полной половозрастной лактации и выбывают до ее окончания. Сокращение продуктивного долголетия объясняется не только более быстрым выбытием, но и большей продолжительностью лактационной деятельности, что приводит к снижению среднесуточных удоев за лактацию, относительно оптимальной в 305 дней, на 0,5–0,9 кг в зависимости от возраста первого осеменения. Качественные показатели молока улучшаются у коров с более поздним сроком первого осеменения.

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 является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № АААА-А19-1191014000069).

FUNDING

The research is exploratory and was carried out within the framework of scientific research of the Ural State Agrarian University (state registration No. ААААА-А19-1191014000069).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Сермягин А.А., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Оценка геномной вариативности продуктивных признаков у животных голштинизированной черно-пестрой породы на основе GWAS анализа и ROH паттернов. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(2): 257–274. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.257rus>
- Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексейчева Е.Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2023; 13(6–1): 368–380. <https://elibrary.ru/fkhuwk>
- Колесникова А.В., Басонов О.А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции. *Зоотехния*. 2017; 1: 10–12. <https://elibrary.ru/xwvggv>
- Горелик О.В., Ребезов М.Б., Долматова И.А. Молочная продуктивность коров уральского типа голштинизированного черно-пестрого скота. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2023; 2: 250. <https://elibrary.ru/azjxic>
- Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2020; 1: 90–102. <https://elibrary.ru/ueogvy>
- Сафронов С.Л., Костомакхин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И., Кульмакова Н.И. Молочная продуктивность и долголетие коров в условиях промышленной технологии производства молока. *Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. По материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова*. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 1: 223–227. <https://elibrary.ru/drqjgh>
- Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.Р., Никулкин Н.С. Разведение скота голштинской породы на территории Российской Федерации. *Зоотехния*. 2020; 2: 5–8. <https://elibrary.ru/mlvbyl>
- Скобелев В.В., Чижевский С.И., Серяков И.С., Цикунова О.Г. Молочная продуктивность коров-первотелок в зависимости от генеалогической структуры в ОАО «Валище» Пинского района. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; 4: 32–37. <https://elibrary.ru/ymneik>
- Павлова Т.В., Новик С.Н. Продолжительность хозяйственного использования и молочная продуктивность коров разных генотипов в СПК «Ляховичский». *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; 2: 31–37. <https://elibrary.ru/ymneau>
- Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Анализ породного и классного состава крупного рогатого скота Уральского региона. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019; 1: 50–51. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
- Сивкин Н.В., Стрекозов Н.И. К вопросу о возрасте и живой массе при первом осеменении телок молочных пород. *Молочное и мясное скотоводство*. 2017; 2: 3–6. <https://elibrary.ru/ypwtef>
- Вильвер Д.С. Влияние возраста первого осеменения телок на морфофункциональные свойства вымени коров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017; 1: 137–139. <https://elibrary.ru/yfnhrn>

REFERENCES

- Sermyagin A.A., Bykova O.A., Loretts O.G., Kostyunina O.V., Zinovieva N.A. Genomic variability assess for breeding traits in Holsteinized Russian Black-and-White cattle using GWAS analysis and ROH patterns. *Agricultural Biology*. 2020; 55(2): 257–274. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.257eng>
- Stroev V.V., Magomedov M.D., Alekseycheva E.Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2023; 13(6–1): 368–380. <https://elibrary.ru/fkhuwk>
- Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootekhnika*. 2017; 1: 10–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/xwvggv>
- Gorelik O.V., Rebezov M.B., Dolmatova I.A. Milk productivity of Ural type cows of Holsteinized black-and-white cattle. *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of the reports of the 81st International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Novos Magnitogorsk State Technical University. 2023; 2: 250 (in Russian). <https://elibrary.ru/azjxic>
- Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of Black-and-White breed cows with different milking technology. *Molochno-khozyaistvenny Vestnik*. 2020; 1: 90–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/ueogvy>
- Safonov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I., Kulmakova N.I. Milk productivity and longevity of cows in the conditions of industrial milk production technology. *Breeding and technological aspects of intensifying the production of livestock products. Based on the Proceedings from the all-Russian scientific and practical conference with international participation, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov*. Moscow: Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022; 1: 223–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/drqjgh>
- Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Meshcherov Sh.R., Nikulkin N.S. Breeding of Holstein cattle on the territory of the Russian Federation. *Zootekhnika*. 2020; 2: 5–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/mlvbyl>
- Skobelev V.V., Chizhevsky S.I., Seryakov I.S., Tsikunova O.G. Milk productivity of first-calf cows depending on the genealogical structure at "Valishche", Pinsk region. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; 4: 32–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneik>
- Pavlova T.V., Novik S.N. The duration of economic use and milk productivity of cows of different genotypes in the SEC "Lyakhovichsky". *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; 2: 31–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneau>
- Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of breed and class composition cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skhozajstvennaya nauka*. 2019; 1: 50–51 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
- Sivkin N.V., Strekozov N.I. On the question of heifers' age and their live weight for the first insemination dairy breeds. *Dairy and beef cattle farming*. 2017; 2: 3–6 (in Russian). <https://elibrary.ru/ypwtef>
- Vilver D.S. The influence of the age of heifers' first insemination on morphofunctional properties of cows' udder. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017; 1: 137–139 (in Russian). <https://elibrary.ru/yfnhrn>

13. Лещук Т.Л., Лещук А.Г., Достовалов Е.В., Киселева Н.И. Влияние сроков плодотворного осеменения телок на их продуктивные и воспроизводительные качества. *Главный зоотехник*. 2014; 9: 25–30. <https://elibrary.ru/smjhej>
14. Юрченко Н.А., Андришечкина Н.А., Неверова О.П., Лопаева Н.Л., Федосеева Н.А. Оценка влияния генотипа и возраста первого осеменения на молочную продуктивность и продуктивное долголетие коров. *От инерции к развитию: научно-инновационное обеспечение развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ. 2020; 229–231. <https://elibrary.ru/kacrha>
15. Чеченихина О.С., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Степанов А.В. Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов. *Аграрный вестник Урала*. 2021; 6: 71–79. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>
14. Gridina S.L., Gridin V.F., Sidorova D.V., Novitskaya K.V. Влияние уровня голштинизации на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(8): 60–61. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
16. Павлова Е.И., Татаркина Н.И. Кормление коров в племенном репродукторе по голштинской породе крупного рогатого скота. *Мир инноваций*. 2019; 4: 39–43. <https://elibrary.ru/lyqxua>
17. Ярмоц Г.А. Влияние факторов кормления на молочную продуктивность коров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2019; 4: 17–21. <https://elibrary.ru/cqppio>
18. Фомичев Ю.П., Рыков Р.А., Ермаков И.Ю. Эффективность применения энергокорма «Милканайзер» в кормлении молочных коров в условиях крестьянского хозяйства. *Зоотехния*. 2023; 3: 10–15. <https://elibrary.ru/hjminw>
19. Кухар Е.В., Шайкенова К.Х., Исабекова С.А., Айтмуханбетов Д.К., Сламия М.Г. Кормовая добавка для повышения молочной продуктивности коров. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*. 2022; 4–1: 135–147. <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
20. Тюреноква Е.Н., Васильева О.Р. Кормление как основной фактор продуктивного долголетия молочной коровы. *Farm Animals*. 2014; 2: 98–108. <https://elibrary.ru/stwzwx>
21. Бегиев С.Ж., Биттиров И.А., Темираев Р.Б. Модификация технологии кормления для повышения молочной продуктивности и качества молока коров голштинской породы черно-пестрой масти. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2019; 56(1): 69–72. <https://elibrary.ru/ljnpfp>
22. Гриценко С.А., Костомакхин Н.М. Динамика показателей выращивания ремонтных телок в условиях животноводческого предприятия. *Главный зоотехник*. 2023; 11: 3–9. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2311-01>
13. Leshchuk T.L., Leshchuk A.G., Dostovalov E.V., Kiseleva N.I. The influence of the terms of fertile insemination of heifers in their productive and reproductive traits. *Head of animal breeding*. 2014; 9: 25–30 (in Russian). <https://elibrary.ru/smjhej>
14. Yurchenko N.A., Andryushechkina N.A., Neverova O.P., Lopaeva N.L., Fedoseeva N.A. Assessment of the influence of genotype and age of first insemination on milk productivity and productive longevity of cows. *From inertia to development: scientific and innovative support for the development of livestock farming and biotechnology. Collection of materials from the International scientific and practical conference*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2020; 229–231 (in Russian). <https://elibrary.ru/kacrha>
15. Chechenikhina O.S., Bykova O.A., Loretts O.G., Stepanov A.V. The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; 6: 71–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>
14. Gridina S.L., Gridin V.F., Sidorova D.V., Novitskaya K.V. Influence of Holstein share on milk productivity of Black-and-White cows. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(8): 60–61 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
16. Pavlova E.I., Tatarkina N.I. Feeding cows in a breeding reproductor for Holstein breed of cattle. *World of innovation*. 2019; 4: 39–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/lyqxua>
17. Yarmots G.A. The influence of feeding factors on milk productivity of cows. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2019; 4: 17–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/cqppio>
18. Fomichev Yu.P., Rykov R.A., Ermakov I.Yu. The effectiveness of the use of energy feed "Milkanizer" in feeding dairy cows in the conditions of a peasant farm. *Zootchniya*. 2023; 3: 10–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/hjminw>
19. Kukhar E.V., Shaikenoza K.Kh., Isabekova S.A., Aitmukhanbetov D.K., Slamiya M.G. Feed additive to increase dairy productivity of cows. *Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin*. 2022; 4–1: 135–147 (in Russian). <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
20. Tyurenkova E.N., Vasilyeva O.R. Feeding is a key factor for long productive life of a dairy cow. *Farm Animals*. 2014; 2: 98–108 (in Russian). <https://elibrary.ru/stwzwx>
21. Begiev S.Zh., Bittirov I.A., Temiraev R.B. Modification of feeding technology to improve milk productivity and milk quality of Holstein Black Pied cows. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2019; 56(1): 69–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/ljnpfp>
22. Gritsenko S.A., Kostomakhin N.M. Dynamics of indicators of replacement heifers rearing under the conditions of an animal husbandry enterprise. *Head of animal breeding*. 2023; 11: 3–9 (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-03-2311-01>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Васильевна Горелик¹
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, доктор сельскохозяйственных наук
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Светлана Юрьевна Харлап¹
доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, кандидат биологических наук
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Ольга Петровна Неверова¹
заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, кандидат биологических наук, доцент
orneverova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

Артём Сергеевич Горелик²
преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ, кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Максим Борисович Ребезов^{1,3}
профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов; доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук¹; главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кандидат ветеринарных наук³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

² Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

³ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vasilyevna Gorelik¹
Professor of the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Agricultural Sciences
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Svetlana Yurievna Kharlap¹
Associate Professor of the Department of Biotechnology and Food Products, Candidate of Biological Sciences
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Olga Petrovna Neverova¹
Head of the Department of Biotechnology and Food Products, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
orneverova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2474-2290>

Artyom Sergeevich Gorelik²
Lecturer of the Department of Fire Fighting and Emergency Rescue Operations, Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Maksim Borisovich Rebezov^{1,3}
Professor of the Department of Biotechnology and Food Products, Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences¹; Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Candidate of Veterinary Sciences³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹ Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

² Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

³ V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

УДК 632.633.63.

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106

М.Н. Захарова ✉

Л.В. Рожкова

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязань, Россия

✉ marina.zakharova.64@bk.ru

Поступила в редакцию:

12.02.2024

Одобрена после рецензирования:

30.05.2024

Принята к публикации:

15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106

Marina N. Zakharova ✉

Ludmila V. Rozhkova

Institute of Seed Production and Agrotechnologies — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Rязань, Russia

✉ marina.zakharova.64@bk.ru

Received by the editorial office:

12.02.2024

Accepted in revised:

30.05.2024

Accepted for publication:

15.06.2024

Хозяйственная эффективность сортов ярового ячменя от применения микробиологического препарата «ОрганиТ N, Ж» и «ОрганиТ R, Ж» в Рязанской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве — одно из направлений биологизации, основанное на современном достижении науки. Комплексные микроудобрения, стимуляторы роста, гуминовые и бактериальные препараты способствуют активизации продукционных процессов ярового ячменя, особенно на более ранних фазах онтогенеза: повышаются посевные и урожайные качества семян, полевая всхожесть и сохранность растений, темпы накопления вегетативной массы, густота продуктивного стеблестоя.

Методы. Испытание препаратов проводилось в 2022–2023 годах на опытном поле Института семеноводства и агротехнологий — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр Всероссийский институт механизации». Объектами исследований являлись яровой ячмень сортов Рафаэль, Знатный, Яромир, микробиологические препараты «ОрганиТ N, Ж» и «ОрганиТ R, Ж». Почва участка темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса — 3,9%. Предшественник — озимая пшеница. Агротехника опыта общепринятая для возделывания культуры в Рязанской области. В течение вегетационного периода проводили наблюдения по фазам развития культуры. Исследования проводили согласно «Методике полевого опыта», Методическим указаниям по регистрационным испытаниям новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений, экономическую эффективность — согласно Методическим рекомендациям по бухгалтерскому учету.

Результаты. Установлено, что сорта ярового ячменя по-разному отреагировали на изучаемые препараты. Сохранность растений к уборке — от 83,5 до 94,3%. Увеличение урожайности на сорте Знатный — до 19%, на Рафаэле — до 18,7%. Сорт Яромир показал стабильную продуктивность по всем вариантам опыта, прибавка до 3,9% при урожайности на контроле 6,16 т/га.

Ключевые слова: яровой ячмень, микробиологический препарат, урожайность, протравитель, технология, Рязанская область

Для цитирования: Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Хозяйственная эффективность сортов ярового ячменя от применения микробиологического препарата «ОрганиТ N, Ж» и «ОрганиТ R, Ж» в Рязанской области. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 102–106.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106>

© Захарова М.Н., Рожкова Л.В.

Economic efficiency of spring barley varieties from the use of microbiological preparation “Organit N, Zh” and “Organit R, Zh” in the Ryazan region

ABSTRACT

Relevance. The use of microbiological preparations in agriculture is one of the areas of biologization, based on the modern achievement of science. Complex microfertilizers, growth stimulants, humic and bacterial preparations contribute to the activation of production processes of spring barley, especially at earlier phases of ontogenesis: sowing and yielding qualities of seeds, field germination and preservation of plants, rates of accumulation of vegetative mass, density of productive stem stand increase.

Methods. The testing of the drugs was carried out in 2022–2023 at the experimental field of the Institute of Seed Production and Agricultural Technologies, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center All-Russian Institute of Mechanization”. The objects of the research were spring barley of the varieties Raphael, Znatny, Yaromir, microbiological preparations “Organit N, Zh” and “Organit R, Zh”. The soil of the site is dark-gray forest heavy loamy, humus content is 3.9%. The predecessor is winter wheat. Agricultural techniques of experience generally accepted for the cultivation of crops in the Ryazan region. During the growing season, observations were made on the phases of crop development. The studies were carried out in accordance with the “Field Experiment Methodology”, the Methodological Guidelines for Registration Tests of New Forms of Fertilizers, Biological Preparations and Plant Growth Regulators, and the economic efficiency in accordance with the Accounting Guidelines.

Results. It was found that spring barley varieties reacted differently to the studied preparations. The survival rate of plants for harvesting is from 83.5 to 94.3%. Increase in yield up to 19% at Znatny and up to 18.7% at Rafael. The Yaromir variety showed stable productivity in all variants of the experiment, an increase of up to 3.9%, with a control yield of 6.16 t/ha.

Key words: spring barley, microbiological preparation, yield, disinfectant, technology, Ryazan region

For citation: Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Economic efficiency of spring barley varieties from the use of microbiological preparation “Organit N, Zh” and “Organit R, Zh” in the Ryazan region. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 102–106 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106>

© Zakharova M.N., Rozhkova L.V.

Введение/Introduction

Зона Центрального Нечерноземья относится к зоне рискованного земледелия с преобладающими факторами абиотического и биотического стресса. Поэтому основу любой технологии составляет сорт с высоким потенциалом урожайности и адаптивной устойчивостью к стрессам [1].

Применение микробиологических препаратов в сельском хозяйстве — одно из направлений биологизации, основанное на современном достижении науки. Данные препараты применяются с целью увеличения урожая, улучшения его качества, обеспечения доходности возделываемых культур и их экологичности [2]. Комплексные микроудобрения, стимуляторы роста, гуминовые и бактериальные препараты способствуют активизации продукционных процессов ярового ячменя, особенно на более ранних фазах онтогенеза: повышаются посевные и урожайные качества семян, полевая всхожесть и сохранность растений, темпы накопления вегетативной массы, густота продуктивного стеблестоя [3–6].

Высокая требовательность современных сортов к условиям возделывания с учетом их происхождения, биологии развития, индивидуальной отзывчивости на различные агроприемы требует разработки сортовых технологий возделывания [7–9].

Рязанский институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в течение 25 лет проводит испытания систем защиты ярового ячменя на сортах отечественной и иностранной селекции. За этот период разработаны и внедрены в производство системы защиты таких сортов культуры, как Московский 2, Зазерский 85, Нур, Эльф, Ксанаду, Жозефин, Грейс, Аннабель, Яромир и др. [10, 11].

Научные исследования и практика показывают существенные различия в реакции сортов на элементы агротехники (сроки сева и уборки, коэффициенты высева, пестициды, удобрения и др.), проявляющиеся в величине и качестве урожая зерна. Особый интерес представляет совершенствование агротехнологий, направленных на получение в конкретных регионах РФ биологически полноценного зерна и качественного семенного материала. Преимущество ранних сроков сева ячменя в Нечерноземной зоне отмечали многие ученые [12]. Однако оптимальные сроки сева определяет не календарная дата, а время наступления физической спелости почвы. Ячмень больше, чем другие яровые зерновые культуры, снижает урожайность при запаздывании с севом, что связано с более быстрыми темпами роста и развития, коротким периодом формирования репродуктивных органов.

Следует отметить, что на урожайность ячменя влияют не только особенности зональных агротехнологий и продукционный потенциал генотипа, но и погодные условия в период вегетации растений. В связи с тенденцией сезонного изменения климатических факторов возникает обоснованная аргументация о возрастающей доле природной составляющей в патогенезе, поскольку после абиотического стресса растения могут быть более восприимчивы к биотическому стрессору [13–15].

Цель исследований — определение влияния микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя сортов Яромир, Рафаэль и Знатный.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Испытание препаратов проводилось в 2022–2023 годах на опытном поле Рязанского института семеноводства и агротехнологий — филиала Федерального

государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр «Всероссийский институт механизации»».

Объекты исследований — яровой ячмень сортов Рафаэль, Знатный, Яромир, микробиологические препараты «Органит N, Ж» и «Органит P, Ж».

Были выбраны микробиологические препараты российской ГК Bionovatic:

- «Органит N, Ж» — активные ингредиенты: клетки и биологически активные метаболиты штамма *Azospirillum zeae*;
- «Органит P, Ж» — активные ингредиенты: споры штамма *Bacillus megaterium*.

Для посева ярового ячменя используется селекционная навесная сеялка ССКФ-7М ФГУП (г. Омск, Россия). Площадь делянки — 50 м², учетная площадь — 10 м², повторность — 4-кратная. Норма высева ячменя — 5 млн всхожих зерен на 1 га. Фоном внесено минеральное удобрение азофоска N₆₀P₆₀K₆₀. Гербициды, фунгициды и инсектициды наложены фоном по всем вариантам. Микробиологическое удобрение внесено ручным опрыскивателем из расчета 200 л/га рабочего раствора. Уборка учетной площади делянки проведена комбайном SAMPO 130 компании SAMPO ROSENLEW (Финляндия).

Почва — темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса — 3,9%, подвижного калия — 121 мг/кг, подвижного фосфора — 206 мг/кг, pH 4,81. Предшественник — озимая пшеница.

Агротехника опыта общепринятая для возделывания культуры в Рязанской области. В течение вегетационного периода проводили наблюдения по фазам развития культуры.

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. The scheme of the experiment

Варианты опыта	Сроки обработки	Нормы применения препаратов
1. Контроль — без обработок	—	—
2. Фунгицидный протравитель «Виал Трио, ВСК» (120 г/л прохлориза + 30 г/л тиабендазола + 5 г/л ципроконазола, АО «Фирма «Август», Россия) + инсектицидный протравитель «Табу, ВСК» (500 г/л имидаклоприда, АО «Фирма «Август», Россия) — хозяйственный вариант	Протравливание семян перед севом	1,2 л/т + 1,0 л/т
3. Фунгицидный протравитель «Виал Трио, ВСК» (120 г/л прохлориза + 30 г/л тиабендазола + 5 г/л ципроконазола, АО «Фирма «Август», Россия) + инсектицидный протравитель «Табу, ВСК» (500 г/л имидаклоприда, АО «Фирма «Август», Россия) + «Органит N, Ж» (ГК Bionovatic, Россия) + «Органит P, Ж» (ГК Bionovatic, Россия);	Протравливание семян перед севом	1,2 л/т + 1,0 л/т + 1,0 л/т + 1,0 л/т
«Органит N, Ж» (ГК Bionovatic, Россия) + «Органит P, Ж» (ГК Bionovatic, Россия);	Внекорневая подкормка растений	0,5 л/га + 0,5 л/га
4. Фунгицидный протравитель «Виал Трио, ВСК» (120 г/л прохлориза + 30 г/л тиабендазола + 5 г/л ципроконазола, АО «Фирма «Август», Россия) + инсектицидный протравитель «Табу, ВСК» (500 г/л имидаклоприда, АО «Фирма «Август», Россия) + «Органит N, Ж» (ГК Bionovatic, Россия) + «Органит P, Ж» (ГК Bionovatic, Россия);	Протравливание семян перед севом	1,2 л/т + 1,0 л/т + 1,0 л/т + 1,0 л/т
«Органит N, Ж» (ГК Bionovatic, Россия) + «Органит P, Ж» (ГК Bionovatic, Россия);	Внекорневая подкормка растений	1,0 л/га + 1,0 л/га

Исследования проводили согласно Методике полевого опыта¹, Методическим указаниям по регистрационным испытаниям новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений², экономическую эффективность — согласно Методическим рекомендациям по бухгалтерскому учету³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Вегетационный период 2022 года по гидротермическому коэффициенту можно характеризовать как засушливый. В июне среднесуточная температура — 20,8 °С. Уровень выпавших осадков за этот период равен средним многолетним значениям. I декада июля сопровождалась повышенной температурой воздуха (на 7,1 °С) и полным отсутствием осадков. В июле средняя температура воздуха была на 5,2 °С больше среднемноголетних значений, осадков выпало 25,0% от нормы. Август отличился жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха была на 6,9–11,5 °С выше среднемноголетних значений. Осадков выпало 12,8 мм, что на 46,2 мм ниже среднемноголетних значений.

Климатические показатели вегетационного периода 2023 года⁴ показали, что температура мая не намного превысила среднемноголетнюю (на 3,3 °С), но наблюдался дефицит осадков (ниже среднемноголетней нормы на 31,1 мм). В июне среднесуточная температура незначительно превысила среднемноголетнюю. В I и II декадах месяца наблюдался дефицит количества осадков — на 13,8 мм и 17,2 мм ниже среднемноголетней нормы. В III декаде выпало 31,5 мм, что выше среднемноголетней на 11,5 мм, но за месяц в целом наблюдался дефицит в 19,5 мм. Июль отличился обилием осадков, превышение среднемноголетней нормы — на 18,4 мм. Температура июля превышала среднемноголетнюю на 2,4 °С. Август был жарким и сухим. Дефицит осадков составил 32,4 мм, температурный режим превышал среднемноголетний показатель на 5,7 °С.

Подсчет густоты стояния растений ярового ячменя изучаемых сортов показал, что количество растений на вариантах с применением как химических, так и биологических препаратов превышало количество растений на контрольном варианте. На яровом ячмене сорта Яромир — на 52, 32 и 132 шт/м²; сорта Знатный — на 40, 20 и 8 шт/м²; сорта Рафаэль — на 16, 12 и 24 шт/м². Сохранность растений к уборке по сортам: на Рафаэле превышала контрольный вариант на 1,7–6,4%, на Знатном — на 6,1–8,8%, на Яромире — на 0,1–4,0%. Наибольшая сохранность растений на сорте Знатный — до 94,3% (табл. 2).

По результатам двухлетних испытаний выявлено, что сорта ярового ячменя по-разному отреагировали на изучаемые элементы технологии. От применения препаратов на всех сортах наблюдается положительная тенденция увеличения длины колоса, массы зерна с колоса, массы 1000 зерен. В вариантах с применением биологических препаратов увеличились число продуктивных стеблей, коэффициент кущения, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен у сорта ярового ячменя Рафаэль. По числу продуктивных стеблей наибольшее

Таблица 2. Густота стояния и сохранность растений ячменя при обработке биологическими препаратами (2022–2023 гг.)
Table 2. Standing density and preservation of barley plants when treated with biological preparations (2022–2023)

Вариант	Сорт	Количество растений, шт/м ²		Сохранность растений к уборке, %
		по всходам	перед уборкой	
1. Контроль	Рафаэль	384	314	81,8
2. Хозвариант		400	357	89,2
3. «Органик N» — 0,5 л/га + «Органик P» — 0,5 л/га		396	331	83,5
4. «Органик N» — 1,0 л/га + «Органик P» — 1,0 л/га		408	360	88,2
1. Контроль	Знатный	372	318	85,5
2. Хозвариант		412	384	92,3
3. «Органик N» — 0,5 л/га + «Органик P» — 0,5 л/га		392	370	94,3
4. «Органик N» — 1,0 л/га + «Органик P» — 1,0 л/га		380	352	92,6
1. Контроль	Яромир	360	315	87,5
2. Хозвариант		412	361	87,6
3. «Органик N» — 0,5 л/га + «Органик P» — 0,5 л/га		392	359	91,5
4. «Органик N» — 1,0 л/га + «Органик P» — 1,0 л/га		492	433	90,8

Таблица 3. Влияние элементов технологии на структуру урожая сортов ярового ячменя (2022–2023 гг.)
Table 3. Influence of technology elements on the yield structure of spring barley varieties (2022–2023)

Вариант	Число продуктивных стеблей, шт/м ²	Коэффициент кущения	Длина колоса, см	Число зерен, шт/колос	Масса зерна в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
Яромир						
1	684	2,25	7,2	19,7	1,07	48,4
2	737	2,15	8,3	22,0	1,26	49,2
3	689	1,95	7,9	20,9	1,16	49,0
4	775	2,20	8,1	21,3	1,26	48,8
НСР ₀₅				1,18 шт.	0,15 г	1,13 г
Знатный						
1	588	2,10	7,7	21,6	1,2	48,6
2	705	2,45	8,2	23,2	1,3	50,2
3	665	2,20	8,7	23,1	1,3	49,9
4	730	2,30	8,8	22,9	1,3	50,0
НСР ₀₅				0,87 шт.	0,23 г	1,3 г
Рафаэль						
1	622	2,0	7,4	19,6	1,0	46,9
2	691	2,3	7,5	20,3	1,1	48,8
3	732	2,4	7,6	19,5	1,1	49,1
4	722	2,4	7,4	20,3	1,1	48,9
НСР ₀₅				1,04 шт.	0,10 г	1,5 г

превышение контрольного варианта (на 110 стеблей) отмечено у сорта Рафаэль в варианте 3 с применением биологических препаратов. Биопрепараты способствовали увеличению длины колоса только на сорте Знатный (на 0,5–0,7 см). По сорту Яромир и сорту Рафаэль длина колоса не увеличилась ввиду большего кущения растений. Отмечено некоторое увеличение массы 1000 зерен у сорта Знатный. На озерненность колоса и массу зерна с колоса биопрепараты не повлияли в сравнении с хозяйственным вариантом (табл. 3).

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Агропромиздат. 1985; 185.

² Методические указания по регистрационным испытаниям новых форм удобрений, биопрепаратов и регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание. В.Г. Сычев, О.А. Шаповал, И.М. Можарова и др. М.: Росинформгортех. .2016; 216.

³ Приказ Минсельхоза РФ от 06.06.2003 № 792 «Об утверждении Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_59524/ (дата обращения: 5.02.2024).

⁴ По данным метеостанции ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Таблица 4. Урожайность ярового ячменя в среднем за 2022–2023 гг.

Table 4. Yield of spring barley on average for 2022–2023

Вариант	Сорт	Урожайность, т/га	Прибавка		Натура, г/л	Содержание белка, %	Крахмал, %
			т/га	%			
1	Рафаэль	4,8	–*	–	612	12,2	53,8
2		5,6	0,8/-**	16,7	610	13,0	53,3
3		5,7	0,9/0,1	18,7	624	12,8	53,6
4		5,7	0,9/0,1	18,7	622	12,9	53,6
НСР ₀₅		0,05					
1	Знатный	5,9	–	–	634	13,2	53,6
2		6,4	0,5/-	8,5	631	13,6	53,5
3		6,6	0,7/0,2	11,9	634	13,6	53,6
4		7,02	1,12/0,62	19,0	638	13,6	53,5
НСР ₀₅		0,03					
1	Яромир	6,16	–	–	615	13,5	53,7
2		6,4	0,24/-	3,9	619	13,5	53,3
3		6,1	-0,06/-0,3	0	615	13,4	53,4
4		6,4	0,24/0	3,9	616	13,4	53,7
НСР ₀₅		0,03					

Примечание: * по отношению к контролю (вариант 1),

** к хозяйственному варианту (вариант 2).

Выявлено, что сорта ярового ячменя отреагировали на изучаемые препараты следующим образом. Сорт ярового ячменя Яромир показал стабильную продуктивность по всем вариантам опыта независимо от применяемых элементов технологии (урожайность изменялась от 6,16 т/га на контроле до 6,1–6,4 т/га на вариантах). У сорта ярового ячменя Знатный повышение урожайности зерна относительно контроля составило на 8,5–19,0%. На данном сорте наибольшая отдача в прибавке зерна на варианте 4 (0,62 т/га). На сорте Рафаэль по вариантам опыта с биопрепаратами получена незначительная прибавка урожая (табл. 4).

Применение элементов технологии позволило выявить наиболее высокий условно чистый доход. Сорт Рафаэль показал самый высокий доход — от 1688 руб/га до 3394 руб/га, сорт Знатный — от 994 руб/га до 3488 руб/га. У сорта Яромир условно чистый доход только на варианте 2 — 1086 руб/га (табл. 5).

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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Гладышева О.В., Левакова О.В. Потенциальная продуктивность ярового ячменя. *Аграрная наука*. 2016; 10: 7–9. <https://elibrary.ru/xambsp>
- Арженювская Ю.Б., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Филенко Г.А. Анализ сортового состава и качества высеваемых семян ярового ячменя на сельскохозяйственных предприятиях Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2019; (2): 58–62. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-58-62>
- Сабирова Т.П., Сабиров Р.А. Влияние биопродуктов на продуктивность сельскохозяйственных культур. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2018; 3: 18–22. <https://elibrary.ru/ymholj>
- Синяшин О.Г., Шаповал О.А., Шулаева М.М. Инновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве. *Плодородие*. 2016; 5: 38–42. <https://elibrary.ru/wrvr2r>
- Рябцева Н.А. Отзывчивость ячменя на биопродукты. *Аграрная наука*. 2021; 5: 51–55. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55>
- Тычинская И.А., Зеленов А.А., Мерцалова Е.Н., Михалева Е.С. Влияние препаратов «Биоклад» и «Вермикс» на элементы продуктивности, урожайности и качественные показатели ярового ячменя. *Земледелие*. 2021; 4: 7–10. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10402>
- Левакова О.В. Отзывчивость нового сорта ярового ячменя Знатный на норму посева в условиях Рязанской области. *Аграрная наука*. 2021; 3: 70–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-70-73>

Таблица 5. Экономическая эффективность применения элементов технологии на яровом ячмене по сортам в среднем за 2 года (2022–2023 гг.)

Table 5. Economic efficiency of the use of technology elements on spring barley by varieties on average for 2 years (2022–2023)

Варианты	Затраты на пестициды, руб/га	Урожайность, т/га	Дополнительный урожай, т/га	Стоимость дополнительного урожая, руб.	Условно чистый доход, руб.
Яромир					
1	–	6,16	–	–	–
2	3006	6,40	0,24	1920	1086
3	4117	6,10	-0,06	–	-4117
4	5512	6,40	0,24	1920	-3592
Знатный					
1	–	5,9	–	–	–
2	3006	6,4	0,5	4000	994
3	4117	6,6	0,7	5600	1483
4	5512	7,0	1,12	8960	3448
Рафаэль					
1	–	4,8	–	–	–
2	3006	5,6	0,8	6400	3394
3	4117	5,7	0,9	7200	3083
4	5512	5,7	0,9	7200	1688

Примечание: цены 2023 года: стоимость 1 т ячменя — 8000 руб.; стоимость 1 л, кг препаратов: «Органик N, Ж» — 700 руб., «Органик Р, Ж» — 700 руб., «АпаСил, П» — 4120 руб., «Виал Тио, ВСК» — 3270 руб., «Табу, ВСК» — 6750 руб.

Выводы/Conclusions

Исследования, проведенные на сортах ярового ячменя, позволяют сделать следующие выводы: изучение микробиологических препаратов в технологии возделывания культуры показали, что продуктивность ярового ячменя сорта Яромир не изменилась от применения элементов технологии по сравнению с контрольным вариантом. Сорт ярового ячменя Знатный положительно отреагировал на изучаемые элементы технологии. По продуктивности выделился вариант 4. Увеличение урожайности — на 19,0%, условно чистый доход составил 3448 руб/га. На сорте ярового ячменя Рафаэль все изучаемые элементы технологии положительно повлияли на продуктивность культуры. Повышение урожайности — от 16,7 до 18,7%, условно чистый доход самый высокий на варианте 2 (хозвариант) — 3394 руб/га. При меньших затратах на применение препаратов получена прибавка урожая на уровне других вариантов.

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.

REFERENCES

- Gladysheva O.V., Levakova O.V. Potential productivity of spring barley. *Agrarian science*. 2016; 10: 7–9 (in Russian). <https://elibrary.ru/xambsp>
- Arzhenovskaya Yu.B., Filippov E.G., Dontsova A.A., Filenko G.A. Analysis of the varietal composition and quality of sown spring barley seeds at agricultural enterprises of the Rostov region. *Grain farming in Russia*. 2019; 2: 58–62 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-58-62>
- Sabirova T.P., Sabirov R.A. Influence of biologics on the productivity of crops. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2018; 3: 18–22 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymholj>
- Sinyashin O.G., Shapoval O.A., Shulaeva M.M. Innovative plant growth regulators in agricultural production. *Plodородие*. 2016; 5: 38–42 (in Russian). <https://elibrary.ru/wrvr2r>
- Ryabtseva N.A. Responsiveness of barley to biological products. *Agrarian science*. 2021; 5: 51–55 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-51-55>
- Tychinskaya I.A., Zelenov A.A., Mertsalova E.N., Mikhaleva E.S. Influence of «Bioklad» and «Vermix» preparations on the elements of productivity, productivity and qualitative indicators of spring barley. *Zemledelie*. 2021; 4: 7–10 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2021-10402>
- Levakova O.V. Responsiveness of a new variety of spring barley Notable to the seeding rate in the Ryazan region. *Agrarian science*. 2021; 3: 70–73 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-70-73>

8. Левакова О.В. Сортовые особенности формирования продуктивности ячменя сорта Рафаэль при разной норме посева. *Аграрная наука*. 2023; 2: 82–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-82-86>
9. Левакова О.В., Гладышева О.В., Ушакова Е.Ю. Изучение сортовых и посевных качеств районированных сортов ярового ячменя в первичных звеньях семеноводства в условиях центральной части Рязанской области. *Аграрная наука*. 2023; 3: 94–99. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-94-99>
10. Веневцев В.З., Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Влияние систем защиты на фитосанитарное состояние посевов и урожайность ярового ячменя сорта Яромир в условиях Рязанской области. *Зерновое хозяйство России*. 2019; 5: 62–67. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-62-67>
11. Захарова М.Н., Рожкова Л.В. Влияние гербицидов и их баковых смесей на засоренность посевов ярового ячменя. *Защита и карантин растений*. 2021; 4: 25–26. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_4_25
12. Щетинникова И.Н., Шешегова Т.К., Ведерников Ю.Е. Влияние сроков сева ячменя на урожайность, качество семян и фитосанитарное состояние посевов. *Защита и карантин растений*. 2018; 10: 17–19. <https://elibrary.ru/yfakl>
13. Санин С.С. и др. Технологии интенсивного зернопроизводства и защита растений. *Защита и карантин растений*. 2021; 5: 9–16. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_5_9
14. Ревкова М.А., Силаев А.И. Препараты «Туарег» и «Кинг Комби» для защиты ярового ячменя от корневых гнилей. *Защита и карантин растений*. 2021; 3: 16–17. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_3_16
15. Власова Л.М., Попова О.В. Инсектофунгицидные композиции для обработки семян зерновых культур. *Защита и карантин растений*. 2021; 8: 15–17. https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_8_15

ОБ АВТОРАХ**Марина Николаевна Захарова**

старший научный сотрудник
marina.zakharova.64@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9610-1743>

Людмила Васильевна Рожкова

научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-6399-707X>

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал
Федерального бюджетного учреждения «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ»,
ул. Парковая, 1, Подвыазье, Рязанская обл., 390502, Россия

8. Levakova O.V. Varietal features of the formation of the productivity of Rafael barley at different seeding rates. *Agrarian science*. 2023; 2: 82–86 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-82-86>
9. Levakova O.V., Gladysheva O.V., Ushakova E.Yu. The study of varietal and sowing qualities of zoned varieties of spring barley in the primary links of seed production in the conditions of the central part of the Ryazan region. *Agrarian science*. 2023; 3: 94–99 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-94-99>

10. Venetsev V.Z., Zakharova M.N., Rozhkova L.V. The impact of protection systems on phytosanitary condition of sowings and productivity of the spring barley variety Yaromir in the Ryazan region. *Grain Economy of Russia*. 2019; 5: 62–67 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-65-5-62-67>
11. Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Influence of herbicides and their tank mixes on infestation of spring barley crops. *Plant protection and quarantine*. 2021; 4: 25–26 (in Russian). https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_4_25
12. Shchennikova I.N., Sheshhegova T.K., Vedernikov Yu.E. Influence of the timing of barley sowing on yield, seed quality and phytosanitary state of crops. *Plant protection and quarantine*. 2018; 10: 17–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/yfakl>
13. Sanin S.S. et al. Technologies of intensive grain production and plant protection. *Plant protection and quarantine*. 2021; 5: 9–16 (in Russian). https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_5_9
14. Revkova M.A., Silaev A.I. PLANT Protection preparations “Tuareg” and “King Combi” for spring barley’s root rot management. *Plant protection and quarantine*. 2021; 3: 16–17 (in Russian). https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_3_16
15. Vlasova L.M., Popova O.V. Insecticidefungicide premixes for seed treatments of cereals. *Plant protection and quarantine*. 2021; 8: 15–17 (in Russian). https://doi.org/10.47528/1026-8634_2021_8_15

ABOUT THE AUTHORS**Marina Nikolaevna Zakharova**

Senior Researcher
marina.zakharova.64@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9610-1743>

Lyudmila Vasilyevna Rozhkova

Research Associate
<https://orcid.org/0000-0001-6399-707X>

Institute of Seed Production and Agrotechnologies — branch of the
Federal Budgetary Institution “Federal Scientific Agroengineering
Center VIM”,
1 Parkovaya Str., Podvyazye village, Ryazan Region, 390502, Russia



ПротеинТек

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proteintek.org | www.proteintek.org

Форум и выставка по производству и использованию кормовых протеинов и глубокой переработке высокобелковых культур

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 25 сентября 2024 года в отеле Лесная Сафмар в Москве

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка растительных и микробных протеинов.

УДК: 633.161:631.52

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-107-112

Э.С. Дорошенко ✉

А.А. Донцова

АНЦ «Донской», Зерноград, Россия

✉ doroshenko.eduard.91@mail.ru

Поступила в редакцию:
04.03.2024Одобрена после рецензирования:
30.05.2024Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-107-112

Eduard S. Doroshenko ✉

Alexandra A. Dontsova

Agricultural Research Center «Donskoy»

✉ doroshenko.eduard.91@mail.ru

Received by the editorial office:
04.03.2024Accepted in revised:
30.05.2024Accepted for publication:
15.06.2024

Характеристика коллекционных образцов озимого ячменя по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Решить проблему увеличения валового сбора зерна ячменя в стране и его стабилизации можно путем создания и внедрения в производство качественно новых, высокоурожайных сортов. Для создания сортов озимого ячменя, отвечающих современным требованиям отечественных сельхозпроизводителей, необходимо широкое разнообразие источников хозяйственно ценных признаков и свойств.

Цель исследований — провести оценку коллекционных образцов озимого ячменя в различные по погодным условиям годы и выделить наиболее адаптированные к местным метеорологическим и почвенным условиям для использования в селекционном процессе.

Методы. Исследования проводились в научном севообороте отдела селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской»» (2021–2023 гг.). Объектом исследований служили 134 сорта местной и инорайонной селекции. Посев осуществлялся в оптимальные для зоны сроки в однократной повторности. По результатам изучения данного материала выделены новые источники для использования в селекционных программах на увеличение продуктивного колосостоя, крупности зерна, массы зерна с колоса, озерненности колоса, продуктивности, качественных показателей зерна (содержание белка и лизина в белке), а также источники раннеспелости, которые рекомендуются для включения в программы гибридизации.

Результаты. В годы проведения исследований установлено положительное влияние на урожайность массы 1000 зерен в средней степени ($r = 0,46 \pm 0,00$), устойчивость к полеганию ($r = 0,32 \pm 0,00$) и количество продуктивных стеблей на 1 м^2 ($r = 0,33 \pm 0,00$).

Ключевые слова: озимый ячмень, признак, устойчивость, источник, сорт, коллекция

Для цитирования: Дорошенко Э.С., Донцова А.А. Характеристика коллекционных образцов озимого ячменя по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам. *Аграрная наука.* 2024; 384(7): 107–112.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-107-112>

© Дорошенко Э.С., Донцова А.А.

Characteristics of collection winter barley samples according to the main economically valuable traits and properties

ABSTRACT

Relevance. The problem of improving the gross harvest of barley grain in the country and its stabilization can be solved by developing qualitatively new, highly productive varieties and introducing them into production. To develop winter barley varieties that meet the modern requirements of domestic agricultural producers, a wide range of sources of economically valuable traits and properties is of great necessity.

The purpose of the research is to evaluate the collection samples of winter barley in different weather conditions in the years and identify the most adapted to local meteorological and soil conditions for use in the breeding process.

Methods. The study was carried out in the research crop rotation conducted by the department of barley breeding and seed production of the FSBSI «ARC «Donskoy»» (2021–2023). The objects of the study were 134 varieties of local and foreign breeding. Sowing was carried out at the optimal time for the area in a single repetition. According to the study results, there were identified new sources to increase productive head, grain size, grain weight per head, grain content in a head, productivity, quality indicators of grain (protein percentage in grain and lysine content in protein), as well as sources of early maturity, which are recommended for introduction into hybridization programs.

Results. During the years of research, a positive effect on the yield of 1000 grains was found to an average degree ($r = 0.46 \pm 0.00$), lodging resistance ($r = 0.32 \pm 0.00$) and the number of productive stems per 1 m^2 ($r = 0.33 \pm 0.00$).

Key words: winter barley, trait, resistance, source, variety, collection

For citation: Doroshenko E.S., Dontsova A.A. Characteristics of collection winter barley samples according to the main economically valuable traits and properties. *Agrarian science.* 2024; 384(7): 107–112 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-107-112>

© Doroshenko E.S., Dontsova A.A.

Введение/Introduction

Озимый ячмень — ценная зернофуражная культура. На Северном Кавказе является одной из наиболее урожайных зерновых культур, высокая потенциальная продуктивность определяется особенностями формирования урожая [1].

Основные фазы его роста и развития проходят в относительно увлажненный период, где он лучше использует влагу осенне-зимних осадков, экономнее расходует ее на единицу продукции. Обладая более коротким периодом вегетации, озимый ячмень рано освобождает поля для обработки под следующую культуру. В условиях интенсивного земледелия освобожденные поля используют для выращивания пожнивных посевов. Питательная ценность зерна ячменя значительно превосходит зерно пшеницы за счет лучшей сбалансированности белка по аминокислотному составу. Разностороннее использование этой культуры на кормовые и пищевые цели определяет его важное значение в зерновом балансе [2].

Широкое внедрение озимого ячменя на полях сельхозтоваропроизводителей Ростовской области могло бы способствовать значительному увеличению производства зерна, но недостаточная зимостойкость существующих сортов препятствует увеличению посевных площадей. Опыт отечественной и зарубежной науки и практики свидетельствует о том, что вклад сорта в повышение урожайности на современном этапе развития сельскохозяйственного производства достигает 70% [3].

Характерной чертой климата Ростовской области, как и всей зоны с недостаточным и неустойчивым увлажнением, являются большие колебания погодных условий по годам. В зоне часто повторяются засухи, сопровождаемые сильными ветрами юго-восточного направления, но отдельные годы отличаются избытком осадков, что приводит к развитию болезней и полеганию [4]. Такие колебания вызывают определенные трудности в получении стабильных урожаев ячменя, в преодолении которых большие резервы заложены во внедрении новых высокоурожайных сортов, более приспособленных к погодным стресс-факторам [5].

В связи с этим в АНЦ «Донской» разработан план по созданию сортов озимого ячменя с учетом зональной специфики территории, отличающихся высокой урожайностью, устойчивостью к полеганию и поражению листовыми болезнями, а также улучшенным качеством зерна. Для этого ежегодно проводится оценка селекционного и коллекционного материала по основным хозяйственно ценным признакам с целью подбора родительских форм для включения в программы гибридизации.

Цель исследований — провести оценку коллекционных образцов озимого ячменя в различные по погодным условиям годы и выделить наиболее адаптированные к местным метеорологическим и почвенным условиям для использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в отделе селекции и семеноводства ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской»» (г. Зерноград) в 2021–2023 гг.

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2014; 351.

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Группа компаний МОРЕ. 2019; 1: 384.

³ ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.

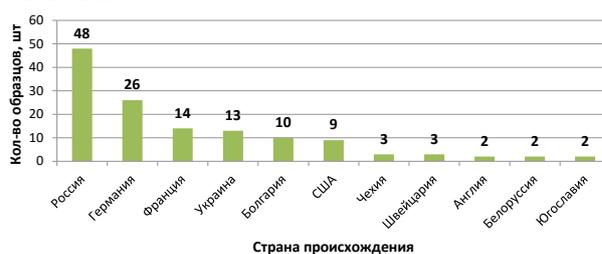
⁴ <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34735.htm>

⁵ ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

⁶ ГОСТ 33428-2015 Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина.

Рис. 1. Происхождение и количество образцов, изучаемых в коллекционном питомнике, 2021–2023 гг.

Fig. 1. Origin and number of samples studied in the collection nursery, 2021–2023



В изучении были 134 коллекционных образца местной селекции и инорайонной селекции. Сорта отечественной селекции составляли 48 шт. от всех изучаемых, 26 шт. — Германии, 14 шт. — Франции, 13 шт. — Украины, 9 шт. — США, 3 шт. — Чехии, 2 шт. — Югославии (сорта получены до 1992 г.) и др. (рис. 1).

Почва опытного участка — чернозем обыкновенный (предкавказский, карбонатный), глинистый, малогумусный. Структура почвы — зернисто-комковатая. Предшественник — горох. Коллекционный питомник ячменя высевали сеялкой Wintersteiger Plotseed, учетная площадь — 10 м², норма высева — 450 шт. всхожих семян на 1 м², стандартный среднеспелый сорт Тимофей высеивается через 20 номеров.

Закладку опыта, учеты и наблюдения осуществляли согласно методике полевого опыта (2014 г.)¹ и Государственного сортоиспытания² (2019 г.). Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТ 12042-80³.

Метеорологические условия 2020/21 с.-х. года характеризовались повышенным температурным режимом как в осенний, так и в весенне-летний период. Среднегодовая температура воздуха составила 11,7 °С, превысив многолетнюю на 2,0 °С. В июне выпало повышенное количество осадков по сравнению с многолетними данными (103,9 мм). В июле, наоборот, были недобор осадков (24,6 мм) и значительный рост температур (26,7 °С). Наиболее благоприятный по погодным условиям был 2021/22 с.-х. год (метеостанция Зерноград). Весенне-летний период 2022/23 с.-х. года характеризовался обилием осадков (125,5% от нормы) с порывами ветра практически весь период вегетации озимого ячменя⁴.

Содержание белка в зерне голозерного ячменя определяли по Кьельдалю (ГОСТ 10846-91)⁵, содержание лизина — по ГОСТ 33428-2015⁶.

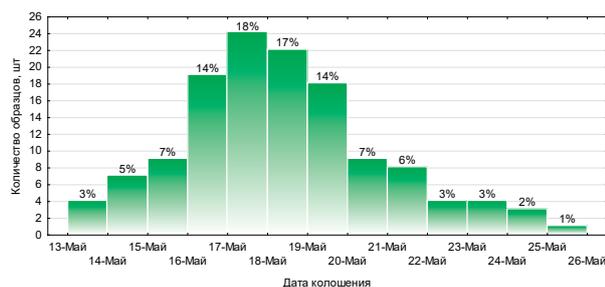
Математическую обработку данных проводили на компьютере с помощью специальных программ Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word, Statistica 6.0 (все США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Длительность вегетационного периода зависит от генетической природы сорта и условий вегетации. Для получения стабильно высоких урожаев большое значение имеют сорта, наиболее адаптированные по длительности вегетационного периода к условиям выращивания [6]. В среднем за годы исследований начало колошения отмечено 13 мая, окончание — 26 мая (стандарт — 21 мая) (рис. 2).

Рис. 2. Распределение образцов озимого ячменя по признаку «дата колошения», 2021–2023 гг.

Fig. 2. Distribution of winter barley samples according to the trait "heading date", 2021–2023



В отчетном году 34% изучаемых сортов имели более короткий период вегетации (минус 4–7 дней) по сравнению со среднеспелым стандартным сортом Тимофей: Безостый 1954 (минус 6 дней), Параллелум 1963 (минус 7 дней), Тигр (минус 7 дней), Секрет (минус 6 дней), Зенит (минус 6 дней) (Россия), Фермер (минус 7 дней), (Украина), Жерун (минус 7 дней) (Болгария), Ратункей (минус 7 дней) (США) и др. (табл. 1).

Основными составляющими урожайности являются компоненты структуры: количество продуктивных стеблей на 1 м², озерненность колоса, масса 1000 зерен, масса зерна с колоса [7].

На юге Ростовской области на первый план в селекции выдвигается проблема засухоустойчивости. К косвенным показателям степени засухоустойчивости озимого ячменя относятся масса 1000 зерен, продуктивная кустистость и количество зерен в колосе. Засухоустойчивые сорта формируют более крупное зерно, высокие — продуктивный колосостой и озерненность колоса. Масса 1000 зерен у образцов находилась в пределах 25–60 г (стандарт — 38,2 г) (рис. 3).

Таблица 1. Образцы озимого ячменя, выделившиеся по раннеспелости, 2021–2023 гг.

Table 1. Winter barley samples identified according to early maturity, 2021–2023

Название сорта	Происхождение	Дата колошения	±k st
Тимофей, стандарт	Россия	21.05	–
Безостый 1954	Россия	15.05	-6
Параллелум 1963	Россия	14.05	-7
Тигр	Россия	14.05	-7
Секрет	Россия	15.05	-6
Зенит	Россия	15.05	-6
Фермер	Украина	14.05	-7
Уши	Германия	15.05	-6
Жерун	Болгария	14.05	-7
Ратункей	США	14.05	-7
С откл.		2,5	

Таблица 2. Сорта озимого ячменя, выделившиеся по признаку «масса 1000 зерен», 2021–2023 гг.

Table 2. Winter barley varieties identified according to the trait "1000 grain weight", 2021–2023

Название сорта	Происхождение	Масса 1000 зерен, г
Тимофей, стандарт	Россия	38,3
Премьер	Россия	49,1
Nectaria	Франция	54,1
Vanessa	Франция	56,8
18513 EH11	Франция	50,6
Explorer 3/2	Франция	54,0
Explorer 4/2	Франция	51,0
KWS 2/117	Германия	49,1
KWS-Hiskory	Германия	48,3
С откл.		6,2

Все изучаемые образцы были распределены на 5 групп: очень мелкозерные (< 35,0 г) — 12%, мелкозерные (35,1–40,0 г) — 45% образцов, среднезерные (40,1–45,0 г) — 26%, крупнозерные (45,1–50,0 г) — 11% и очень крупнозерные (более 50 г) — 6%.

По показателю «масса 1000 зерен» 17% образцов достоверно превысили стандарт: Премьер (Россия), Nectaria, Vanessa, 18513 EH11, Explorer 3/2, Explorer 4/2 (Франция), KWS 2/117, KWS-Hiskory (Германия) и др.

К группе с максимальной крупностью зерна относились сорта, представленные в таблице 2.

Количество продуктивных стеблей на 1 м² является наследуемым признаком, значительно изменяющимся в зависимости от условий выращивания [8].

За годы исследований количество продуктивных стеблей на 1 м² находилось в пределах от 327 шт/м² (Perkins, США) до 551 (Wintwalt, Германия) шт/м² (рис. 4).

Лучшие показатели по данному признаку имели сорта Explorer 4, Explorer 8, Wintwalt (Германия), Comanche (Франция), Frost (Швейцария) (табл. 3).

Количество зерен в колосе у образцов варьировало: от 20 до 30 шт. — у двурядных сортов, от 50 до 65 шт. — у многорядных сортов (стандарт — 60 шт.) (рис. 5).

Рис. 3. Распределение образцов озимого ячменя по признаку «масса 1000 зерен», 2021–2023 г.

Fig. 3. Distribution of winter barley samples according to the trait "1000 grain weight", 2021–2023

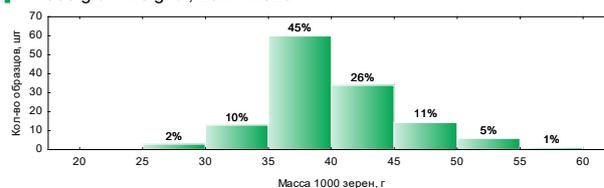


Рис. 4. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «количество продуктивных стеблей на 1 м²», 2021–2023 гг.

Fig. 4. Distribution of winter barley samples according to the trait "number of productive stems per 1 m²", 2021–2023

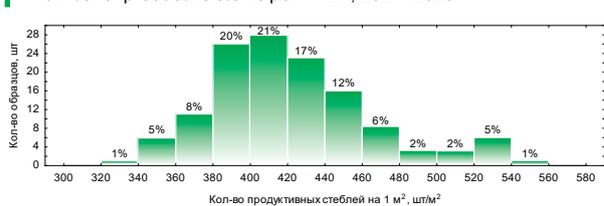


Рис. 5. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «количество зерен в колосе», 2021–2023 гг.

Fig. 5. Distribution of winter barley samples according to the trait "number of grains per head", 2021–2023

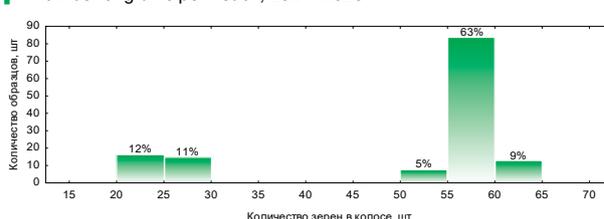


Таблица 3. Сорта озимого ячменя, выделившиеся по признаку «количество продуктивных стеблей», 2021–2023 гг.

Table 3. Winter barley varieties identified according to the trait "number of productive stems", 2021–2023

Название сорта	Происхождение	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²
Тимофей, стандарт	Россия	418
Explorer 4	Германия	515
Explorer 8	Германия	509
Wintwalt	Германия	551
Comanche	Франция	533
Frost	Швейцария	538
С откл.		44,2

Очень высокие значения признака (более 60 шт. у многорядных образцов) были отмечены у 9% изучаемых сортов: Радикал, Кондрат, Аванс, Жаворонок (Россия), Carrice, Azurel (Франция) и др. 63% многорядных сортов сформировали высокое количество зерен в колосе (55–60 шт.).

Среди двурядных образцов 11% сформировали высокие значения изучаемого признака (более 25 шт.). Выделились такие сорта, как Агроферм (Россия), Explorer 4 (Германия), Cello (США), Karisma (Англия) и др.

В среднем за годы исследований масса зерна с колоса у сортов озимого ячменя варьировала от 0,92 г у сорта Wintwalt (Германия) до 2,69 г у сорта Уши (Германия) (рис. 6).

По данному признаку лучшие показатели отмечены у сортов Факир (2,44 г) (Россия), Хоббит (2,45 г) (Швейцария), Novosadski 321 (2,51 г), Novosadski 329 (2,44 г) (Югославия), Парадиз (2,63 г) (Болгария), Wintwalt (2,69 г) (Германия).

Полегание посевов может вызывать значительное снижение урожайности и качества зерна ячменя [9]. Интенсивный рост растений во влажные годы приводит к их полеганию в период налива зерна. В засушливые годы, наоборот, рост задерживается, в результате чего растения не могут сформировать оптимальную ассимиляционную поверхность, а это в свою очередь вызывает недобор урожая. Высота растений тесно связана с устойчивостью к полеганию [10]. Значения признака «высота растений» находились в пределах от 60,4 см (Perkins, США) до 122,9 см (Днистр, Украина) (рис. 7).

По анализируемому признаку изучаемые образцы были разделены на группы: низкорослые (61,0–70,9 см) — 1%, среднерослые (81–100 см) — 20%, средневysokие (101–110 см) — 58%, высокорослые (111–120 см) — 20%, очень высокие (121–140 см) — 1% (Днистр, Украина).

В группе низкорослых отмечен один образец — Perkins (США). Он рекомендован для использования в скрещиваниях как источник короткостебельности.

Сбор зерна с единицы площади — основной критерий значимости сорта в конкретных условиях [11]. В среднем за 3 года исследований урожайность сортов озимого ячменя варьировала от 4,2 т/га (сорт Perkins, США) до 7,9 т/га (сорт Парадиз, Болгария) (рис. 8).

В среднем за годы исследования достоверно превысили стандартный сорт Тимофей по урожайности 8% образцов: Артель, Купец (Россия), Explorer 3/2, Explorer 4/2, Explorer 2, Explorer 6 (Франция), Парадиз (Болгария) и др. (табл. 4).

На величину урожайности за годы исследований оказывали положительное влияние в средней степени масса 1000 зерен ($r = 0,46 \pm 0,00$) и в слабой степени

Таблица 4. Сорта озимого ячменя, выделившиеся по признаку «урожайность», 2021–2023 гг.

Table 4. Winter barley varieties identified according to the trait “productivity”, 2021–2023

Название сорта	Происхождение	Урожайность, т/га	± St
Тимофей, стандарт	Россия	6,4	–
Артель	Россия	7,2	+0,8
Купец	Россия	7,4	+1,0
Explorer 3/2	Франция	7,8	+1,4
Explorer 4/2	Франция	7,4	+1,0
Explorer 2	Германия	7,6	+1,2
Explorer 6 Германия		7,6	+1,2
Парадиз	Болгария	7,9	+1,5
S откл.		0,7	

Рис. 6. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «масса зерна с колоса», 2021–2023 гг.

Fig. 6. Distribution of winter barley samples according to the trait “grain weight per head”, 2021–2023

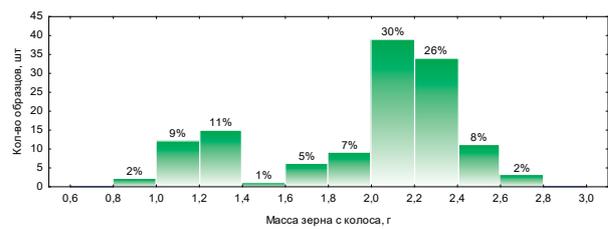


Рис. 7. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «высота растений», 2021–2023 гг.

Fig. 7. Distribution of winter barley samples according to the trait “plant height”, 2021–2023

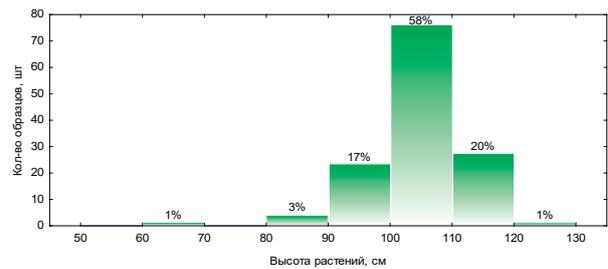


Рис. 8. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «урожайность», 2021–2023 гг.

Fig. 8. Distribution of winter barley samples according to the trait “productivity”, 2021–2023

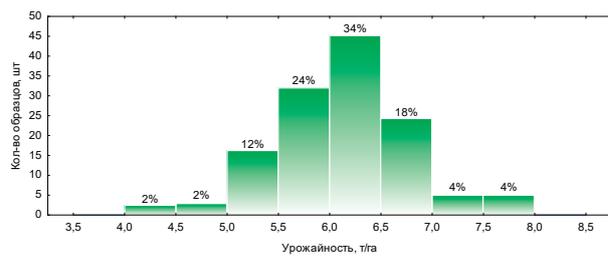
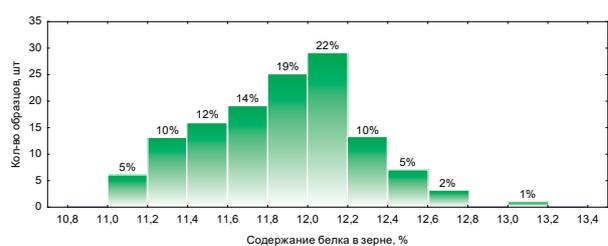


Рис. 9. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «содержание белка в зерне», 2021–2023 гг.

Fig. 9. Distribution of winter barley samples according to the trait “protein percentage in grain”, 2021–2023



устойчивость к полеганию ($r = 0,32 \pm 0,00$), количество продуктивных стеблей на 1 м² ($r = 0,33 \pm 0,00$). При увеличении значений этих признаков увеличивалась и урожайность коллекционных образцов озимого ячменя.

Рассматривая пути повышения потенциальной продуктивности растений озимого ячменя, нельзя обойти проблему повышения содержания белка в зерне. Несмотря на преимущество ячменя в кормовом отношении, улучшение его питательной ценности является одной из важнейших и очень трудоемких задач селекции настоящего и будущего [2].

Содержание белка в зерне в годы исследования варьировало от 11,1 до 13,1% (стандарт — 11,5%) (рис. 9).

Среднее содержание белка в зерне (12,1–13,4%) выявлено у 40% сортов, у остальных образцов — низкое (10,5–12,0%). Наибольшие значения данного признака

выявлены у сортов Бастион — 12,7%, Рандеву (Россия) — 13,1%; Одесский 167 (Украина) — 12,8%; Wintwalt (Германия) — 12,6%; Hoody (Англия) — 12,9%.

Содержание лизина в белке у ячменя может варьировать в зависимости от сорта и условий выращивания. Низкое содержание лизина может быть при выращивании ячменя на низком минеральном фоне или если растение подвергается стрессу, например из-за засухи или недостатка питательных веществ.

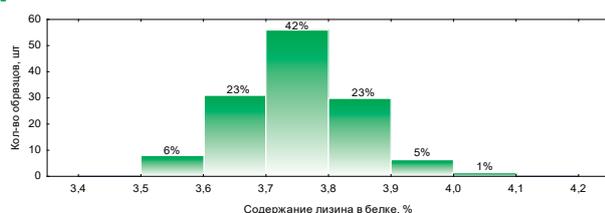
Лизин является важной аминокислотой для человека и животных, поэтому низкое содержание лизина в белке ячменя может ограничивать его полезность в питании [11]. Содержание лизина в белке в среднем за годы исследований варьировало от 3,5 до 4,1% (стандарт — 3,7%) (рис. 10).

Максимальное значение признака (более 3,9%) отмечено у 6% сортов: Артель (Россия); Метелица (Украина); Varaka, Oribi (Франция); KWS-2-117, Explorer 2, 6577CH (Германия); Novosadski 331 (Югославия).

По комплексу хозяйственно ценных признаков выделились 4 сорта: Explorer 3/2, Explorer 4/2 (Франция); Wintwalt (Германия); Парадиз (Болгария).

Рис. 10. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «содержание лизина в белке», 2021–2023 гг.

Fig. 10. Distribution of winter barley samples according to the trait "lysine content in protein", 2021–2023



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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапова Г.Н., Галимов К.А., Зобнина Н.Л. Влияние изменения климата осенью и зимой на возделывание озимой ржи. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(6): 18–21. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10604>
2. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021; 25(4): 401–407. <https://doi.org/10.18699/VJ21.044>
3. Тетяников Н.В., Боме Н.А. Источники ценных признаков для селекции голозерного ячменя. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(3): 49–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-49-55>
4. Попов А.С. и др. Влияние гидротермических условий на формирование урожая ячменя-двуручки сорта Маруся в южной зоне Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2021; 5: 63–68. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68>
5. Filippov E., Bragin R., Dontsova A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 01007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501007>
6. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2018; 78(3): 317–323. <https://doi.org/10.31742/IJGPB.78.3.4>
7. Демина И.Ф. Урожайность и элементы ее структуры у сортов и линий мягкой яровой пшеницы. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020; 5: 5–10. <https://www.elibrary.ru/oaiija>
8. Урбан Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания. Минск: *Беларуская навука*. 2009; 268. ISBN 978-985-08-1085-4
9. Тетяников Н.В., Боме Н.А. Подбор исходного материала для селекции ярового ячменя по признакам короткостебельности и устойчивости к полеганию. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2017; 1–2: 123–126. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.140.9>

Выделенные образцы различного эколого-географического происхождения, обладающие комплексом или отдельными хозяйственно-биологическими признаками и свойствами, рекомендуется использовать в качестве родительских форм для создания высокопродуктивных сортов озимого ячменя.

Выводы/Conclusions

По результатам изучения коллекционного материала выделены сортообразцы для использования в селекционных программах по увеличению значений отдельных признаков и их комплексу:

количество продуктивных стеблей на единицу площади: Explorer 4, Explorer 8, Wintwalt (Германия); Comanche (Франция); Frost (Швейцария);

масса 1000 зерен: Премьер (Россия); Nectaria, Vanessa, 18513 EH11, Explorer 3/2, Explorer 4/2 (Франция); KWS 2/117, KWS-Hiskory (Германия);

масса зерна с колоса: Факир (Россия); Хоббит (Швейцария); Novosadski 321, Novosadski 329 (Югославия); Парадиз (Болгария); Wintwalt (Германия);

высокая озерненность колоса: Радикал, Кондрат, Аванс, Жаворонок (Россия); Caprice, Azurel (Франция);

скороспелость: Безостый 1954, Параллелум 1963, Тигр, Секрет, Зенит (Россия); Фермер (Украина); Жерун (Болгария); Ramunkey (США);

высокая урожайность: Артель, Купец (Россия); Explorer 3/2, Explorer 4/2 (Франция), Explorer 2, Explorer 6 (Германия); Парадиз (Болгария).

Выделившиеся по комплексу признаков образцы рекомендуются для использования в селекционных программах при создании нового селекционного высокопродуктивного и высококачественного материала озимого ячменя.

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.

REFERENCES

1. Potapova G.N., Galimov K.A., Zobnina N.L. Impact of Autumn and Winter Climate Change on the Cultivation of Winter Rye. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(6): 18–21 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10604>
2. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25(4): 401–407 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ21.044>
3. Tetyanikov N.V., Bome N.A. Sources of characters useful for breeding in hullless barley. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(3): 49–55 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-49-55>
4. Popov A.S. et al. The effect of hydrothermal conditions on the formation of productivity of the facultative barley variety Marusya in the southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2021; 5: 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68>
5. Filippov E., Bragin R., Dontsova A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 01007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501007>
6. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2018; 78(3): 317–323. <https://doi.org/10.31742/IJGPB.78.3.4>
7. Demina I.F. The yielding capacity and yield formula in the varieties and lines of soft spring wheat. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020; 5: 5–10 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oaiija>
8. Urban E.P. Winter rye in Belarus: breeding, seed production, cultivation technology. Minsk: *Belaruskaya navuka*. 2009; 268 (in Russian). ISBN 978-985-08-1085-4
9. Tetyanikov N.V., Bome N.A. Selection of the Starting Material for Breeding of Spring-Planted Barley on the Basis of Short-Stemmed Plants' Qualities and Its Lodging Resistance. *International Research Journal*. 2017; 1–2: 123–126 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.140>

10. Шуплецова О.Н., Шенникова И.Н. Генетические источники селекции ячменя (*Hordeum vulgare*) в Волго-Вятском регионе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019; 180(1): 82–88. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-82-88>

11. Филиппов Е.Г., Донцова А.А. Особенности селекции ячменя на Дону. *Зерновое хозяйство России*. 2016; 1: 47–52. <https://www.elibrary.ru/vqavmt>

12. Дорошенко Э.С., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Сидоренко В.С. Изучение голозерных сортов ярового ячменя в условиях Северного Кавказа. *Зернообовые и крупяные культуры*. 2019; 2: 131–139. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11103>

ОБ АВТОРАХ

Эдуард Сергеевич Дорошенко

научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, кандидат сельскохозяйственных наук doroshenko.eduard.91@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0787-9754>

Александра Александровна Донцова

ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, кандидат сельскохозяйственных наук <https://orcid.org/0000-0002-6570-4303>

Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия

10. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. Genetic sources for barley (*Hordeum vulgare*) breeding in the Volga-Vyatka region. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019; 180(1): 82–88 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-82-88>

11. Filippov E.G., Dontsova A.A. Peculiarities of barley breeding on Don. *Grain Economy of Russia*. 2016; 1: 47–52 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vqavmt>

12. Doroshenko E.S., Filippov E.G., Doncova A.A., Sidorenko V.S. Study of naked spring barley varieties under the conditions of the North Caucasus. *Legumes and groat crops*. 2019; 2: 131–139 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11103>

ABOUT THE AUTHORS

Eduard Sergeevich Doroshenko

Researcher at the Department of Barley Breeding and Seed Production, Candidate of Agricultural Sciences doroshenko.eduard.91@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0787-9754>

Alexandra Alexandrovna Dontsova

Leading Researcher of the Barley Breeding and Seed Production Department, Candidate of Agricultural Sciences <https://orcid.org/0000-0002-6570-4303>

Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia



ufi
Approved
Event



Реклама



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1



АГРОРУСЬ PRO 2024

28–30 АВГУСТА 2024

33-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ
АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



КОНГРЕССНАЯ
ПРОГРАММА

ЭКСПОЗИЦИИ
РЕГИОНОВ РОССИИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ

ЦЕНТР
ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

ОТРАСЛЕВОЙ
КОНКУРС
«ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ»



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОб. 2980, 2427, 2434



6+

Сравнительная оценка урожайности зеленой массы и зерна гибридов кукурузы в условиях Центрального региона России

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время актуальным является изучение продуктивного потенциала гибридов кукурузы разных сроков созревания. В агроклиматических условиях Брянской области на серой лесной среднесуглинистой почве проведена оценка урожайности зеленой массы и зерна гибридов кукурузы. Объектом исследований послужили: раннеспелые гибриды — Машук 168, Машук 170 МВ, МА 1919, МА 171, Машук 175 МВ, Воронежский 160 СВ, Пятигорский 146 МВ, Байкал, Машук 171, Машук 185 МВ, МА 198, среднеранние — Ньютон, Машук 220 МВ, Машук 250 СВ, Машук 300.

Методы. Полевые исследования осуществляли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, статистическую обработку по Б.А. Доспехову.

Цель исследований — выявить наиболее продуктивные гибриды кукурузы по зеленой массе и зерну.

Результаты. В полевых опытах установлено, что в условиях Центрального региона России на серой лесной среднесуглинистой почве наибольшую урожайность зеленой массы обеспечили гибриды кукурузы: Байкал, МА 198, Машук 185 МВ, Машук 250 СВ — от 54,42 до 64,76 т/га, в то время как Машук 171 и Ньютон сформировали 51,51–53,44 т/га. Имея невысокую степень облиственности стеблей, гибриды Воронежский 160 СВ, Машук 175 МВ, Машук 168, МА 1919, Пятигорский 146 МВ, МА 171 обеспечили урожайность зеленой массы от 25,18 до 37,19 т/га. Наибольшую биологическую урожайность зерна (9,05–10,98 т/га) обеспечили гибриды Машук 171, Машук 250 СВ, Байкал и Машук 170 МВ, тогда как Машук 300, Машук 220 МВ, МА 198 сформировали 8,43–8,99 т/га соответственно. Урожайность остальных гибридов находилась на уровне 5,57–6,94 т/га.

Ключевые слова: кукуруза, гибриды, урожайность зерна, зеленая масса, зерно

Для цитирования: Ториков В.Е., Мельникова О.В., Наливайко Т.А. Сравнительная оценка урожайности зеленой массы и зерна гибридов кукурузы в условиях Центрального региона России. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 113–118.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-113-118>

©Ториков В.Е., Мельникова О.В., Наливайко Т.А.

Comparative assessment of the yield of green mass and grain of corn hybrids in the conditions of the Central Regions of Russia

ABSTRACT

Relevance. Currently, it is relevant to study the productive potential of corn hybrids of different maturation periods. In the agro-climatic conditions of the Bryansk region the yield of green mass and grain of corn hybrids was assessed on the gray forest medium loamy soil. The object of the research was the early-maturing hybrids Mashuk 168, Mashuk 170 MV, MA 1919, MA 171, Mashuk 175 MV, Voronezh 160 SV, Mashuk 220 MV, Mashuk 250 SV, Mashuk 300.

Methods. The field research was carried out according to the Methodology of the state variety testing of agricultural crops, statistical processing according to B.A. Dospikhov.

The purpose of the research was to identify the most productive domestic corn hybrids in terms of green mass and grain.

Results. In the field experiments it was found that in the conditions of the south-west of the Central region of Russia on the gray forest medium loamy soil the corn hybrids Baikal, MA 198, Mashuk 185 MV, Mashuk 250 SV had the highest yield of green mass — from 54.42 to 64.76 t/ha, while Mashuk 171 and Newton formed 51.51–53.44 t/ha. Having a low leafiness of the stems, the hybrids Voronezh 160 SV, Mashuk 175 MV, Mashuk 168, MA 1919, Pyatigorsky 146 MV, MA 171 had a yield of green mass from 25.18 to 37.19 t/ha. The hybrids Mashuk 171, Mashuk 250 SV, Baikal and Mashuk 170 MV showed the highest biological grain yield of 9.05–10.98 t/ha, while Mashuk 300, Mashuk 220 MV, MA 198 formed 8.43–8.99 t/ha, respectively. The yield of the remaining hybrids was at the level of 5.57–6.94 t/ha.

Key words: corn, hybrids, grain yield, green mass, grain

For citation: Torikov V.E., Melnikova O.V., Nalivaiko T.A. Comparative assessment of the yield of green mass and grain of corn hybrids in the conditions of the Central Regions of Russia. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 113–118 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-113-118>

© Torikov V.E., Melnikova O.V., Nalivaiko T.A.

УДК 631.559:633.255:633.15(470.3)

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-113-118

В.Е. Ториков ✉

О.В. Мельникова

Т.А. Наливайко

Брянский государственный аграрный университет, Кокино, Брянская обл., Россия

✉ torikova1999@mail.ru

Поступила в редакцию:
18.04.2024

Одобрена после рецензирования:
30.05.2024

Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-113-118

Vladimir E. Torikov ✉

Olga V. Melnikova

Tatiana A. Nalivaiko

Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk region, Russia

✉ torikova1999@mail.ru

Received by the editorial office:
18.04.2024

Accepted in revised:
30.05.2024

Accepted for publication:
15.06.2024

Введение/Introduction

Кукуруза — ценная кормовая культура, которая отличается универсальностью использования. Она является незаменимым энергетическим кормом для всех видов сельскохозяйственных животных, важнейшим источником увеличения производства продуктов животноводства, что обуславливает необходимость повышения валового производства кукурузы как ведущей кормовой и зернофуражной культуры широкого диапазона использования [1].

В настоящее время особый интерес вызывают гибриды с высоким генетическим потенциалом урожайности и ее стабильности в условиях изменчивых погодных факторов. Лимитирующим условием в период вегетации кукурузы при условии непрерывного водоснабжения является температура. В случае периодически повторяющихся засушливых циклов наблюдаются увядание на клеточном уровне (плазмолиз) и гибель растений кукурузы [2–4].

Производство кукурузного зерна и качественного силоса можно увеличить как за счет совершенствования технологии возделывания, расширения площади посева, так и за счет создания новых, более урожайных сортов и гибридов. Эффективность возделывания кукурузы для сельскохозяйственных предприятий нашей страны характеризуется определенными особенностями: широкой линейкой гибридов, которые отличаются высокой урожайностью и питательными свойствами как продовольственная культура, кормовыми качествами, устойчивостью к пониженным температурам, вредителям и болезням, что позволяет использовать наиболее подходящие гибриды для различных почвенно-климатических зон [5].

Кукуруза устойчива к возделыванию в монокультуре. Минеральные удобрения в технологии возделывания кукурузы положительно влияют на урожайность зерна [6, 7]. При условии периодического внесения навоза (раз в три года) в дозе 60 т/га кукуруза прекрасно растет, развивается и показывает высокую урожайность, сравнимую с урожайностью кукурузы, возделываемой в условиях соблюдения севооборота и применения неорганических удобрений [8]. Во многих регионах возделывания формирование урожая кукурузы лимитируется запасами влаги — как перед посевом, так и в течение вегетации [9, 10]. Глобальное потепление климата и повышение среднегодовой температуры на 1 °C отодвинули границу выращивания кукурузы на зерно в европейских странах на 200 км к северу [11].

В процессе селекционной работы ученые особое внимание уделяют биохимической способности гибридов эффективно использовать доступную влагу для получения максимального урожая высокого качества — как в благоприятных, так и в стрессовых погодных условиях. За последние годы созданы и внедряются в производстве гибриды кукурузы, устойчивые к болезням, эффективно использующие питательные вещества, выносливые к засухе. В условиях высоких рисков потерь урожая кукурузы, связанных с потеплением климата и ограниченностью региональных водных ресурсов, рекомендуется высевать гибриды, эффективно использующие влагу и содержащиеся в почве

элементы минерального питания. Благодаря селекции рост урожайности зерна кукурузы за последние 10 лет составил 17,1%, или 0,7 т/га [12–14].

Все новые гибриды должны обладать высоким генетическим потенциалом, способностью сохранять растения здоровыми во время критических фаз развития, продолжительной фотосинтетической активностью, максимально синхронизировать созревание генеративных органов, обеспечивать высокое качество заполнения верхушки початка, преобразовывать запасы биологической воды в зерно благодаря эффективному использованию влаги в течение всего периода вегетации [15].

В связи с этим изучение продуктивного потенциала гибридов кукурузы отечественной селекции в условиях юго-запада Центрального региона России является очень актуальной задачей.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-исследовательская работа по изучению новых гибридов кукурузы отечественной селекции проводилась в течение двухлетнего периода в условиях юго-западной части Центрального региона России в плодосменном севообороте на опытном поле Брянского ГАУ (Брянская обл., Выгоничский р-н). Почва опытного поля — серая, лесная, среднесуглинистая, хорошо окультуренная, сформирована на карбонатных лессовидных суглинках. Мощность гумусового горизонта — 26–28 см, содержание гумуса — 3,6–3,8% (по Тюрину)¹. Почва характеризуется высокой степенью насыщенности основаниями 85,6% (по Каппену-Гильковицу)², высокой обеспеченностью подвижным фосфором 216–226 мг/кг P₂O₅ и средней обеспеченностью обменным калием 156–196 мг/кг почвы (по Кирсанову)³. Реакция почвенного раствора на уровне pH_{KCl} 5,6–5,8⁴.

Оценивая агроклиматические ресурсы Брянской области, следует отметить высокую влагообеспеченность и недостаточное количество тепла, особенно прямой солнечной радиации, что ограничивает величину биологической продуктивности гибридов кукурузы зернового направления.

Объектом исследований являлись новые и перспективные раннеспелые гибриды кукурузы, предоставленные для изучения оригинатором — ФГБНУ ВНИИ кукурузы (Краснодар, Россия):

- ✓ Машук 168,
 - ✓ Машук 170 МВ,
 - ✓ Машук 175 МВ,
 - ✓ Воронежский 160 СВ,
 - ✓ Пятигорский 146 МВ,
 - ✓ Байкал,
 - ✓ Машук 171,
 - ✓ Машук 185 МВ,
 - ✓ Перспективные гибриды — МА 198; МА 171, МА 1919.
- Среднеранние:
- ✓ Ньютон,
 - ✓ Машук 220 МВ,
 - ✓ Машук 250 СВ,
- Среднеспелый гибрид — Машук 300.

Предшественником кукурузы во все годы исследований была озимая пшеница.

¹ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. Дата актуализации: 01.01.2021. М.: Стандартинформ. 2021; 7.

² ГОСТ 27821-2020 Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. М.: Стандартинформ. 2020; 4.

³ ГОСТ Р 54650-2011 Национальный стандарт Российской Федерации. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ. 2019; 8.

⁴ ГОСТ Р 58594-2019 Национальный стандарт Российской Федерации. Почвы. Метод определения обменной кислотности. М.: Стандартинформ. 2020; 8.

Посев гибридов кукурузы во все годы исследований проводили с 5 по 6 мая с нормой высева 85 тыс. шт. семян на 1 га.

Технологические операции включали: зяблевую вспашку оборотным плугом ПЛН 4-35 (ООО «ПКФ Вятка АгроДизель», Россия) на 27–28 см, внесение диаммофоски марки 10:26:26 (ПАО «ФосАгро», Россия) 150 кг/га, культивацию на глубину 17–18 см. Весной проводили внесение аммиачной селитры 34,5 д. в. (ПАО «КуйбышевАзот», Россия) 200 кг/га, предпосевную культивацию осуществляли на глубину 14–16 см, посев — сеялкой «Матермак МС8100» (Италия) на глубину 5 см, ширина междурядий — 75 см.

Система защиты посевов от сорной растительности включала гербицид «Базис, СТС» (500 + 250 г/л (Dupont, США) — 0,025 г/га + ПАВ «Тренд 90, ВР» (Dupont, США) — 200 г/га, «Евролайтинг, ВРК» (BASF, Германия) (33 г/л имазамокс, 15 г/л имазапир) — 1,2 л/га.

Полевые исследования осуществляли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур⁵, статистическую обработку (расчет коэффициентов корреляции (r), детерминации (d), регрессии (R)) проводили по Б.А. Доспехову⁶. Массу 1000 зерен кукурузы определяли по ГОСТ 10842-89⁷, содержание крахмала в зерне — по ГОСТ 10845-98⁸, содержание сухого вещества в зерне — по ГОСТ 31640-2012⁹, содержание сырого протеина в зерне — по ГОСТ Р 53903-2010¹⁰, переваримость органического вещества (NRC, %) — долю совокупности переваримых питательных веществ от органической массы устанавливали согласно ГОСТ ISO 12099-2017¹¹, ГОСТ 32040-2012¹², ГОСТ 32041-2012¹³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В соответствии с задачами исследований необходимо было оценить гибриды кукурузы различных групп спелости по урожайности зеленой массы и зерна, возделываемые на серой лесной почве Брянской области Выгоничского района.

Раннеспелое растение кукурузы отличается более коротким вегетативным периодом, и, соответственно, количество листьев будет меньше, чем у позднеспелого. Для получения зерна не имеет смысла выбирать среднепоздние и позднеспелые гибриды.

Проведенная сравнительная оценка возделываемых гибридов кукурузы показала, что в среднем за годы испытаний наибольшую урожайность зеленой массы обеспечили раннеспелые гибриды Байкал, МА 198, Машук 185 МВ (64,76, 57,71, 55,83 т/га) и среднеранний Машук 250 СВ — 54,42 т/га (табл. 1). Гибриды Машук 171 и Ньютон сформировали по 53,44 т/га и 51,51 т/га. Ранжируя уровень урожайности зеленой массы изучаемых гибридов, следует отметить, что Воронежский 160 СВ, Машук 175 МВ, Машук 168, МА 1919, Пятигорский 146 МВ, МА 171, имея невысокую степень облиственности стеблей, обеспечили урожайность зеленой массы от 25,18 до 37,19 т/га.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы гибридов селекции ВНИИ кукурузы

Table 1. Green mass yield of the hybrids of the Corn Research Institute selection

Гибрид	Год	ФАО	Наземная масса 10 растений, кг	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность зеленой массы, приведенной к 32% СВ, т/га
<i>Раннеспелые</i>					
Машук 168	2022	170	2,745	20,39	26,76
	2023		3,116	23,06	28,65
в средн.			2,930	21,72	27,70
Машук 170 МВ	2022	170	5,455	40,53	45,46
	2023		5,923	43,83	48,21
в средн.			5,693	42,18	46,83
МА 1919	2022	170	3,615	26,86	31,26
	2023		4,122	30,51	34,29
в средн.			3,868	28,68	32,77
МА 171	2022	170	3,810	28,30	37,15
	2023		4,204	31,11	37,23
в средн.			4,007	29,70	37,19
Машук 175 МВ	2022	170	2,510	18,65	25,64
	2023		3,210	23,75	24,82
в средн.			2,860	21,20	25,23
Воронежский 160 СВ	2022	170	2,255	15,75	23,65
	2023		2,652	19,62	26,72
в средн.			2,453	17,68	25,18
Пятигорский 146 МВ	2022	150	3,920	29,12	30,94
	2023		3,241	32,78	34,62
в средн.			3,580	30,95	32,78
Байкал	2022	170	12,220	90,78	62,41
	2023		13,112	97,03	67,12
в средн.			12,666	93,90	64,76
Машук 171	2022	170	6,465	48,03	52,53
	2023		6,886	50,96	54,36
в средн.			6,675	49,49	53,44
Машук 185 МВ	2022	180	7,550	52,09	54,34
	2023		7,821	54,88	57,32
в средн.			7,685	53,48	55,83
МА 198	2022	198	7,135	53,01	56,72
	2023		7,458	55,19	58,70
в средн.			7,296	54,10	57,71
<i>Среднеранние</i>					
Ньютон	2022	210	6,110	45,39	49,81
	2023		6,893	48,05	53,22
в средн.			6,501	46,72	51,51
Машук 220 МВ	2022	220	5,025	37,33	41,16
	2023		5,466	40,45	43,56
в средн.			5,245	38,89	42,36
Машук 250 СВ	2022	250	6,600	49,03	53,82
	2023		7,050	52,17	55,02
в средн.			6,825	50,60	54,42
<i>Среднеспелые</i>					
Машук 300	2022	300	4,910	36,48	41,04
	2023		5,325	39,41	45,21
в средн.			5,117	37,94	43,12
HCP ₀₅			0,050	0,310	0,280

⁵ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Москва. 1989; 197.

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. М.: Альянс. 2014; 351.

⁷ ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартинформ. 2009; 4.

⁸ ГОСТ 10845-98 Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М.: Стандартинформ. 2009; 4.

⁹ ГОСТ 31640-2012 Межгосударственный стандарт. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2020; 8.

¹⁰ ГОСТ Р 53903-2010 Кукуруза кормовая. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2011; 6.

¹¹ ГОСТ ISO 12099-2017 Межгосударственный стандарт. Корма, зерно и продукты его переработки. Руководство по применению спектроскопии в ближней инфракрасной области (ISO 12099:2010. Animal feeding stuffs, cereals and milled cereal products — Guidelines for the application of near infrared spectrometry, IDT). М.: Стандартинформ. 2017; 28.

¹² ГОСТ 32040-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ. 2020; 8.

¹³ ГОСТ 32041-2012 Комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырой золы, кальция и фосфора с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области. М.: Стандартинформ. 2020; 8.

Возделываемые гибриды различались между собой зерновой продуктивностью (табл. 2). Наибольшую биологическую урожайность зерна обеспечили: раннеспелый гибрид Машук — 171–10,98 т/га, среднеранний Машук 250 СВ — 10,61 т/га, раннеспелые Байкал и Машук 170 МВ — 9,18 т/га и 9,05 т/га соответственно. Среднеспелый Машук 300, среднеранний Машук 220 МВ и раннеспелый МА 198 сформировали, соответственно, 8,99 т/га, 8,80 т/га и 8,43 т/га зерна. У остальных гибридов урожайность находилась на уровне 5,57–6,94 т/га.

На величину биологической урожайности изучаемых гибридов в большей степени оказывали озерненность початков и масса 1000 зерен. Наиболее высокой

массой 1000 зерен (280–305 г) отличались гибриды Машук 170 МВ, Машук 220, Машук 250 СВ, Машук 171 которые сформировали и наибольшую урожайность зерна. Масса 1000 зерен, несомненно, наиболее важный показатель, который указывает не только на крупность семенного материала, но и напрямую влияет на величину биологической урожайности зерна.

У гибридов с более низкой зерновой продуктивностью (Машук 175 МВ, Машук 168, МА 1919 и МА 171) масса 1000 зерен находилась в интервале от 200 до 253 г.

Рассматривая показатели качества зерна изучаемых гибридов, следует отметить, что по содержанию сырого протеина (70–75%) отличились гибриды Машук 250 СВ, МА-1919, МА-171, Машук 171, по выходу крахмала с зерном (52,5–83,0 ц/га) — гибриды Машук 250 СВ, Машук 185 МВ, Байкал и МА-198 (табл. 3).

Наиболее высокими качественными показателями зерна отличались гибриды Машук 171, Машук 185 МВ, МА 198, Байкал и Машук 220 МВ. Гибриды Ньютон, Машук 300 и МА 171 занимали промежуточное положение. У всех остальных гибридов выход крахмала был в 1,5–2,7 раза ниже, по сравнению с гибридом Машук 250 СВ.

Для изучаемых групп спелости гибридов кукурузы была установлена корреляционно-регрессионная зависимость биологической урожайности зерна от массы 1000 зерен, а также от уровня урожайности их зеленой массы (табл. 4).

Таблица 2. Биологическая урожайность гибридов кукурузы
Table 2. Biological yield of corn hybrids

Гибрид	Год	Число рядов с зерном, шт.	Количество зерен в ряду, шт.	Число Зерен в початке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Биологическая урожайность зерна, т/га
Машук 168	2022	12	25	300	252	5,28
	2023	12	26	312	254	5,86
	в средн.	12	25	306	253	5,57
Машук 170 МВ	2022	16	27	432	285	8,62
	2023	16	28	448	286	9,48
	в средн.	16	27	440	285	9,05
МА 1919	2022	12	26	312	240	5,59
	2023	12	26	312	243	5,61
	в средн.	12	26	312	243	5,60
МА 171	2022	12	27	324	240	5,71
	2023	12	28	336	244	6,07
	в средн.	12	27	330	242	5,89
Машук 175 МВ	2022	14	24	336	200	4,56
	2023	14	25	350	201	5,18
	в средн.	14	24	343	200	4,87
Воронежский 160 СВ	2022	14	24	336	270	6,74
	2023	14	25	350	276	7,15
	в средн.	14	24	343	273	6,94
Пятигорский 146 МВ	2022	14	24	336	240	5,89
	2023	14	25	350	243	6,29
	в средн.	14	24	343	242	6,09
Машук 250 СВ	2022	14	37	518	280	10,12
	2023	14	38	532	282	11,10
	в средн.	14	37	525	281	10,61
Машук 171	2022	14	34	476	304	10,87
	2023	14	35	490	306	11,09
	в средн.	14	34	483	305	10,98
Машук 185 МВ	2022	16	32	512	180	6,34
	2023	16	33	528	183	7,15
	в средн.	16	32	520	182	6,74
Машук 220 МВ	2022	16	27	432	280	8,26
	2023	16	28	448	282	9,35
	в средн.	16	27	440	281	8,80
Байкал	2022	14	30	420	282	8,95
	2023	14	32	448	284	9,42
	в средн.	14	30	434	283	9,18
МА 198	2022	16	30	480	242	7,67
	2023	16	32	509	244	9,19
	в средн.	16	30	494	243	8,43
Машук 300	2022	16	26	416	290	8,27
	2023	16	28	448	293	9,71
	в средн.	16	26	432	292	8,99
Ньютон	2022	12	29	348	250	6,69
	2023	12	30	360	252	6,71
	в средн.	12	29	354	251	6,70
НСР ₀₅						0,22

Таблица 3. Качество зерна гибридов кукурузы
Table 3. Grain quality of corn hybrids

Гибрид	Сырой протеин (СР), г/кг СВ	Переваримость органического вещества (NRC), %	Содержание крахмала, г/кг СВ	Выход крахмала, ц/га
Машук 168	68	76	343	29,4
Машук 170 МВ	53	75	280	31,8
МА 1919	72	77	364	31,3
МА 171	73	75	352	41,8
Машук 175 МВ	65	73	285	23,4
Воронежский 160 СВ	65	73	285	23,4
Пятигорский 146 МВ	58	72	231	22,9
Машук 250 СВ	70	79	413	83,0
Машук 171	75	78	357	60,0
Машук 185 МВ	69	77	320	55,6
Машук 220 МВ	66	77	362	50,0
Байкал	69	77	263	52,5
МА 198	63	78	372	53,2
Машук 300	51	75	324	42,5
Ньютон	67	74	317	47,5

Таблица 4. Корреляционно-регрессионная зависимость биологической урожайности зерна (У, т/га) от массы 1000 зерен (X₁, г) и урожайности зеленой массы (X₂, т/га) гибридов кукурузы разных групп спелости
Table 4. Correlation and regression matrix of the dependence of biological yield (Y, t/ha) on the mass of 1000 grains (X₁, g) and the yield of green mass (X₂, t/ha) of corn hybrids of different maturity groups

Показатели	Раннеспелые		Среднеранние и среднеспелые	
	У(X ₁)	У(X ₂)	У(X ₁)	У(X ₂)
Козэф. корреляции, r	0,706	0,655	0,748	0,215
Козэф. детерминации, d	0,498	0,429	0,559	0,046
Козэф. регрессии, R	0,038	0,057	0,071	0,057

Для всех изучаемых гибридов кукурузы корреляционно-регрессионный анализ показал сильную связь биологической урожайности зерна от массы 1000 зерен. Для группы раннеспелых гибридов коэффициент корреляции составил $r = 0,706$, а для среднеранних и среднеспелых — $r = 0,748$. При этом коэффициенты детерминации показали, что влияние массы 1000 зерен кукурузы на уровень биологической урожайности зерна гибридов составило 49,8% и 55,9 %, соответственно, для данных групп спелости.

Для раннеспелых гибридов кукурузы выявлена достаточно тесная связь биологической урожайности зерна и урожайности зеленой массы ($r = 0,655$). Однако для группы среднеранних и среднеспелых гибридов отмечена очень слабая связь ($r = 0,215$) этих параметров продуктивности.

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.

Выводы/Conclusion

В условиях юго-запада Центрального региона России на серой лесной среднесуглинистой почве раннеспелые отечественные гибриды кукурузы можно возделывать как для получения зерна, так и для получения зеленой массы, тогда как среднеранние и среднеспелые гибриды наиболее пригодны для получения зеленой массы.

Наибольшую урожайность зеленой массы (от 51,51 до 64,76 т/га) обеспечили гибриды кукурузы Байкал, МА 198, Машук 185 МВ, Машук 250 СВ, Машук 171 и Ньютон. Зерновую продуктивность на уровне 8,43–10,98 т/га обеспечили гибриды Машук 171, Байкал, Машук 170 МВ, МА 198, Машук 220 МВ, Машук 250 СВ. По качеству зерна и сбору крахмала выгодно отличались гибриды Машук 250 СВ, Машук 171, Машук 185 МВ, МА 198, Байкал и Машук 220 МВ.

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. Семина С.А., Гаврюшина И.В., Семина Ю.А. Комплексные удобрения как фактор регулирования урожайности кукурузы. *Нива Поволжья*. 2019; 2: 85–91. <https://elibrary.ru/azuprb>
2. Ториков В.Е., Мельникова О.В., Ланцев В.В. Эффективность возделывания гибридов кукурузы на юго-западе Центрального региона России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; 1: 18–23. <https://elibrary.ru/thxiwf>
3. Усанова З.И., Мигулев П.И., Фаринюк Ю.Т., Павлов М.Н., Смирнова Т.И. Программирование урожайности кукурузы при использовании в технологии возделывания органических, комплексных удобрений и биопрепаратов. Тверь: *Издательство Тверской ГСХА*. 2023; 131. <https://elibrary.ru/afpybu>
4. Fosu P. The yield and price effects of growing genetically modified corn: evidence from the US corn belt. *International Journal of Biotechnology*. 2023; 14(4): 245–258. <https://doi.org/10.1504/ijbt.2022.10049247>
5. Губин С.В., Логинова А.М., Гетц Г.В. Новые инбредные линии кукурузы Сибирского филиала Всероссийского НИИ кукурузы. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021; 2: 33–40. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_33
6. Piskareva L.A., Cheverdin A.Yu. Influence of mineral fertilizers and growth regulators for maize yield. *Journal of Agriculture and Environment*. 2020; 3: 24–28. <https://doi.org/10.23649/jae.2020.3.15.5>
7. Дьяченко Е.Н., Шевелев А.Т. Влияние извести и минеральных удобрений на урожайность кукурузы и содержание питательных элементов в серой лесной почве. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(6): 13–17. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10603>
8. Семина С.А., Кухарев О.Н., Гаврюшина И.В., Палийчук А.С. Формирование урожайности и качества зерна кукурузы в зависимости от приемов возделывания. *Нива Поволжья*. 2023; 2: 1003. <https://www.elibrary.ru/onywvx>
9. Мусаев М.Р., Магомедова З.Н. Повышение урожайности кукурузы на зерно в условиях равнинной зоны Республики Дагестан. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2020; 1: 86–90. <https://elibrary.ru/klvlin>
10. Малышева Е.В., Долгополова Н.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и вынос элементов питания кукурузой, возделываемой в условиях ЦЧЗ. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 3: 45–49. <https://elibrary.ru/wmprrq>
11. Чумаков М.И., Гуророва О.В., Гусев Ю.С. Барьер из высокорослой кукурузы предотвращает перенос пыльцы кукурузы в смешанных посевах. *Экологическая генетика*. 2021; 19(4): 313–322. <https://doi.org/10.17816/ecogen78085>
12. Дридригер В.В., Есаулко А.Н., Ожередова А.Ю., Войтов А.С., Ряшенцева М.В. Влияние нормы высева на урожайность и качество гибридов кукурузы оригинатора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы». *Вестник АПК Ставрополя*. 2022; 4: 25–29. <https://elibrary.ru/dkbbwh>
13. Горбачева А.Г., Ветошкина И.А., Панфилов А.Э. Жизнеспособность семян и адаптивность раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Южного Урала. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 7: 14–21 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-236-07-14-21>
14. Малышева Е.В., Ториков В.Е. Влияние приемов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна кукурузы. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 8: 41–46. <https://elibrary.ru/msotta>

REFERENCES

1. Semina S.A., Gavryushina I.V., Semina Yu.A. Complex fertilizers as a factor of regulating the productivity of corn. *Volga Region Farmland*. 2019; (2): 56–60. <https://doi.org/10.26177/VRF.2019.2.2.014>
2. Torikov V.E., Melnikova O.V., Lantsev V.V. The efficiency of cultivation of maize hybrids in the southwest of the Central region of Russia. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018; 1: 18–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/thxiwf>
3. Usanova Z.I., Migulev P.I., Farinyuk Yu.T., Pavlov M.N., Smirnova T.I. Programming of corn yield when used in the cultivation technology of organic, complex fertilizers and biopreparations. Tver: *Tver State Agricultural Academy*. 2023; 131 (in Russian). <https://elibrary.ru/afpybu>
4. Fosu P. The yield and price effects of growing genetically modified corn: evidence from the US corn belt. *International Journal of Biotechnology*. 2023; 14(4): 245–258. <https://doi.org/10.1504/ijbt.2022.10049247>
5. Gubin S.V., Loginova A.M., Gets G.V. New inbred lines of corn created at the Siberian Branch of the All-Russian Research Institute of Corn. *Vestnik of Omsk SAU*. 2021; 2: 33–40 (in Russian). https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_2_33
6. Piskareva L.A., Cheverdin A.Yu. Influence of mineral fertilizers and growth regulators for maize yield. *Journal of Agriculture and Environment*. 2020; 3: 24–28. <https://doi.org/10.23649/jae.2020.3.15.5>
7. Dyachenko E.N., Shevelev A.T. Effect of lime and mineral fertilizers on maize yield and nutrient content in grey forest soil. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(6): 13–17 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10603>
8. Semina S.A., Kukharev O.N., Gavryushina I.V., Paliychuk A.S. Formation of corn yield and grain quality depending on cultivation techniques. *Niva Povolzhya*. 2023; 2: 1003 (in Russian). <https://elibrary.ru/onywvx>
9. Musaev M.R., Magomedova Z.N. Increasing the yield of corn for grain in the plains of the Republic of Dagestan. *Dagestan GAU Proceedings*. 2020; 1: 86–90 (in Russian). <https://elibrary.ru/klvlin>
10. Malysheva E.V., Dolgopolova N.V. Influence of mineral fertilizers on yield and nutrient removal by corn grown in the conditions of CCZ. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; 3: 45–49 (in Russian). <https://elibrary.ru/wmprrq>
11. Chumakov M.I., Gutorova O.V., Gusev Yu.S. High maize barrier prevents maize pollen transfer in mixed crops. *Ecological Genetics*. 2021; 19(4): 313–322 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/ecogen78085>
12. Dridiger V.V., Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu., Voitov A.S., Ryashentseva M.V. The influence of the seeding rate on the yield and quality of corn hybrids of the originator of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Corn". *Agricultural Bulletin of Stavropol region*. 2022; 4: 25–29 (in Russian). <https://elibrary.ru/dkbbwh>
13. Gorbacheva A.G., Vetoshkina I.A., Panfilov A.E. Viability of seeds and adaptability of early-maturing hybrids of corn in the conditions of the Southern Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 7: 14–21. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-236-07-14-21>
14. Malysheva E.V., Torikov V.E. Influence of main tillage techniques and mineral fertilization on yield and grain quality of corn hybrids. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; 8: 41–46 (in Russian). <https://elibrary.ru/msotta>

15. Ланцев В.В. Оценка универсальных гибридов кукурузы по урожайности зерна и зеленой массы в агроландшафтных условиях юго-запада Центрального региона России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; 8: 60–66. <https://elibrary.ru/pmoojn>

ОБ АВТОРАХ

Владимир Ефимович Ториков
профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства,
доктор сельскохозяйственных наук
torikov@bgsha.com
<https://orcid.org/0000-0002-0317-6410>

Ольга Владимировна Мельникова
профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства,
доктор сельскохозяйственных наук
torikova1999@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8558-1948>

Татьяна Анатольевна Наливайко
аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства
torikov@bgsha.com

Брянский государственный аграрный университет,
ул. Советская, 2А, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл.,
243365, Россия

15. Lantsev V.V. Evaluation of universal corn hybrids by grain yield and green mass in the agro-landscape conditions of the south-west of the Central region of Russia. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; 8: 60–66 (in Russian). <https://elibrary.ru/pmoojn>

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir Efimovich Torikov
Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed
Production, Doctor of Agricultural Sciences
torikov@bgsha.com
<https://orcid.org/0000-0002-0317-6410>

Olga Vladimirovna Melnikova
Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed
Production, Doctor of Agricultural Sciences
torikova1999@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8558-1948>

Tatyana Anatolyevna Nalivaiko
Postgraduate Student of the Department of Agronomy, Breeding and
Seed Production
torikov@bgsha.com

Bryansk State Agrarian University,
2A Sovetskaya Str., Kokino, Vygonichy district, Bryansk region,
243365, Russia

23-24 ИЮЛЯ

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ, НАГАЙБАКСКИЙ Р-Н

РЕГИСТРАЦИЯ
НА САЙТЕ



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА

ДЕНЬ ПОЛЯ 2024

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛАСТЬ



КРУПНО/МЕЛКО ГАБАРИТНАЯ
СЕЛЬХОЗТЕХНИКА



ИННОВАЦИИ. ИНВЕНТАРЬ.
РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



РАСТЕНИЕВОДСТВО.
ЗАЩИТА. УДОБРЕНИЯ



ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ

• **НОВАЯ ЛОКАЦИЯ:** ОТКРЫТАЯ ПЛОЩАДКА В НАГАЙБАКСКОМ РАЙОНЕ

- БОЛЕЕ 5000 ПОСЕТИТЕЛЕЙ ВЫСТАВКИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИЗ БЕЛАРУСИ И СЕРБИИ
- БОЛЕЕ 130 УЧАСТНИКОВ ИЗ 20 РЕГИОНОВ РФ

- БОЛЕЕ 150 ЕДИНИЦ С/Х ТЕХНИКИ И ДЕМОСТРАЦИОННЫЙ ПОКАЗ
- НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ И РАЗВЛЕКАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПОСЕТИТЕЛЕЙ

Организатор:



Министерство
сельского хозяйства
Челябинской области

Оператор:



ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

+7 (35 1) 755-55-10
E-MAIL: PV074@PV074.RU

УДК 633.521:631.421.1: 631.415.1

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-119-124

В.С. Зотова

Н. В. Пролётова ✉

А.М. Конова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ science.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию:
02.03.2024Одобрена после рецензирования:
30.05.2024Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-119-124

Veronica S. Zotova

Natalia V. Proletova ✉

Aminat M. Konova

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ science.trk@fncl.ru

Received by the editorial office:
02.03.2024Accepted in revised:
30.05.2024Accepted for publication:
15.06.2024

Влияние провокационных условий повышенного кислого фона почвы на морфологические признаки растений льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Уровень кислотности почв в Российской Федерации за последние десятилетия значительно повысился, а повышенная кислотность почвы — одна из причин низкой реализации в производственных условиях биологической продуктивности различных культур, включая лен-долгунец. При выращивании льна-долгунца на почвах с сильнокислой (pH_{KCl} 4,5 и ниже) и нейтральной (pH_{KCl} свыше 6,0) реакцией почвенного раствора существенно снижается урожайность льноволокна и льносемян.

Методы. Исследования проводились в полевых условиях провокационного питомника в соответствии с методическими указаниями «Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца» и «Селекция льна-долгунца», а также методикой, основанной на внесении необходимого количества извести и коллоидной серы, и патента «Способ определения устойчивости генотипов льна к изменению кислотности почвенного раствора». Исходный материал — сорта льна-долгунца Импульс, Феникс, Лидер, С 108, Союз. Подготовка почвы состояла в проведении зяблевой вспашки, внесении минеральных удобрений в форме азофоски с нормой 1,5 ц/га, бороновании и предпосевной культивации. Способ посева — рядовой, площадь питания одного растения — 3,75 см². Общая площадь эксперимента составляла 60 м² в трехкратной повторности. В качестве контрольного варианта использовался среднекислый фон с pH_{KCl} 4,6–5,0.

Результаты. Создан провокационный фон и определена кислотоустойчивость сортов льна-долгунца Импульс, Феникс, Лидер, С 108, Союз для сильнокислого и слабокислого фона, сильнокислого и среднекислого фона. Выявлено, что все исследуемые сорта льна-долгунца проявили устойчивость к повышенной кислотности почвы, сохраняя при этом высокие показатели продуктивности по сравнению с сортом-стандартом Лидер. Наиболее высокую устойчивость относительно других сортов проявили сорта Смолич, С 108, Импульс.

Ключевые слова: лен-долгунец, устойчивость, кислотность, кислотоустойчивость, продуктивность, провокационный фон, известь, коллоидная сера

Для цитирования: Зотова В.С., Пролётова Н.В., Конова А.М. Влияние провокационных условий повышенного кислого фона почвы на морфологические признаки растений льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.). *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 119–124. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-119-124>

© Зотова В.С., Пролётова Н.В., Конова А.М.

The influence of provocative conditions of increased acidity of the soil on the morphological characteristics of fiber flax plants (*Linum usitatissimum* L.)

ABSTRACT

Relevance. The level of soil acidity in the Russian Federation has increased significantly over the past decades, and increased soil acidity is one of the reasons for the low realization in production conditions of the biological productivity of various crops, including fiber flax. When growing fiber flax on soils with a strongly acidic (pH_{KCl} 4.5 and below) and neutral (pH_{KCl} over 6.0) soil solution reaction, the yield of flax fiber and flax seeds is significantly reduced.

Methods. The studies were carried out in the field conditions of a provocative nursery in accordance with the methodological instructions "Selection and primary seed production of fiber flax" and "Selection of fiber flax", as well as a technique based on the addition of the required amount of lime and colloidal sulfur and the patent "Method for determining the resistance of flax genotypes to a change in the acidity of the soil solution." The source material is fiber flax varieties Impulse, Phoenix, Leader, S 108, Soyuz. Soil preparation consisted of autumn plowing, application of mineral fertilizers in the form of azophosphate at a rate of 1.5 c/ha, harrowing and pre-sowing cultivation. The sowing method is ordinary, with a feeding area of 3.75 cm² per plant. The total area of the experiment was 60 m² in triplicate. A moderately acidic background with pH_{KCl} 4.6–5.0 was used as a control option.

Results. A provocative background was created and the acid resistance of fiber flax varieties was determined — Impulse, Phoenix, Leader, S 108, Soyuz for strongly acidic and weakly acidic backgrounds, strongly acidic and moderately acidic backgrounds. It was revealed that all studied varieties of fiber flax showed resistance to increased soil acidity, while maintaining high productivity indicators compared to the standard variety Leader. The highest resistance, relative to other varieties, was demonstrated by the varieties Smolich, S 108, and Impuls.

Key words: fiber flax, stability, acidity, acid resistance, productivity, provocative background, lime, colloidal sulfur

For citation: Zotova V.S., Proletova N.V., Konova A.M. The influence of provocative conditions of increased acidity of the soil on the morphological characteristics of fiber flax plants (*Linum usitatissimum* L.). *Agrarian science*. 2024; 384(7): 119–124 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-119-124>

© Zotova V.S., Proletova N.V., Konova A.M.

Введение/Introduction

Повышенная кислотность почвы — одна из причин снижения продуктивности различных сельскохозяйственных культур, включая лен-долгунец. В мире площадь кислых почв составляет около 50% от общей площади пахотных земель. Подкисление происходит, как правило, вследствие кислотных осадков, применения минеральных удобрений, а также в результате деятельности человека [1, 2].

Уровень кислотности почв в Российской Федерации за последние десятилетия значительно повысился, больше всего — в Нечерноземной зоне. Особенно это актуально для Центрального и Северо-Западного регионов страны, где в срочном известковании нуждаются 54,9% и 40,6% почв соответственно [3–5].

При повышении уровня кислотности почвенного раствора биологическая продуктивность различных культур, включая лен-долгунец, в производственных условиях значительно снижается [1, 4, 5]. Отмечается, что одной из причин снижения продуктивности может являться сокращение в Российской Федерации в 15–20 раз количества посевных площадей, на которых проводится известкование почвы, соответственно, процесс подкисления почвы пропорционально увеличивается. Использование минеральных удобрений на кислых почвах сопровождается сокращением их эффективности на 30–40%, а неблагоприятные почвенные условия приводят к значительному увеличению разрыва между потенциальным и фактическим урожаем сельскохозяйственных культур, в том числе льна-долгунца [1, 2, 6–9].

В настоящее время новые отечественные сорта льна-долгунца имеют биологический потенциал урожайности льноволокна в объеме 20–25 ц с 1 га, однако средняя урожайность в стране ограничивается 9,2 ц. Одной из причин такой разницы может быть доминирование кислых почв, поскольку при выращивании льна-долгунца на почвах с сильнокислой (рН_{KCl} 4,5 и ниже) и нейтральной (рН_{KCl} свыше 6,0) реакцией почвенного раствора существенно снижается урожайность льноволокна и льносемян. Для получения высоких урожаев льнопродукции на дерново-подзолистой, легкой и среднесуглинистой почве необходимо поддерживать слабокислую реакцию с рН_{KCl} в диапазоне 5,3–5,6. К сожалению, только 20–30% площадей почв в стране отвечают этому требованию [2, 6, 7, 10].

Разработка стратегий обеспечения страны конкурентоспособным льносырьем неразрывно связана с важной ролью селекции. Биологический потенциал используемых в производстве сортов льна-долгунца позволяет получать высокие урожаи льноволокна и льносемян. За последние годы вклад сорта в производство оценивается в 40–80%, и его значение будет продолжать расти в будущем. По мнению исследователей, чем менее благоприятные складываются почвенно-климатические и погодные условия, тем более важным становится выбор подходящих сортов и гибридов [2–5].

Селекционные методы являются эффективными при создании новых форм с измененными признаками и свойствами, а создание провокационных фонов для

отбора при селекции на устойчивость к неблагоприятным факторам — перспективным направлением исследований. [6, 11, 12].

Для решения вопроса о создании новых сортов льна-долгунца, устойчивых к повышенной кислотности почвенного раствора, необходимо проводить эффективную селекционную работу, в том числе с использованием биотехнологических методов [6, 11, 13–15].

Цель исследований — оценка влияния экстремальных условий повышенного кислого фона почвы на морфологические признаки льна-долгунца (*Linum usitatissimum L.*).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования по устойчивости льна-долгунца к повышенной кислотности почвы проводились на базе лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (г. Смоленск, Смоленская обл., Россия) в 2023 году в соответствии с методическими указаниями по селекции льна-долгунца (2004 г.)¹, селекции и первичному семеноводству льна-долгунца (2014 г.)².

Для создания сильнокислого, слабокислого и близкого к нейтральному уровню кислотности уровня кислотности непосредственно под культуру льна-долгунца использовали методику, основанную на внесении необходимого количества известки и коллоидной серы [2, 16].

Для анализа устойчивости генотипов льна к изменению кислотности почвенного раствора при создании провокационного фона использовали способ, обозначенный в патенте «Способ определения устойчивости генотипов льна к изменению кислотности почвенного раствора»³. Он предполагает проведение обычного посева и создание фона с заданной кислотностью путем внесения расчетной дозы известки непосредственно под лен-долгунец.

Исследования проводили с использованием различных сортов льна-долгунца, таких как Смолич, С 108, Импульс, Лидер и Феникс. Сортом-стандартом в исследованиях определен лен-долгунец Лидер (табл. 1). Лидер с 2005 года включен в Государственный реестр⁴ по Центральному, Северо-Западному и Западно-Сибирскому регионам РФ. Рекомендован для возделывания в Смоленской области. Из-за достаточно высокого удельного веса сорта в регионе (18,6%), а также скороспелости в сочетании с высоким содержанием волокна хорошего качества был выбран в качестве сорта-стандарта⁵.

Подготовка почвы соответствовала технологической карте и состояла в проведении зяблевой вспашки, внесении минеральных удобрений в форме азофоски с нормой 1,5 ц/га, бороновании и предпосевной культивации. Способ посева — рядовой, площадь питания одного растения — 3,75 см² (7,5 x 0,5 см). Учетные деланки размером 1 м², общая площадь эксперимента — 60 м² в трехкратной повторности. В качестве контрольного варианта использовался среднекислый фон с рН_{KCl} 4,6–5,0, так как исходная почва имела рН_{KCl} 4,9.

¹ Методические указания по селекции льна-долгунца (утв. ученым советом ВНИИЛ 19 августа 2003 г.). Москва. 2004; 43.

² Понажев В.П., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. и др. Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца (методические указания). Тверь: Тверской государственный университет. 2014; 140. ISBN 978-5-7609-0926-8

³ Патент от 20.01.2008 Российская Федерация RU 2314679 С2. Способ определения устойчивости генотипов льна к изменению кислотности почвенного раствора (заявка от 17.06.2005 № 2005118883/13) / О.Ю. Сорокина, Т.А. Рожмина, Л.Б. Айрапетян, Е.А. Хрусталева. М.: ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии. 6 с.

⁴ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (офиц. изд.). М.: Росинформагротех. 2023; 631.

⁵ Фокша И. Многогранный лен. Российская агрокомпания возрождает исконно русскую культуру. Агротехника и технологии. 2018; 6: 41–45.

Таблица 1. Схема полевого опыта

Table 1. Field experience design

№ варианта	Уровень кислотности	Исходная почва, контроль	Посев
1	сильнокислый рН _{KCL} почвы (<4,5) — искусственно созданный фон	рН _{KCL} 4,6–5,0	рядовой
2	среднекислый рН _{KCL} почвы (4,6–5,0) — естественный фон		
3	слабокислый рН _{KCL} почвы (5,1–5,5) — искусственно созданный фон		
4	близкий к нейтральному рН _{KCL} почвы (5,6–6,0) — искусственно созданный фон		

Статистическая обработка данных выполнена с использованием программного пакета Microsoft Excel 2021 (США) методом первичной статистической обработки экспериментальных результатов — определения выборочного среднего значения, среднеквадратичного отклонения и вариабельности признака.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В условиях 2023 года на легкосуглинистой почве погодные условия в период всходов и начальный период вегетации льна отличались умеренными температурами и недостатком влаги. Средняя температура воздуха составила +15 °С при средней многолетней +15,8 °С. Количество осадков, выпавших в июне, было значительно ниже среднемноголетнего значения (37,0 мм и 77,2 мм соответственно) (табл. 2). Влажность почвы в слое от 0 до 20 см в период быстрого роста и бутонизации, то есть в критический период для льна по потреблению влаги, находилась в пределах от 3,7 до 10,7%. ГТК июня был ниже оптимальных показателей и составил 1,18 ед. Климатические показатели июня свидетельствуют о том, что влаги и тепла растениям было недостаточно для интенсивного роста льна-долгунца и накопления вегетативной массы, что в дальнейшем отрицательно сказалось на урожайности.

Таблица 2. Агротеморологические условия вегетационного периода 2023 года (данные Смоленской агротеморологической станции, Смоленская обл.⁶)

Table 2. Agrometeorological conditions of the growing season 2023 (data from the Smolensk agrometeorological station, Smolensk region)

Месяц	Декада	Температура воздуха, °С			Количество осадков, мм		ГТК по Селянинову
		средняя 2023 г.	максимальная	средняя многолетняя	2023 г.	среднее многолетнее	
Май	I	6,8	17,2	9,9	3,1	18,4	1,03
	II	13,6	23,7	11,5	8,4	15,8	
	III	13,7	24,3	12,9	25,5	22,9	
Среднее, сумма		11,4 151		11,6	37,0	58,2	
Июнь	I	12,1	22,2	15,3	4,7	24,2	1,18
	II	16,4	27,3	15,6	0,0	27,2	
	III	16,6	27,7	16,5	48,4	25,8	
Среднее, сумма		15,0 451		15,8	53,1	77,2	
Июль	I	18,1	26,9	16,9	15,7	34,6	1,32
	II	16,2	27,5	17,4	31,1	24,5	
	III	16,7	25,6	17,5	23,0	30,4	
Среднее, сумма		17,0 526,7		17,3	69,8	89,5	
Август	I	21,1	31,4	17,2	1,6	20,0	0,83
	II	19,4	31,0	15,2	35,3	23,7	
	III	15,0	26,2	13,9	10,6	22,5	
Среднее, сумма		18,5 570,1		15,4	47,5	66,2	
За вегетационный период		1699		1843	207,4	342	1,09

⁶ Агротеморологические условия. 2023. I декада мая — II декада августа. Смоленская агротеморологическая станция. Смоленск, Смоленская обл. 12 с.

Рис. 1. Питомник оценки образцов льна по кислотоустойчивости:

а — общий вид питомника, б — учет высоты растений льна-долгунца в фазу быстрого роста. Фото авторов

Fig. 1. Nursery assessment of flax samples for acid resistance: a — general view of the nursery, b — taking into account the height of long-lived flax plants in the phase of rapid growth. Photos of the authors



а)

б)

В период цветения и формирования семян (июль) среднесуточная температура воздуха была в пределах среднемноголетней нормы — +17 °С и +17,3 °С соответственно. Количество выпавших осадков было значительно меньше среднемноголетнего показателя — на 20,3 мм. Однако оптимальная температура воздуха способствовала сохранению влаги в почве (12,8% и 9,6%). В момент налива и созревания льносемян влажность почвы, наоборот, была невысокая — 12,4% и 8,4%. Вместе с тем этого было достаточно для формирования вы-

полненных семян с биологически обусловленным их количеством в коробочке. Лен-долгунец вытерблен с 18 по 22 августа. В целом вегетационный период 2023 г. можно охарактеризовать как слабо засушливый, ГТК — 1,09 ед.

В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения, определялась интенсивность прироста по фазам развития растений льна: «елочка», бутонизация, цветение, созревание (рис. 1).

В результате исследований выявлено, что в зависимости от сортовых особенностей растений льна-долгунца в разные фазы развития изменялся показатель высоты растений льна-долгунца. Так, в фазу «елочка» высота растений льна-долгунца (в зависимости от сорта) находилась в пределах 9,7–12,9 см. Начиная с периода быстрого роста стебля в высоту и к фазе бутонизации высота растений составляла: Смолич — 62,1 см,

С 108 — 68,8 см, Импульс — 67,8 см, Лидер — 47,6 см, Феникс — 62,4 см (табл. 3). Наименьшей высотой характеризовался сорт-стандарт Лидер.

От бутонизации до цветения интенсивность роста стебля в высоту значительно снижалась, а после завязывания коробочек рост растения прекращался. Исследования показали, что растения сорта-стандарта Лидер отличались от других сортов меньшей высотой на протяжении всей вегетации.

После уборки сорта оценивали по признакам: высота растений, количество растений в снопе, техническая длина, количество коробочек и семян на растении, масса растений, масса технической части растения.

Результаты оценки растений льна-долгунца после уборки на сильнокислом фоне и слабокислом (оптимальном для выращивания льна-долгунца) по основным морфологическим признакам показали, что используемые в исследованиях сорта в этих условиях характеризуются более высокой продуктивностью по сравнению с сортом-стандартом Лидер. Так, Смолич превосходил Лидер по высоте растений на 4,0 см, С 108 — на 15,5 см, Импульс — на 16,7 см, Феникс — на 18,7 см. Отмечено, что высота растений у сорта Смолич на сильнокислом фоне составила 67,5 см, а на слабокислом — 66,2 см, у сорта С 108 — 76,1 см и 71,7 см, у сорта Импульс — 77,4 см и 74,9 см соответственно, у сорта-стандарта Лидер — 54,1 см и 54,7 см. У сорта Феникс на сильнокислом фоне показатель высоты растений 75,6 см, на слабокислом — 79,0 см. Количество коробочек на растении на сильнокислом фоне изменялось в пределах 3,7–5,0 шт., на слабокислом — 2,7–4,0 шт. Наибольшее количество семян с растения было получено у сорта Феникс (27 шт.) на сильнокислом фоне (табл. 4).

Сопоставив характеристику сортов льна-долгунца по продуктивности, полученную на сильнокислом и среднекислом (контроль) фонах, выявили, что выбранные сорта льна-долгунца лучше развиваются и характеризуются более высокими показателями основных хозяйственно ценных признаков в провокационных условиях сильнокислого фона — рН_{KCL} почвы (<4,5). Так, высота растений у сорта Смолич составила на сильнокислом фоне 67,5 см, на среднекислом — 64,5 см, у сорта С 108 — 76,1 см и 74,1 см, у сорта Импульс — 77,4 см и 74,0 см, у генотипа Лидер — 54,1 см и 53,9 см,

Таблица 3. Высота растений льна-долгунца в период вегетации
Table 3. Height of fiber flax plants during the growing season

Сорт	Высота растений, см ± Sp			
	«елочка»	бутонизация	цветение	созревание
Смолич	11,7 ± 1,3	62,1 ± 2,2	68,1 ± 4,4	72,6 ± 4,1
С 108	12,9 ± 1,6	68,8 ± 3,1	78,3 ± 3,6	84,1 ± 4,4
Импульс	12,2 ± 2,0	67,8 ± 2,1	75,5 ± 4,1	85,3 ± 4,4
Феникс	12,7 ± 1,9	62,4 ± 2,1	79,9 ± 3,2	87,3 ± 4,2
Лидер, стандарт	9,7 ± 1,1	47,6 ± 2,3	54,0 ± 3,1	68,6 ± 3,9

у Феникса — 75,6 см и 72,4 см соответственно. Количество коробочек на растении на сильнокислом фоне изменялось в пределах 3,7–5,0 шт., на среднекислом — 3,0–4,7 шт., масса растения была наибольшей у сорта Феникс также на сильнокислом фоне (0,83 г).

Используя данные таблиц 3, 4, определена кислотоустойчивость пяти исследованных генотипов льна-долгунца как отношение значений признаков продуктивности (высота растений, масса, количество коробочек и семян с растения) на сильнокислом фоне к значениям на слабокислом (оптимальном) фоне, выраженное в процентах (табл. 5), и как отношение значений признаков продуктивности на сильнокислом фоне к значениям на среднекислом (контроль) фоне, выраженное в процентах (табл. 6).

Показатель кислотоустойчивости «сильнокислый фон — слабокислый фон» свидетельствовал о том, что в условиях 2023 года сорта проявили высокую устойчивость к стрессовому фактору — повышенной кислотности почвы по всем показателям продуктивности.

Анализ полученных результатов показал, что используемые в исследованиях сорта льна-долгунца в провокационных условиях сильнокислого фона (рН_{KCL} почвы < 4,5) лучше развивались и характеризовались более высокими показателями основных хозяйственно ценных признаков, чем на оптимальном для возделывания льна-долгунца — слабокислом почвенном фоне. При этом уровень устойчивости, превышающий 100%, по признаку «высота растений» проявили образцы Смолич, С 108, Импульс. Кислотоустойчивость этих сортов составила от 103,3 до 106,1%.

По признаку «масса растений» у сортов Смолич, С 108, Лидер, Феникс кислотоустойчивость проявилась на уровне от 118,2 до 146,0%. По признаку «количество

Таблица 4. Характеристика образцов льна-долгунца по продуктивности на сильнокислом и слабокислом фонах, 2023 г.
Table 4. Characteristics of fiber flax samples in terms of productivity on strongly acidic and weakly acidic backgrounds, 2023

Генотип	Фон	Высота растений, см ± Sp	Техническая длина, см ± Sp	Количество коробочек на растении, шт. ± Sp	Количество семян на растении, шт. ± Sp	Масса растений, г ± Sp	Масса технической части растения, г ± Sp
Смолич	I	67,5 ± 5,1	59,9 ± 4,3	4,0 ± 0,6	26,4 ± 5,0	0,62 ± 0,1	0,3 ± 0,1
	II	64,5 ± 2,9	56,6 ± 3,7	3,3 ± 0,6	24,7 ± 7,0	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,03
	III	66,2 ± 3,9	59,3 ± 3,0	3,0 ± 1,0	19,3 ± 10,1	0,5 ± 0,2	0,3 ± 0,1
С 108	I	76,1 ± 8,2	65,6 ± 5,5	4,0 ± 0,6	26,4 ± 7,5	0,73 ± 0,3	0,40 ± 0,2
	II	74,1 ± 2,7	65,1 ± 1,1	3,0 ± 1,0	18,3 ± 3,8	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
	III	71,7 ± 3,7	62,9 ± 4,3	3,0 ± 0,0	20,3 ± 1,2	0,5 ± 0,03	0,3 ± 0,02
Импульс	I	77,4 ± 2,1	67,9 ± 3,1	3,7 ± 0,6	23,7 ± 4,0	0,68 ± 0,1	0,4 ± 0,03
	II	74,0 ± 2,1	64,81,00	3,0 ± 0,0	20,0 ± 1,0	0,6 ± 0,1	0,4 ± 0,1
	III	74,9 ± 2,8	64,5 ± 4,5	3,7 ± 1,2	25,7 ± 9,3	0,7 ± 0,2	0,40,10
Феникс	I	75,6 ± 8,2	62,1 ± 6,2	5,0 ± 3,2	27,0 ± 19,9	0,83 ± 0,4	0,4 ± 0,2
	II	72,4 ± 7,3	61,3 ± 5,8	4,7 ± 2,9	21,7 ± 16,1	0,7 ± 0,3	0,4 ± 0,1
	III	79,0 ± 6,0	68,8 ± 3,9	4,0 ± 1,0	19,0 ± 7,9	0,7 ± 0,2	0,4 ± 0,1
Лидер, стандарт	I	54,1 ± 0,8	44,7 ± 1,7	3,6 ± 1,2	27,0 ± 8,1	0,57 ± 0,5	0,3 ± 0,1
	II	53,9 ± 2,7	44,3 ± 2,9	4,0 ± 0,0	26,7 ± 3,8	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,2
	III	54,7 ± 3,2	47,5 ± 4,0	2,7 ± 1,2	17,0 ± 6,2	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,03

Примечание: I — сильнокислый фон, II — среднекислый (контроль), III — слабокислый фон (оптимальный для выращивания льна-долгунца).

Таблица 5. Кислотоустойчивость образцов льна-долгунца на сильнокислом и слабокислом фонах, 2023 г.

Table 5. Acid resistance of fiber flax samples on strongly acidic and weakly acidic backgrounds, 2023

Генотип	Статистические значения	Высота растений, см	Масса растений, г	Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян на растении, шт.
Смолич	среднее значение	102,0	124,4	133,3	136,8
	среднеквадратичное отклонение	14,91	21,80	32,36	31,88
	вариабельность	7,24	13,46	14,02	14,62
С 108	среднее значение	106,1	146,0	133,3	130,0
	среднеквадратичное отклонение	25,39	38,55	21,52	24,07
	вариабельность	19,14	30,51	35,51	26,40
Импульс	среднее значение	103,3	97,1	100,0	92,3
	среднеквадратичное отклонение	24,75	13,53	1,49	13,08
	вариабельность	18,16	37,44	20,29	21,17
Феникс	среднее значение	95,7	118,2	125,0	142,1
	среднеквадратичное отклонение	23,63	10,75	19,13	17,01
	вариабельность	16,16	21,69	27,61	28,95
Лидер, стандарт	среднее значение	98,9	143,2	133,3	158,8
	среднеквадратичное отклонение	22,46	27,96	11,30	14,19
	вариабельность	14,30	22,28	28,79	28,79

Таблица 6. Кислотоустойчивость образцов льна-долгунца на сильнокислом и среднекислом фонах, 2023 г.

Table 6. Acid resistance of fiber flax samples on strongly acidic and moderately acidic backgrounds, 2023

Генотип	Статистические значения	Высота растений, см	Масса растений, г	Количество коробочек на растении, шт.	Количество семян на растении, шт.
Смолич	среднее значение	104,65	124,00	121,21	106,88
	среднеквадратичное отклонение	25,21	21,80	23,36	21,88
	вариабельность	27,86	31,46	41,02	41,62
С 108	среднее значение	102,70	146,00	133,33	144,26
	среднеквадратичное отклонение	15,39	18,55	16,52	14,07
	вариабельность	19,14	20,51	25,51	26,40
Импульс	среднее значение	104,69	113,33	123,33	118,50
	среднеквадратичное отклонение	24,75	23,53	14,49	13,08
	вариабельность	28,16	37,44	40,29	41,17
Феникс	среднее значение	104,41	118,57	106,38	124,42
	среднеквадратичное отклонение	23,63	25,75	21,13	21,01
	вариабельность	26,16	21,69	17,61	18,95
Лидер, стандарт	среднее значение	100,37	114,00	90,00	101,12
	среднеквадратичное отклонение	22,46	37,96	19,30	16,19
	вариабельность	24,30	21,28	26,49	25,88

коробочек на растении» у всех образцов кислотоустойчивость находилась на уровне от 100,0 до 133,3%, по признаку «количество семян на растении» — у всех генотипов, кроме сорта Импульс, устойчивость по данному признаку составила 130,0–158,8% (табл. 5).

При анализе кислотоустойчивости исследованных сортов льна-долгунца на сильнокислом фоне к значениям на среднекислом (контроль) фоне выявлено, что исследуемые сорта по всем вышеобозначенным признакам продуктивности проявляли высокую устойчивость к

сильнокислой реакции почвенного раствора. На контрольном варианте (среднекислой почве) показатели продуктивности незначительно снижались.

Полученные результаты позволяют характеризовать используемые в исследованиях сорта льна-долгунца как высокоустойчивые к повышенной кислотности почвы. При этом уровень устойчивости, превышающий 100%, по признакам «высота растений», «масса растений», «количество коробочек на растении», «количество семян на растении» проявили все сорта, кроме сорта-стандарта Лидер. Все используемые в исследованиях сорта льна-долгунца отличались высокой продуктивностью независимо от кислотности почвенного раствора. Все сорта характеризовались высокой вариабельностью, а следовательно, высокой пластичностью.

Кислотоустойчивость у сортов по высоте растений составила от 100,37% (у сорта Лидер) до 104,69% (у сорта Импульс) (табл. 6).

По признаку «масса растений» у сортов кислотоустойчивость проявилась от +13,33 до +46,0%. По признаку «количество коробочек на растении» у всех образцов, кроме сорта-стандарта Лидер, кислотоустойчивость находилась на уровне 106,38–133,33%, показатель кислотоустойчивости сорта Лидер был несколько ниже (90%). По признаку «количество семян на растении» у всех сортов устойчивость составила 101,12–144,26%.

Выводы/Conclusion

В результате исследований в полевых условиях создан провокационный фон и определена кислотоустойчивость пяти сортов льна-долгунца — Импульс, Феникс, Лидер, С 108, Союз для сильнокислого и слабокислого (оптимального) фонов; сильнокислого и среднекислого (контроль) фонов.

Выявлено влияние провокационных условий повышенного кислого фона почвы на морфологические признаки растений льна-долгунца. Установлено, что все исследуемые сорта льна-долгунца на созданном провокационном фоне проявили устойчивость к повышенной кислотности почвы, сохраняя при этом высокие показатели продуктивности по сравнению с сортом-стандартом Лидер. Наиболее высокую устойчивость относительно других сортов проявили Смолич, С 108 и Импульс.

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

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования ФГБНУ ФНЦ ЛК по теме № FGSS 2024-0004.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the State task of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Scientific Center of Bast Crops on the topic No. FGSS 2024-0004.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Kochian L.V., Piñeros M.A., Liu J., Magalhaes J.V. Plant Adaptation to Acid Soils: The Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance. *Annual Review of Plant Biology*. 2015; 66: 571–598. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822>
- Кишлян Н.В., Мельникова Н.В., Рожмина Т.А. Механизмы адаптации льна-долгунца к повышенной кислотности почвы (обзор). *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(4): 205–212. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-205-212>
- Великанова И.В., Попов Р.А. Региональные особенности развития льняного подкомплекса в условиях нарастающих кризисных явлений. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2020; 2: 66–71. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.50.2.0012>
- Некрасов Р.В., Овчаренко М.М., Аканова Н.И. Агроэкологические основы химической мелиорации почв. *Земледелие*. 2019; 4: 3–7. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10401>
- Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ушчаповский И.В., Попов Р.А. Основные проблемы научного обеспечения льноводства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020; 14(3): 45–52. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52>
- Кишлян Н.В., Рожмина Т.А. Оценка генофонда льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) по кислотоустойчивости. *Сельскохозяйственная биология*. 2010; 45(1): 96–103. <https://www.elibrary.ru/lastnd>
- Сорокина О.Ю., Нечушкин С.М. Роль катионов кальция, магния и кислотности почвы в продуктивности льна-долгунца. *Агробиология*. 2005; 10: 13–17. <https://www.elibrary.ru/hshesf>
- Сорокина О.Ю. Влияние бактериальных удобрений в сочетании с минеральными и органоминеральными на продуктивность льна-долгунца. *Плодородие*. 2023; 4: 75–77. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.133.18>
- Ma L., Yang S. Growth and physiological response of *Kandelia obovata* and *Bruguiera sexangula* seedlings to aluminum stress. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022; 29(28): 43251–43266. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17926-0>
- Прудников А.Д., Рыбченко Т.И., Романова И.Н., Прудникова А.Г., Глушаков С.Н. Адаптивное льноводство. Монография. Смоленск: *Универсум*. 2016; 216. ISBN 978-5-91412-318-1
- Пролетова Н.В. Реакция льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) на содержание ионов алюминия в культуре *in vitro*. *Аграрная наука*. 2023; 8: 120–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-120-125>
- Desai L.J., Patel K.M., Patel P.K., Patel V.K., Gami J.K. Impact Possibility of Organic, Inorganic and Integrated Production Systems for Crop Productivity and Soil Fertility. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024; 36(3): 35–44. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34396>
- Chaturvedi A., Chaturvedi S.K., Mishra T.S., Pandey V.K., Sharma N. Enhancing Productivity of Rajma (*Phaseolus vulgaris* L.) by Managing Soil Acidity and Organic Nutrient Management under Arunachal Hill Conditions. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024; 36(3): 378–382. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34436>
- Buranji I., Varga I., Lisjak M., Iljkić D., Antunović M. Morphological characteristic of fiber flax seedlings regard to different pH water solution and temperature. *Journal of Central European Agriculture*. 2019; 20(4): 1135–1142. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.4.2484>
- Saleem M.H. et al. Copper-induced oxidative stress, initiation of antioxidants and phytoremediation potential of flax (*Linum usitatissimum* L.) seedlings grown under the mixing of two different soils of China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27(5): 5211–5221. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07264-7>
- Аристархов А. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2016; 5: 39–47. <https://www.elibrary.ru/wwhkfz>

ОБ АВТОРАХ

Вероника Сергеевна Зотова

аспирант, младший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-5230-0580>

Наталья Викторовна Пролётова

старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник,
кандидат биологических наук
<https://orcid.org/0000-0002-4137-9622>

Аминат Мсостовна Конова

ведущий научный сотрудник,
кандидат сельскохозяйственных наук
science.trk@fncl.ru

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 172002, Россия

REFERENCES

- Kochian L.V., Piñeros M.A., Liu J., Magalhaes J.V. Plant Adaptation to Acid Soils: The Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance. *Annual Review of Plant Biology*. 2015; 66: 571–598. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822>
- Kishlyan N.V., Melnikova N.V., Rozhmina T.A. The mechanisms of fiber flax adaptation to high soil acidity (a review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(4): 205–212 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-205-212>
- Velikanova I.V., Popov R.A. Regional features of the development of the flax sub-complex in the context of growing crisis phenomena. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2020; 2: 66–71 (in Russian). <https://doi.org/10.35694/YARCX.2020.50.2.0012>
- Nekrasov R.V., Ovcharenko M.M., Akanova N.I. Agroecological Foundation of Chemical Amelioration of Soils. *Zemledelie*. 2019; 4: 3–7 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10401>
- Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Ushchapovsky I.V., Popov R.A. The Main Problems of Scientific Support of Flax Growing. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020; 14(3): 45–52 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-3-45-52>
- Kishlyan N.V., Rozhmina T.A. Investigation of flax (*Linum usitatissimum* L.) gene pool on resistance to soil acidity. *Agricultural Biology*. 2010; 45(1): 96–103 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lastnd>
- Sorokina O.Yu., Nechushkin S.M. Role of calcium and magnesium cations and soil acidity in the yielding capacity of fiber flax. *Agrokhimiya*. 2005; 10: 13–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hshesf>
- Sorokina O.Yu. The effect of bacterial fertilizers in combination with mineral and organomineral fertilizers on the productivity of fiber flax. *Plodородие*. 2023; 4: 75–77 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.133.18>
- Ma L., Yang S. Growth and physiological response of *Kandelia obovata* and *Bruguiera sexangula* seedlings to aluminum stress. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022; 29(28): 43251–43266. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17926-0>
- Prudnikov A.D., Rybchenko T.I., Romanova I.N., Prudnikova A.G., Glushakov S.N. Adaptive flax growing. Monograph. Smolensk: *Universum*. 2016; 216 (in Russian). ISBN 978-5-91412-318-1
- Proletova N.V. The reaction of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) to the content of aluminum ions *in vitro* culture. *Agrarian science*. 2023; 8: 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-120-125>
- Desai L.J., Patel K.M., Patel P.K., Patel V.K., Gami J.K. Impact Possibility of Organic, Inorganic and Integrated Production Systems for Crop Productivity and Soil Fertility. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024; 36(3): 35–44. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34396>
- Chaturvedi A., Chaturvedi S.K., Mishra T.S., Pandey V.K., Sharma N. Enhancing Productivity of Rajma (*Phaseolus vulgaris* L.) by Managing Soil Acidity and Organic Nutrient Management under Arunachal Hill Conditions. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024; 36(3): 378–382. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i34436>
- Buranji I., Varga I., Lisjak M., Iljkić D., Antunović M. Morphological characteristic of fiber flax seedlings regard to different pH water solution and temperature. *Journal of Central European Agriculture*. 2019; 20(4): 1135–1142. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.4.2484>
- Saleem M.H. et al. Copper-induced oxidative stress, initiation of antioxidants and phytoremediation potential of flax (*Linum usitatissimum* L.) seedlings grown under the mixing of two different soils of China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020; 27(5): 5211–5221. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07264-7>
- Aristarkhov A. Sulfur in Russian agroecosystems: monitoring the content in soils and the effectiveness of its use. *International Agricultural Journal*. 2016; 5: 39–47 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wwhkfz>

ABOUT THE AUTHORS

Veronica Sergeevna Zotova

Postgraduate Student, Junior Researcher
<https://orcid.org/0000-0001-5230-0580>

Natalia Viktorovna Proletova

Senior Researcher, Leading Researcher,
Candidate of Biological Sciences
<https://orcid.org/0000-0002-4137-9622>

Aminat Msostovna Konova

Leading Researcher, Candidate
of Agricultural Sciences
science.trk@fncl.ru

Federal Scientific Center of Bast Crops,
17/56 Komsomolsky Prospect, Tver, 172002, Russia

УДК 633.174/1+631.559

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-125-129

Н.А. Ковтунова ✉

В.В. Ковтунов

А.Е. Романюкин

Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Россия

✉ n-beseda@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.02.2024Одобрена после рецензирования:
30.05.2024Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-125-129

Natalia A. Kovtunova ✉

Vladimir V. Kovtunov

Alexander E. Romanyukin

Agricultural Research Center “Donskoy”,
Zernograd, Russia

✉ n-beseda@mail.ru

Received by the editorial office:
20.02.2024Accepted in revised:
30.05.2024Accepted for publication:
15.06.2024

Ширина листа — маркерный признак высокой урожайности зеленой массы сорго сахарного

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель работы — на основе корреляционно-регрессионного анализа выявить основные признаки, оказывающие влияние на урожайность зеленой массы сорго сахарного. Определен маркерный признак высокой урожайности сорго сахарного — ширина листа, относительная простота измерения которого значительно облегчает селекционную работу при анализе урожайности в полевых условиях, а также выделены образцы коллекции с высокими значениями признака, рекомендуемые использовать как источники.

Методика. Исследования проводились в 2021–2023 гг. Объект исследований — коллекционные образцы сорго сахарного. Почвенный покров опытного участка представлен обыкновенным карбонатным черноземом. Метеорологические условия в 2021–2023 гг. были контрастны. ГТК за май — сентябрь в 2021 г. составил 0,82, в 2022-м — 0,52, в 2021-м — 0,81, что говорит о средней засушливости (2022 г.) и недостаточной увлажненности в 2021 и 2023 гг.

Результаты. Установлено, что при повышении площади листовой поверхности от 96 до 450 см² урожайность зеленой массы на силос увеличивается с 15 до 46 т/га. Корреляционный анализ подтверждает данную связь — $r = 0,50 \pm 0,06$. Прослеживается рост урожайности зеленой массы на 0,08 т/га при увеличении площади листа на 1 см². При увеличении ширины листа с 3 до 10 см урожайность зеленой массы возрастает с 18 до 48 т/га. Согласно корреляционно-регрессионному анализу, увеличение ширины листа на 1 см сопровождается ростом урожайности на 4,8 т/га при $r = 0,52 \pm 0,06$. Выделены образцы с наибольшими значениями ширины и площади листовой поверхности: Зерноградское 1 УК, Волжское 51/1, Sweet Oxley Amber, K-1798/1, K-3054/1, K-4575, Зерноградское 1/1332.

Ключевые слова: сорго, урожайность, сорт, площадь листа, корреляция

Для цитирования: Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е. Ширина листа — маркерный признак высокой урожайности зеленой массы сорго сахарного. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 125–129.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-125-129>

© Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е.

Leaf width as a marker trait of high productivity of sweet sorghum green mass

ABSTRACT

Relevance. The purpose of the work is to identify the main signs influencing the yield of the green mass of sugar sorghum on the basis of correlation and regression analysis. There has been identified a marker trait for high productivity of sweet sorghum, it is leaf width, the relative ease of measurement of which greatly facilitates breeding work when analyzing productivity in the field, and there have been identified collection samples with high values of the trait, recommended for use as sources.

Methods. The study was carried out in 2021–2023. The objects of the study are collection samples of sweet sorghum. The soil of the experimental plot is represented by ordinary carbonate blackearth. Weather conditions of 2021–2023 were contrasting. The meteorological conditions in 2021–2023 were contrasting. The GTC for May — September in 2021 was 0.82, in 2022 — 0.52, in 2021 — 0.81, which indicates average aridity (2022) and insufficient moisture in 2021 and 2023.

Results. There has been established that with an increase in leaf surface area from 96 to 450 cm², the yield of green mass for silage increases from 15 to 46 t/ha. Correlation analysis confirms this relationship $r = 0.50 \pm 0.06$. There is an increase in the yield of green mass by 0.08 t/ha with an increase in leaf area by 1 cm². With an increase in leaf width from 3 to 10 cm, the yield of green mass increases from 18 to 48 t/ha. According to correlation and regression analysis, an increase in leaf width by 1 cm is accompanied by an increase in productivity by 4.8 t/ha at $r = 0.52 \pm 0.06$. There have been identified the samples with the largest values of width and leaf surface area Zernogradskoe 1 UK, Volzhskoe 51/1, Sweet Oxley Amber, K-1798/1, K-3054/1, K-4575, Zernogradskoe 1/1332.

Key words: sorghum, productivity, variety, leaf area, correlation

For citation: Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E. Leaf width as a marker trait of high productivity of sweet sorghum green mass. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 125–129 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-125-129>

© Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E.

Введение/Introduction

Сорго — это C_4 культура с высокой кормовой продуктивностью, способностью отрастать и адаптивностью в засушливом климате. В условиях повышения засушливости климата в летний период селекция C_4 культур, устойчиво осуществляющих фотосинтез при значительных повышениях температур, с более высокой эффективностью использования влаги и потенциальной урожайностью, становится актуальной [1]. Листья у таких растений характеризуются особым анатомическим строением кранц-типа и наличием крупных агранальных и мелких гранальных хлоропластов. Это в свою очередь позволяет предотвращать потери углекислого газа, снижать фотодыхание, особенно в условиях повышенной температуры и засухи [2]. Размер листьев является важным фактором, определяющим главным образом развитие площади листовой поверхности, влияя через нее на фотосинтез, транспирацию и в конечном счете на продуктивность растений. Установлено, что размер листа тесно связан с плотностью жилок [3]. В засушливых условиях узколистные растения из-за меньшей листовой поверхности легче переносят жару и имеют преимущества в эффективности использования воды [4].

Для кормовых культур лист играет большую роль, чем у зерновых, так как он непосредственно составляет значительную долю выращиваемой продукции [5, 6]. Однако урожайность любой культуры имеет сложный характер, обусловленный взаимосвязями различных компонентов. Знание корреляционных зависимостей необходимо для исследователей-селекционеров при составлении программ работы [7–9].

Согласно исследованиям Hernández и др. (2018 г.), урожайность сорго сахарного определяется главным образом высотой растений, по данным Kapbar и др. (2019 г.) — продолжительностью периода до цветения, а по Vendruscolo и др. (2016 г.) — размерами и количеством листьев [10–12].

Однако фенотипические признаки являются реакцией на воздействие не только генетических факторов, но и факторов внешней среды. Поэтому результаты корреляционного анализа могут быть использованы, только если получены в похожих условиях.

Цель работы — на основе корреляционно-регрессионного анализа выявить основные признаки, оказывающие влияние на урожайность зеленой массы сорго сахарного.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в г. Зернограде Ростовской области (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2021–2023 гг.

Объект исследований — коллекционные образцы (200 шт.) сорго сахарного, представленные генотипами различного эколого-географического происхождения (ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова), а также сортами, созданными в различных научных учреждениях России, в том числе «АНЦ «Донской»».

Почвенный покров опытного участка представлен обыкновенным карбонатным черноземом: содержание гумуса — 3,2%, фосфора — 18,5–20,0 мг/кг, калия — 342–360 мг/кг почвы [13].

Метеорологические условия, по наблюдениям авторов, в 2021–2023 гг. были контрастны. ГТК за май — сентябрь в 2021 г. составил 0,82, в 2022-м — 0,52, в 2021-м — 0,81, что говорит о средней засушливости (2022 г.) и недостаточной увлажненности в 2021 и 2023 гг. При этом следует отметить, что, несмотря на равные значения ГТК в 2021 и 2023 гг., условия резко различались. Так, в 2021 г. сумма осадков за вегетационный период сорго составила 273,1 мм, из которых 38%, или 103,9 мм, выпали в июне, 18,7%, или 51,1 мм, — в августе, что выше среднемноголетней нормы на 45,7%, или на 32,6 мм, и на 13,0%, или 45,2 мм. В остальные месяцы недобор осадков составил 33–35%. В 2023 году сумма осадков составила 254,8 мм, из которых на май приходится 43,3%, или 110,4 мм. В остальные месяцы количество осадков было ниже среднемноголетней нормы на 10–48%.

Условия 2021 и 2023 гг. способствовали развитию хорошей корневой системы, листостебельной массы, высокому урожаю зеленой массы. Условия 2022 г., наоборот, были крайне неблагоприятны для роста и развития сорго. Сумма осадков 234,6 мм ниже на 8,7%, или на 23,2 мм, но во все месяцы вегетации наблюдался недобор осадков. Большая часть выпала в июне в виде ливневых дождей (55,8 мм) за 3–4 дня. Кроме того, в 2022 г. наблюдались наибольшие значения средней температуры воздуха в июне, июле и августе (23,1–26,6 °С), что выше нормы на 0,7–4,7 °С. В таких засушливых условиях растения сорго не смогли проявить потенциальную урожайность.

В качестве стандарта использовался сорт сорго сахарного Зерноградский январь. Уборка зеленой массы сорго сахарного проводилась в фазе молочно-восковой спелости зерна. Для анализа использовали самый большой лист 5 растений каждого образца, так как он наиболее тесно коррелирует с общей площадью листа у растений. У сорго и кукурузы это 3-й лист ниже флагового.

Площадь листа определяли по формуле¹:

$$S = L \times (2h_1 + 2h_2 + 3h_3) / 8,$$

где L — длина листа, h_1 — ширина листа у его края, h_2 — ширина середины листа, h_3 — ширина листа у основания.

Опыты проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур² (1989 г.). Обработка почвы и уход за посевами проводились в соответствии с «Рекомендациями по возделыванию сорго сахарного»³ (2018 г.).

Статистический анализ полученных данных проведен по Б.А. Доспехову⁴ (2014 г.) с использованием компьютерных программ Excel (США) и Statistica 10 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В ходе корреляционного анализа установлено, что урожайность зеленой массы на силос у образцов коллекции сорго сахарного зависит главным образом от ширины ($r = 0,52 \pm 0,06$) и площади листа ($r = 0,50 \pm 0,06$). С признаками «высота растений», «количество листьев»,

¹ Соломко О.Б., Ключкова О.С., Цветков Г.В. Методика определения площади листьев. Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. — URL: <https://agrosbornik.ru/innovacii/106-2011-10-09-15-29-31.html> (дата обращения: 23.12.2023).

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва. 1989; 194.

³ Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Горпиниченко С.И. и др. Рекомендации по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и суданской травы. Саратов: ООО «Амирит». 2018; 28.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2014; 351.

«диаметр стебля» связь оказалась слабее и составила $0,35-0,40 \pm 0,06$.

Площадь листовой поверхности у образцов коллекции варьировала от 96 до 450 см^2 . Наибольшие значения площади листовой поверхности (354–450 см^2) отмечены у образцов Saccaline, Сахарное чернопленчатое, Sweet Oxley Amber, Северное 44/1691, К-1798/1, К-3842/3, Волжское 51/1, К-1383, Зерноградское 1 УК, К-3054/1, К-4575.

Вся коллекция сорго сахарного была распределена по площади листовой поверхности по отношению к стандарту (274 см^2 , $s = 59$). При анализе графика распределения образцов коллекции сорго сахарного установлено, что значительно превысили стандарт (более чем на 59 см^2) по данному показателю 26 образцов, или 13% коллекции (рис. 1).

Среднегрупповая урожайность зеленой массы на силос в данной группе образцов выше, чем у стандарта, на 7–11 т/га. Кроме того, из графика распределения видно, что при повышении площади листовой поверхности от 96 до 450 см^2 урожайность зеленой массы на силос увеличивается с 15 до 46 т/га. Следует отметить, что повышение продуктивности происходит неравномерно. При увеличении площади листа с 96 до 214 см^2 среднегрупповое значение урожайности возрастает на 20%, а затем наблюдается более медленное повышение урожайности (на 7–11%).

Корреляционный анализ подтверждает данную связь — $r = 0,50 \pm 0,06$. Прослеживается рост урожайности зеленой массы на 0,08 т/га при увеличении площади листа на 1 см^2 (рис. 2). Эти данные согласуются с данными О.П. Кибальник и др., U.L. Arunah и др., согласно которым площадь листа вносит наибольший вклад в урожайность, чем другие параметры [14, 15].

Ширина листа у образцов коллекции варьировала в пределах 3,5–9,7 см, причем почти половина коллекции представлена образцами со средней шириной листа (49%), вторая половина — с узкой (49%). Широколистных форм (более 10 см) не выявлено (рис. 3).

В среднем по коллекции при увеличении ширины листа с 3 до 10 см урожайность зеленой массы возрастает с 18 до 48 т/га, причем значительное превышение по урожайности над стандартом отмечено у форм со средней шириной листа — на 6–13 т/га. Согласно корреляционно-регрессионному анализу увеличение ширины листа на 1 см сопровождается ростом урожайности на 4,8 т/га при $r = 0,52$ (рис. 4). О значительном влиянии ширины листа на продуктивность растений указывалось в работах М. Kaplan и др., А. Kanbar и др. [16, 11].

В ходе изучения коллекции выделены образцы с наибольшими значениями ширины и площади листовой поверхности (табл.1). Все они относятся к среднеспелой группе созревания (100–120 дней), высокорослые и очень высокорослые (195–260 см), хорошо облиственные (более 9 листьев). Урожайность зеленой массы на силос у них значительно превышает стандарт Зерноградский янтарь (48–55 т/га).

Ранее было выявлено, что широкие листья доминируют над узкими, что делает эти образцы еще более ценными, так как гибриды, полученные с их

Рис. 1. Урожайность зеленой массы образцов коллекции сорго сахарного в зависимости от площади листовой поверхности, 2021–2023 гг.

Fig. 1. Productivity of green mass of sweet sorghum samples depending on leaf surface area, 2021–2023



Рис. 2. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного и площади листовой поверхности, 2021–2023 гг.

Fig. 2. Correlation between productivity of sweet sorghum green mass and leaf surface area, 2021–2023

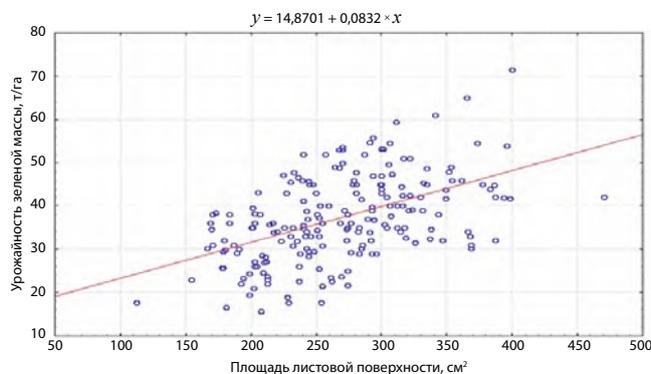


Рис. 3. Урожайность зеленой массы образцов коллекции сорго сахарного в зависимости от ширины листа, 2021–2023 гг.

Fig. 3. Productivity of green mass of sweet sorghum samples depending on leaf width, 2021–2023

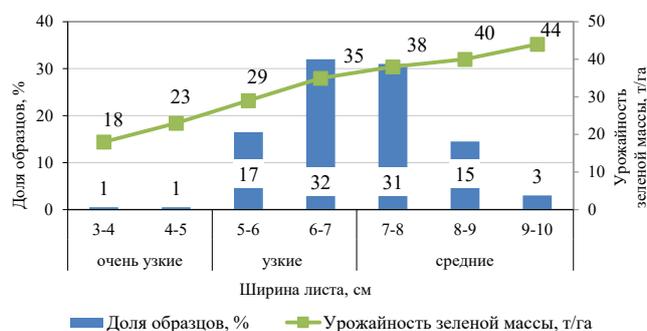


Рис. 4. Зависимость урожайности зеленой массы сорго сахарного и ширины листа, 2021–2023 гг.

Fig. 4. Correlation between productivity of sweet sorghum green mass and leaf width, 2021–2023

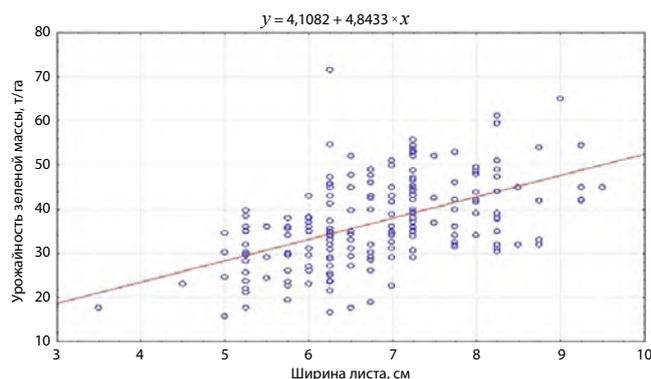


Таблица 1. Источники высокой площади листовой поверхности, 2021–2023 гг.

Table 1. Sources of high leaf surface area, 2021–2023

Образец	Ширина листа, см	Площадь листа, см ²	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Урожайность зеленой массы, т/га
Зерноградский январь, стандарт	7,3	274	114	192	11	35
Зерноградское 1 УК	8,8	396	117	195	10	54
Волжское 51/1	8,8	387	116	205	10	45
Sweet Oxley Amber	9,0	366	114	195	10	55
K-1798/1	9,3	373	119	225	14	55
K-3054/1	9,3	398	114	195	11	52
K-4575	9,3	450	114	260	10	48
Зерноградское 1/1332	9,5	378	110	245	13	51
Среднее по коллекции	6,8	287	110	210	10	37
s	1,1	59	7	26	1	7

участием, будут отличаться по урожайности [6], поэтому выделенные образцы рекомендуются к использованию в гибридизации с раннеспелыми формами как источники высокой площади листовой поверхности и широколиственности.

Выводы/Conclusions

В ходе исследований установлено, что при повышении площади листовой поверхности и ширины листовой поверхности 3-го листа у сорго сахарного наблюдается рост урожайности зеленой массы на силос ($r = 0,50 \pm 0,06$ и $r = 0,52 \pm 0,06$).

Выделены образцы с наибольшими значениями ширины и площади листовой поверхности: Зерноградское 1 УК, Волжское 51/1, Sweet Oxley Amber, K-1798/1, K-3054/1, K-4575, Зерноградское 1/1332. Они рекомендуются к использованию в гибридизации с раннеспелыми формами как источники высокой площади листовой поверхности и широколиственности.

Низкая изменчивость, относительная простота измерения и высокая наследственность признака «ширина листа» делают его удобным в селекционных программах для использования в качестве маркерного признака высокой урожайности зеленой массы.

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 в рамках государственного задания ФГБНУ «АНЦ «Донской»» (тема № 0505-2022-0003).

FUNDING

The work was carried out within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Institution «ANTS "Donskoy"» (topic No. 0505-2022-0003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Souza Ê.G.F. *et al.* Leaf diagnosis and productivity of forage sorghum fertigated with nitrogen doses in two harvests. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2021; 20: e1201. <https://doi.org/10.18512/rbms2021v20e1201>
- Cano F.J., Sharwood R.E., Cousins A.B., Ghannoum O. The role of leaf width and conductances to CO₂ in determining water use efficiency in C₄. *New Phytologist*. 2019; 223(3): 1280–1295. <https://doi.org/10.1111/nph.15920>
- Florin L., Brodribb T.J., Anfodillo T. Transport efficiency through uniformity: organization of veins and stomata in angiosperm leaves. *New Phytologist*. 2016; 209(1): 216–227. <https://doi.org/10.1111/nph.13577>
- Zhi X. *et al.* Genetic basis of sorghum leaf width and its potential as a surrogate for transpiration efficiency. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022; 135(9): 3057–3071. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04167-z>
- Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F₁. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 01012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501012>
- Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Kovtunov V.V., Kravchenko N.S. Параметры адаптивности и изменчивости урожайности и качества зеленой массы суданской травы. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2022; 6: 58–62. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/6/58-62>
- Костылев П.И., Аксенов А.В., Краснова Е.В. Оценка продуктивности образцов риса в условиях жесткой полевой засухи. *Зерновое хозяйство России*. 2023; 4: 35–42. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-87-4-35-42>
- Кривошеев Г.Я., Игнатиев А.С., Лупинога Д.Р., Арженковская Ю.Б., Шевченко Н.А. Взаимосвязь количественных признаков и урожайности зерна у гибридов восковидной кукурузы. *Зерновое хозяйство России*. 2023; 3: 29–35. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35>
- Антимонов А.К., Антимонова О.Н. Вклад и значимость индексов селектируемых признаков в формировании прибавки урожайности проса посевного. *Аграрная наука*. 2023; 4: 105–109. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-105-109>

REFERENCES

- Souza Ê.G.F. *et al.* Leaf diagnosis and productivity of forage sorghum fertigated with nitrogen doses in two harvests. *Brazilian Journal of Maize and Sorghum*. 2021; 20: e1201. <https://doi.org/10.18512/rbms2021v20e1201>
- Cano F.J., Sharwood R.E., Cousins A.B., Ghannoum O. The role of leaf width and conductances to CO₂ in determining water use efficiency in C₄. *New Phytologist*. 2019; 223(3): 1280–1295. <https://doi.org/10.1111/nph.15920>
- Florin L., Brodribb T.J., Anfodillo T. Transport efficiency through uniformity: organization of veins and stomata in angiosperm leaves. *New Phytologist*. 2016; 209(1): 216–227. <https://doi.org/10.1111/nph.13577>
- Zhi X. *et al.* Genetic basis of sorghum leaf width and its potential as a surrogate for transpiration efficiency. *Theoretical and Applied Genetics*. 2022; 135(9): 3057–3071. <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04167-z>
- Kovtunova N., Kovtunov V., Popov A., Volodin A., Shishova E., Romanyukin A. Inheritance of the main quantitative traits in sweet sorghum hybrids F₁. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 01012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501012>
- Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Kovtunov V.V., Kravchenko N.S. Parameters of adaptability and variability of productivity and quality of Sudanese grass herbage. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2022; 6: 58–62 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/6/58-62>
- Kostylev P.I., Aksenov A.V., Krasnova E.V. Estimation of the productivity of rice samples under severe field drought. *Grain Economy of Russia*. 2023; 4: 35–42 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-87-4-35-42>
- Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S., Lupinoga D.R., Arzhenovskaya Yu.B., Shevchenko N.A. Correlation between quantitative traits and grain productivity of the waxy maize hybrids. *Grain Economy of Russia*. 2023; 3: 29–35 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35>
- Antimonov A.K., Antimonova O.N. Contribution and significance of the indices of the selection features in the formation of an increase in the yield of seed millet. *Agrarian science*. 2023; 4: 105–109 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-105-109>

10. Pérez Hernández A., Quero-Carrillo A.R., Escalante Estrada J.A.S., Rodríguez González M.T., Garduño Velázquez S., Miranda-Jiménez L. Fenología, biomasa y análisis de crecimiento de cultivares de sorgo forrajero en valles altos. *Agronomía Costarricense*. 2018; 42(2): 107–117.

11. Kanbar A. *et al.* Morphological and molecular characterization of sweet, grain and forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes grown under temperate climatic conditions. *Plant Biosystems*. 2020; 154(1): 49–58. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1569568>

12. Vendruscolo T.P.S. *et al.* Correlation and path analysis of biomass sorghum production. *Genetics and Molecular Research*. 2016; 15(4): gmr15049086. <https://doi.org/10.4238/gmr15049086>

13. Васильченко С.А., Метлина Г.В. Влияние сроков посева на продуктивность сортов сои селекции АНЦ «Донской» в южной зоне Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2018; 6: 9–13. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-9-13>

14. Кибальник О.П., Богалов И.М., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Сагалбеков У.М. Экологическое испытание сортов сахарного сорго в агроклиматических условиях России и Казахстана. *Аграрный вестник Урала*. 2023; 4: 15–27. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-233-04-15-27>

15. Arunah U.L., Chiezey U.F., Aliyu L., Ahmed A. Correlation and Path Analysis between Sorghum Yield to Growth and Yield Characters. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2015; 5(19): 32–34.

16. Kaplan M., Kara R. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Yield Parameters as Affected by Physiological Characteristics. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2014; 30(2): 115–122.

10. Pérez Hernández A., Quero-Carrillo A.R., Escalante Estrada J.A.S., Rodríguez González M.T., Garduño Velázquez S., Miranda-Jiménez L. Phenology, biomass and growth analysis in forage sorghum cultivars for highplateaus. *Agronomía Costarricense*. 2018; 42(2): 107–117 (in Spanish).

11. Kanbar A. *et al.* Morphological and molecular characterization of sweet, grain and forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes grown under temperate climatic conditions. *Plant Biosystems*. 2020; 154(1): 49–58. <https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1569568>

12. Vendruscolo T.P.S. *et al.* Correlation and path analysis of biomass sorghum production. *Genetics and Molecular Research*. 2016; 15(4): gmr15049086. <https://doi.org/10.4238/gmr15049086>

13. Vasilchenko S.A., Metlina G.V. The effect of sowing date on productivity of soybean varieties developed by the ARC “Donskoy” in the south of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2018; 6: 9–13 (in Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-9-13>

14. Kibalnik O.P., Bogalov I.M., Semín D.S., Efreмова I.G., Sagalbekov U.M. Ecological testing of varieties of sugar sorghum in the agro-climatic conditions of Russia and Kazakhstan. *Agrarian Bulletin of the Uralis*. 2023; 4: 15–27 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-233-04-15-27>

15. Arunah U.L., Chiezey U.F., Aliyu L., Ahmed A. Correlation and Path Analysis between Sorghum Yield to Growth and Yield Characters. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 2015; 5(19): 32–34.

16. Kaplan M., Kara R. Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Yield Parameters as Affected by Physiological Characteristics. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2014; 30(2): 115–122.

ОБ АВТОРАХ

Наталья Александровна Ковтунова

ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
n-beseda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0409-5855>

Владимир Викторович Ковтунов

ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
kovtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

Александр Егорович Романюкин

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
sorgo.vniizk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4349-8489>

Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, 347740, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Alexandrovna Kovtunova

Leading Researcher, Candidate of Agricultural Science
n-beseda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0409-5855>

Vladimir Viktorovich Kovtunov

Leading Researcher, Candidate of Agricultural Science
kovtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

Aleksander Egorovich Romanyukin

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Science
sorgo.vniizk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4349-8489>

Agricultural Research Center “Donskoy”,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, 347740, Russia



РОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ 2024

АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5-6 СЕНТЯБРЯ 2024 г. / ПЯТИГОРСК

АГРОБИЗНЕС

Организатор форума

Российский форум полеводо́в — отраслевое мероприятие, посвященное актуальным вопросам выращивания, уборки и реализации пшеницы, подсолнечника, кукурузы, ржи, ячменя, овса, риса, просо, сорго и других культур.

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Семена: обработка, подготовка к посеву
- Инновации в защите и питании подсолнечника, кукурузы, пшеницы
- Цифровизация сельского хозяйства
- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Руководство агрохолдингов и сельхозпредприятий, выращивающих пшеницу, подсолнечник, кукурузу, рожь, ячмень, овес, рис, просо, сорго и другие культуры, главы крестьянских фермерских хозяйств, семенные компании, производители агрохимии и средств защиты растений, компании, поставляющие оборудование и спецтехнику, представители органов власти, национальных союзов, ассоциаций.

По вопросам выступления и спонсорства:
+7 (988) 248-47-17

По вопросам делегатского участия:
+7 (909) 450-36-10
+7 (960) 476-53-39

e-mail: events@agbz.ru

Регистрация на сайте:
fieldagriforum.ru



Н.Н. Иванова ✉

А.Д. Капсамун

Е.Н. Павлючик

Д.А. Вагунин

Федеральный исследовательский центр
«Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Москва, Россия

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2024

Одобрена после рецензирования:
30.05.2024

Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135

Nadezhda N. Ivanova ✉

Andrey D. Kapsamun

Ekaterina N. Pavlyuchik

Dmitry A. Vagunin

Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil
Science Institute, Moscow, Russia

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office:
27.02.2024

Accepted in revised:
30.05.2024

Accepted for publication:
15.06.2024

Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В 2018–2022 годах в Тверской области на осушаемых землях изучены самовозобновляющиеся бобово-злаковые агрофитоценозы с участием низовых злаковых трав — полевицы гигантской (*Agrostis gigantea* Roth.), мятлика лугового (*Roa pratensis* L.) и овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) для выявления их адаптивных реакций и перспективности использования на осушаемых землях.

Методы. Изучение продукционного процесса бобово-злаковых травостоев проводилось в различных агрометеорологических условиях на двух уровнях минерального питания — без удобрений и на фоне удобрений ($N_{45}P_{45}K_{45}$), на 12 бобово-злаковых травосмесях. Использование травостоев осуществлялось в 3 цикла скашивания за сезон.

Результаты. Установлено, что температура воздуха и увлажнение, близкие к среднемноголетним, благоприятствовали оптимальному росту, развитию и формированию наибольшей продуктивности травостоев: 2,6–3,4 тыс. шт/га по естественному и 3,14–4,80 тыс. шт/га корм. ед. по удобряемому фону. Выявлено, что уменьшение влажности почвы на 6–8% в течение длительного периода понижает продуктивность травостоев. Оптимальным соотношением многолетних бобовых (51,2%) и злаковых трав (47,5%) отличались мятликовые травостои на естественном фоне, на фоне удобрений они дали наивысшую прибавку сухой массы — 0,7–2,2 т/га. По зеленой массе на естественном фоне более урожайными были травостои с полевицей — 17,1 т/га. Определено, что под пятилетними посевами трав накапливается более 12,3–20,1 т/га сухой массы корней, содержащей 214,0–349,7 ГДж/га валовой энергии. Установлена высокая эффективность травостоев с полевицей и мятликовых травостоев по продуктивности надземной и подземной биомассы.

Ключевые слова: осушаемые почвы, бобово-злаковые травосмеси, полевица гигантская, мятлик луговой, овсяница красная, ботанический состав, продуктивность

Для цитирования: Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А. Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 130–135.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135>

© Иванова Н.Н., Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Вагунин Д.А.

The role of cereal grasses in the formation of pasture grass stands on drained lands of the Upper Volga region

ABSTRACT

Relevance. In 2018–2022 In the Tver region, on drained lands, self-renewing legume-grass agrophytocenoses with the participation of grass grasses — giant bentgrass (*Agrostis gigantea* Roth.), meadow bluegrass (*Roa pratensis* L.) and red fescue (*Festuca rubra* L.) were studied to identify their adaptive reactions and prospects for use on drained lands.

Methods. The study of the production process of legume-cereal grass stands was carried out in various agrometeorological conditions at two levels of mineral nutrition - without fertilizers and with fertilizers ($N_{45}P_{45}K_{45}$), on twelve legume-cereal grass mixtures. The grass stands were used in 3 mowing cycles per season.

Results. It was established that air temperature and humidity, close to the long-term average, favored optimal growth, development and formation of the greatest productivity of grass stands: 2.6–3.4 natural and 3.14–4.80 thousand pieces/ha of food units. according to the fertilized background. It was revealed that a decrease in soil moisture by 6–8% over a long period reduces the productivity of grass stands. Poa grass stands on a natural background had an optimal ratio of perennial legumes (51.2%) and cereal grasses (47.5%); against the background of fertilizers, they gave the highest increase in dry mass — 0.7–2.2 t/ha. In terms of green mass against a natural background, grass stands with bentgrass were more productive — 17.1 t/ha. It has been determined that under five-year grass crops more than 12.3–20.1 t/ha of dry root mass accumulates, containing 214.0–349.7 GJ/ha of gross energy. The high efficiency of grass stands with bentgrass and bluegrass grass stands in terms of productivity of above-ground and underground biomass has been established.

Key words: drained soils, legume-cereal grass mixtures, giant bentgrass, meadow grass, red fescue, botanical composition, productivity

For citation: Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A. The role of cereal grasses in the formation of pasture grass stands on drained lands of the Upper Volga region. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 130–135 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-130-135>

© Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Vagunin D.A.

Введение/Introduction

В современных условиях во всем мире (и, в частности, в России) остается актуальным расширение сырьевой базы производства кормов для животноводства и продуктов питания для населения.

В общем балансе кормов около 95% по питательности приходится на растительные корма, получаемые на сельскохозяйственных угодьях. Растительные корма в 2–5 раз дешевле кормов микробиологического и другого происхождения [1]. Многие ученые-луговоды проведенными в разные годы исследованиями и в разных регионах страны установили, что смешанные посевы многолетних злаковых и бобовых трав сильно отличаются от одновидовых посевов [2, 3].

Установлено, что бобово-злаковые травостой формируют высокие урожаи с более высокими качественными характеристиками [4].

Наиболее комплементарными видами злаковых трав в пастбищных травосмесях с клевером ползучим являются райграс пастбищный, овсяница луговая, мятлик луговой [5, 6].

К одной из главных задач луговодства относится получение биомассы равномерно в течение сезона. Улучшить процессы функционирования и продуцирования луговых трав невозможно без оптимизации режима питания. Применение удобрений помогает решать данную задачу в большинстве случаев [7, 8].

Важным фактором повышения эффективности лугопастбищного хозяйства и, соответственно, молочного скотоводства (тем более при нехватке удобрений) является увеличение площадей лугов с бобово-злаковыми травостоями [9, 10].

С учетом изменения климатических условий в регионах с развитым животноводством требуются корректировка и расширение видового состава многолетних трав и технологий их возделывания для стабилизации продуктивности травосеяния, создания бесперебойного зеленого и сырьевого конвейеров. Повышение видового и сортового разнообразия, введение эффективных смешанных посевов позволят повысить устойчивость кормопроизводства, улучшить качество кормов, а также создаст условия для рационального природопользования [11, 12].

Продление продуктивного долголетия травостоев может достигаться за счет подбора компонентов травосмесей с учетом экологических условий местообитания включаемых видов. При создании краткосрочных сеяных лугов затрачиваются дополнительные средства на перезалужение, при этом биологический потенциал долголетия многолетних трав (и в первую очередь корневищных злаков) реализуется не полностью [13].

Цели исследований — изучить роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных бобово-злаковых травостоев на осушаемых землях Верхневолжья и выявить оптимальные самовозобновляющиеся злаковые компоненты.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2018–2022 гг. на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.) на бобово-злаковых травосмесях с участием злаковых низовых трав: полевицы гигантской (*Agrostis gigantea Roth.*) сорта ВИК 2, мятлика лугового (*Roa pratensis L.*) сорта Балин и овсяницы красной (*Festuca rubra L.*) сорта Максима. Опыт включал 12 бобово-злаковых травосмесей (табл. 1).

Травостой располагались на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, осушаемой закрытым гончарным дренажем. Глубина залегания дрен 0,8–1,0 м, расстояние между дренами 38 м.

Учетная площадь делянки 80 м², повторение опыта четырехкратное, расположение вариантов двухъярусное. Изучение продукционного процесса самовозобновляющихся злаковых трав в составе бобово-злаковых травостоев проводилось на двух уровнях минерального питания — без удобрений (контроль) и на фоне удобрений (N₄₅P₄₅K₄₅).

Использование травостоев осуществлялось в пастбищную спелость трав, в фазу кущения — начала выхода в трубку злаковых трав и в фазу ветвления бобовых. За сезон проводилось 3 цикла скашивания.

Все учеты, наблюдения и измерения проводились согласно методическим пособиям, принятым в луговодстве¹ и кормопроизводстве², а математическая обработка результатов исследований — методом дисперсионного анализа³.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнялись в лаборатории массовых анализов ВНИИМЗ.

Таблица 1. Видовой и сортовой состав травосмесей
Table 1. Species and varietal composition of grass mixtures

№ варианта	Травосмеси	Норма высева семян, кг/га
1	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
2	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6
3	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
4	Полевица гигантская ВИК 2 + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6
5	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
6	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6
7	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
8	Мятлик луговой Балин + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6
9	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
10	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + райграс пастбищный ВИК 66 + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6
11	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + люцерна изменчивая Вега 87	3 + 3 + 8 + 4 + 6
12	Овсяница красная Максима + клевер ползучий ВИК 70 + овсяница тростниковая Лосинка + тимOFFEEVKA луговая Ленинградская 204 + лядвенец рогатый Солнышко	3 + 3 + 8 + 4 + 6

¹ Методика опытов на сенокосах и пастбищах. ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ВНИИК. 1971; 176.

² Методика опытов на сенокосах и пастбищах. ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ВНИИК. 1971; 176.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стер. М.: Альянс. 2011; 350.

Определение содержания в слое 0–20 см подвижных соединений фосфора и калия проводили по ГОСТ Р 54650⁴, содержание гумуса определяли по ГОСТ 26213⁵, рН солевой вытяжки — потенциометрически по ГОСТ 26483⁶, ГОСТ 26490⁷, содержание легкогидролизуемого азота — по Методическим указаниям⁸. В подземной массе трав содержание общего азота определяли фотометрическим методом (ГОСТ 32044.1⁹), калия — пламенно-фотометрическим (ГОСТ 30504¹⁰), фосфора — фотометрическим (ГОСТ 26657¹¹).

Система обработки почвы под изучаемые многолетние травы заключалась в комплексной зяблевой подготовке почвы, предпосевной обработке почвы, посева и уходе за посевами.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изучение поведения самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев с участием злаковых низовых трав позволило получить информацию об уровне функционирования и продуцирования травостоя.

Осушаемая дерново-подзолистая легкосуглинистая почва опытного участка хорошо обеспечена подвижным фосфором, содержание P_2O_5 — 75,4–115,6 мг/кг почвы, содержание обменного калия K_2O — 87,0–182,9 мг/кг почвы. По степени кислотности почва средне- и слабокислая — рН 4,72–5,29, содержание гумуса — 1,50–3,04%.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (2018–2022 гг.) были разнообразными и различались по температурному режиму и условиям увлажнения. Отдельные отрезки вегетационных периодов были как избыточного, так и недостаточного увлажнения, а по температурному режиму — как холодные, так и жаркие.

Исследования показали, что распределение температур воздуха и степени увлажнения было близким к среднемноголетним показателям, благоприятствовало оптимальному росту и развитию растений и формированию наибольшей продуктивности травостоев.

В проведенных наблюдениях влажность почвы в отдельные периоды была близка к критической и составляла 6,6–9,8% от сухой почвы, что отражалось на продуктивности травостоев, так как из-за сухой и жаркой погоды иссушался верхний слой почвы. Уменьшение влажности почвы на 6–8% в течение длительного

периода способствовало понижению продуктивности пастбищных травостоев.

Процесс побегообразования был недостаточно интенсивным, травы выглядели слабыми, злаки плохо кустились, были вытянуты, а бобовые почти не ветвились. Динамика влажности почвы в исследованном периоде приведена в таблице 2 и была обусловлена количеством выпавших осадков и работой дренажа.

Влажность почвы под изучаемыми травостоями в отдельные периоды формирования урожая находилась в пределах 5,5–11,5% от веса сухой почвы, или 35% ППВ и ниже, временами даже ниже 50% ППВ. Это повлияло на снижение запасов продуктивной влаги в почве и замедление роста бобово-злаковых травостоев.

Важной характеристикой развития многолетних трав является их способность формировать дернину. Виды трав, входящие в состав изучаемых травосмесей, обладают повышенной побегообразовательной способностью и образуют плотную дернину (табл. 3).

Более устойчивую к нагрузкам дернину при мощности 8,6–8,8 см и средней связности образовали самовозобновляющиеся травостои с овсяницей красной. Закономерности показателей мощности и связности дернины от внесения удобрений не выявлено, полученные данные по показателям близки между собой. На 5-й год жизни изучаемые травосмеси образовали дернину средней мощности, что указывает на развитие в травостоях дерново-образовательного процесса.

Результаты изучения ботанического состава, который является важным показателем сохранности смешанного травостоя, приведены в таблице 4.

Изучение влияния внесения удобрений в проведенных опытах показало, что доля участия в урожае

Таблица 3. Дернинообразование под самовозобновляющимися пастбищными травостоями

Table 3. Sod formation under self-regenerating pasture grass stands

Травостой	Режим питания	Мощность дернины, см	Связность дернины
С полевицей гигантской	без удобрений	8,3	слабосвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,4	слабосвязная
С мятликом луговым	без удобрений	8,3	слабосвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,5	среднесвязная
С овсяницей красной	без удобрений	8,6	среднесвязная
	$N_{45}P_{45}K_{45}$	8,8	среднесвязная

Таблица 2. Динамика влажности почвы, % от веса сухой почвы

Table 2. Dynamics of soil moisture, % of dry soil weight

Травостой	Слой почвы, см	Значения влажности почвы (средние за 5 лет)							
		Первая половина мая	Вторая половина мая	Первая половина июня	Вторая половина июня	Первая половина июля	Вторая половина июля	Первая половина августа	Вторая половина августа
с полевицей гигантской	0–20	17,1	19,5	24,4	19,8	11,5	7,9	11,5	8,7
	20–40	14,1	13,8	20,8	15,8	10,2	6,3	7,8	6,2
с мятликом луговым	0–20	17,7	19,3	23,1	21,8	13,4	7,6	14,6	8,6
	20–40	13,4	13,3	21,0	18,4	12,8	8,6	9,0	8,9
с овсяницей красной	0–20	17,3	18,4	23,1	20,4	9,7	6,5	11,6	7,1
	20–40	11,3	13,4	19,4	17,4	9,7	7,1	8,4	7,3

⁴ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

⁵ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁶ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.

⁷ ГОСТ 26483-85–ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО.

⁸ Методические указания по определению щелочно-гидролизуемого азота в почве по методу Корнфильда. М.: ЦИНАО. 1985; 9.

⁹ ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

¹⁰ ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия.

¹¹ ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора.

Таблица 4. Ботанический состав самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев, % от урожая

Table 4. Botanical composition of self-renewing legume-cereal grass stands, % of yield

Травостои	Ботаническая группа трав					
	Злаки		Бобовые		Разнотравье	
	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	Без удобрений	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅
С полевицей гигантской	44,6	90,4	51,6	6,1	3,8	3,5
С мятликом луговым	47,5	77,9	51,2	18,2	1,2	3,9
С овсяницей красной	42,1	78,2	56,4	19,2	3,3	2,4

злаковых трав и бобовых видов существенно различалась в зависимости от фона произрастания. При внесении удобрений участие бобовых трав в сложении травостоев было минимальным и составляло: 6,1% — в травостоях с полевицей, 18,2% — с мятликом, 19,2% — с овсяницей красной. В целом все злаковые травы, входившие в травосмеси, при внесении удобрений увеличивали долю своего участия до 77,9–90,4%, значительно уменьшая долю бобовых видов в общем урожае соответственно.

По естественному фону произрастания (без удобрений) злаковые и бобовые травы практически имели одинаковую долю своего участия в сложении урожая — 42,1–47,5% и 51,2–56,4% соответственно. Наиболее оптимальным соотношением ценных в кормовом отношении многолетних бобовых и злаковых трав отличались травостои с мятликом луговым.

Важным показателем, характеризующим бобово-злаковые травостои, является равномерность распределения суммарного урожая в течение вегетационного периода, что должно учитываться в технологии их создания.

Результаты проведенных исследований показали, что распределение урожая травостоев по укосам было различным. Максимальный сбор корма при обоих условиях произрастания давал 1-й укос — 40,9–47,8%,

минимальный — 2-й укос (25,1–32,7%). Урожайность при третьем отчуждении занимала в среднем по травостоям 30% от общего сбора биомассы за сезон.

В среднем наибольшая урожайность зеленой и сухой массы сформирована травостоями по фону удобрений: 17,4–21,3 т — зеленой массы на 1 га, 3,94–6,05 т — сухой. При этом травосмеси с мятликом луговым обеспечивали максимальное получение зеленой (21,3 т/га) и сухой (0,7–2,2 т/га) массы.

Более урожайными по зеленой массе на естественном фоне обитания (без удобрений) показали себя травостои с полевицей гигантской при средней урожайности 17,1 т/га, что на 0,9 т/га больше травостоев с мятликом, на 1,4 т/га — с овсяницей красной.

Средние показатели урожайности по сухой массе без удобрений были более выравненными и составили: 3,90 т/га — в полевицевых травостоях, 3,74 т/га — в мятликовых, 3,60 т/га — в травостоях с овсяницей красной (табл. 5). На внесение удобрений слабее реагировали смеси с овсяницей красной, обеспечив получение прибавки всего лишь 0,2–0,7 т/га сухой массы.

В агрометеорологических и погодных условиях 2018–2022 гг. на осушаемых землях изучаемые травостои формировали 2,60–3,48 кормовых единиц по естественному фону, 3,14–4,80 кормовых единиц — по минеральному фону произрастания (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность сухой массы и сбор кормовых единиц самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев в зависимости от фона произрастания (средние), т/га

Table 5. Dry mass yield and collection of feed units of self-renewing legume-cereal grass stands depending on the background of growth (average), t/ha

Вариант опыта (травосмеси)	Урожайность сухой массы		Прибавка сухой массы от удобрений, ± т/га	Сбор кормовых единиц, тыс. шт/га	
	без удоб.	с удоб.		без удоб.	с удоб.
1. Полевица гигантская + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	4,35	4,36	0,01	3,48	3,54
2. Полевица гигантская + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,97	4,17	0,2	3,17	3,37
3. Полевица гигантская + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	3,71	4,51	0,8	2,96	3,65
4. Полевица гигантская + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,58	5,35	1,8	2,86	4,33
5. Мятлик луговой + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	3,47	4,67	1,2	2,77	3,78
6. Мятлик луговой + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,74	4,44	0,7	3,00	3,55
7. Мятлик луговой + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	3,81	6,05	2,2	3,04	4,80
8. Мятлик луговой + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,97	4,99	1,0	3,17	3,99
9. Овсяница красная + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	3,57	3,92	0,4	2,85	3,14
10. Овсяница красная + клевер ползучий + райграс пастбищный + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,26	3,97	0,7	2,60	3,17
11. Овсяница красная + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна изменчивая	3,98	4,16	0,2	3,18	3,33
12. Овсяница красная + клевер ползучий + овсяница тростниковая + тимофеевка луговая + люцерна рогатый	3,61	3,94	0,3	2,88	3,15
НСР ₀₀₅	0,72	0,85		0,52	0,61

Таблица 6. Количество растительных остатков, оставляемых бобово-злаковыми пастбищными травостоями в 0–20 см слое почвы в конце 5-летнего периода

Table 6. The amount of plant residues left by legume-cereal pasture grass stands in the 0–20 cm soil layer at the end of a 5-year period

Травостои	Удобрение	Кол-во растительных остатков корневой биомассы, т/га	Урожайность надземной биомассы травостоев, сухая масса, т/га	Коэффициент продуктивности корневой системы
С полевицей гигантской	без удобрений	20,1	3,90	0,19
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	17,4	4,58	0,26
С мятликом луговым	Без удобрений	17,7	3,94	0,20
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	16,3	5,03	0,31
С овсяницей красной	Без удобрений	12,3	3,60	0,29
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12,8	4,00	0,31
НСР ₀₀₅		0,84	0,85	

Таблица 7. Влияние видового состава и минеральной подкормки на накопление валовой энергии в подземной массе бобово-злаковых травостоев (5 лет жизни травостоя, 0–20 см слой почвы)

Table 7. The influence of species composition and mineral fertilizing on the accumulation of gross energy in the underground mass of legume-grass stands (5 years of grass stand life, 0–20 cm soil layer)

Травостои	Удобрения	Масса корней, т/га	Содержание ВЭ, МДж/кг СВ		Соотношение ВЭ пм ВЭ нм	Закрепление ВЭ в корнях, ГДж/га
			подземная масса, пм	надземная масса, нм		
С полевицей гигантской	без удобрений	20,1	17,4	18,9	0,92	349,7
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	17,4	17,3	19,2	0,90	301,0
С мятликом луговым	Без удобрений	17,7	17,3	19,1	0,91	306,2
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	16,3	17,4	18,8	0,90	283,6
С овсяницей красной	без удобрений	12,3	17,3	18,8	0,92	214,0
	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	12,8	17,4	19,1	0,91	222,7

Результаты исследований накопления корневой массы и пожнивных остатков бобово-злаковых травостоев представлены в таблице 6.

Пастбищные травостои в конце 5-го года жизни в 0–20 см слое почвы в зависимости от видового состава оставляют в почве от 12,3 до 20,1 т/га воздушно-сухих корней. Наибольшее накопление корневой массы отмечено в травостоях с полевицей гигантской — 20,1 т/га по естественному фону, 17,4 т/га — по фону удобрений.

Наименее продуктивно на 5-м году жизни функционировали травостои с овсяницей красной, накопившие 12,3–12,8 т/га корневой массы, что меньше на 4,6–7,8 т/га травостоев полевицей и на 3,5–5,4 т/га мятликовых травостоев.

Просматривается тенденция большего накопления корневой массы почти всеми травостоями по фону без удобрений, то есть по естественному фону произрастания.

Одним из объективных показателей, характеризующих взаимосвязь между подземной и надземной частями растений, считается коэффициент продуктивности корневой системы [14]. Чем выше коэффициент продуктивности корневой системы, тем более активно использует она питательные вещества для формирования надземной массы.

Эффективность продуктивного действия корней определяется соотношением урожайности надземной и подземной массы. К концу 5-го года жизни трав коэффициент продуктивности корневой массы травостоев по вариантам в целом составил 0,19–0,31. Причем между вариантами отмечались заметные различия в зависимости от фона произрастания. При внесении минеральной подкормки коэффициент продуктивности корневой системы был выше и составил 0,26–0,31.

Возможность проводить сравнение распределения потоков валовой энергии (ВЭ) в надземной массе, в подземной массе и изменении плодородия почв дает

метод оценки производства валовой энергии в луговых агроэкосистемах. Влияние видового состава и минеральной подкормки на накопление валовой энергии в подземной массе бобово-злаковых травостоев приведено в таблице 7.

Определение накопления валовой энергии в подземной массе фитоценозов показало, что ее содержание в корневой массе в зависимости от видового состава различалось незначительно и варьировало от 17,3–17,4 МДж/кг сухого вещества (СВ). Между вариантами не отмечалось каких-либо заметных различий.

Под посевами изучаемых трав при пастбищной технологии их использования накапливается 12,3–20,1 т/га сухой массы корней, содержащей 214,0–349,7 ГДж/га валовой энергии, что говорит о высоком уровне функционирования самовозобновляющихся бобово-злаковых травостоев и отражает их положительное влияние на плодородие почвы.

Выводы/Conclusion

Изучение роли злаковых низовых трав в формировании и функционировании бобово-злаковых пастбищных травостоев на дерново-подзолистой осушаемой почве Верхневолжья показало значительную эффективность мятлика лугового и полевицы гигантской.

Травосмеси с мятликом луговым обеспечили максимальное получение зеленой массы (21,3 т/га) и наивысшую прибавку сухой массы от внесения удобрений (0,7–2,2 т/га).

На естественном фоне обитания (без удобрений) максимальную урожайность зеленой массы обеспечили травостои с полевицей гигантской — 17,1 т/га, что на 0,9 т/га больше травостоев с мятликом луговым, на 1,4 т/га — с овсяницей красной.

Наибольшее накопление корневой массы отмечено в травостоях с полевицей гигантской — 20,1 т/га по естественному фону, 17,4 т/га — по фону удобрений.

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 подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ) (тема № 043920210001).

FUNDING

The work was prepared with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state assignment of the Federal State Budgetary Institution FITZ "V.V. Dokuchaev Soil Institute" (VNIIMZ) (topic No. 043920210001).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузова А.А. и др. Экономическая эффективность систем и усовершенствованных технологий производства объемистых кормов на сенокосах. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(6): 44–50. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
2. Bélanger G. et al. Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018; 98(2): 395–407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>
3. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Новые сорта кормовых культур и технологии для сельского хозяйства России. *Кормопроизводство*. 2021; 6: 22–26. <https://www.elibrary.ru/qrydms>
4. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G., Tsybenko N.S. Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012031>
5. Тимохин А.Ю., Бойко В.С., Михайлов В.В. Продуктивность и качество одлетних бобово-мятликовых трав в южной лесостепи Западной Сибири. *Кормопроизводство*. 2023; 3: 3–6. <https://doi.org/10.25685/krm.2023.52.97.001>
6. Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н., Справцев А.А., Васкина Т.И., Семышев М.В., Сычев С.М. Организация устойчивого управления лугами в Нечерноземной зоне Российской Федерации. *Аграрная наука*. 2022; 9: 120–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-120-125>
7. Кирушин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(3): 19–25. <https://www.elibrary.ru/vuzzpn>
8. Измestев В.М., Свечников А.К., Соколова Е.А. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв в кормовых севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016; 6: 37–41. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
9. Кирушин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: Квадро. 2020; 276. ISBN 978-5-906371-47-8 <https://www.elibrary.ru/rzgzop>
10. Кутузова А.А., Проворная Е.Е., Цыбенко Н.С. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приемов. *Кормопроизводство*. 2019; 1: 7–11. <https://www.elibrary.ru/yuszbz>
11. Гасиев В.И. Оценка селекционных образцов сложного гибридного популяций клевера по хозяйственно ценным признакам с целью формирования новых сортов лугопастбищного направления. *Аграрная наука*. 2021; 3: 74–78. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-74-78>
12. Косолапов В.М., Чернявских В.И., Костенко С.И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России. *Кормопроизводство*. 2022; 10: 3–8. <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.10.2022.010>
13. Бурлуцкий В.А., Мазуров В.Н., Семешкина П.С., Косолапов В.М. Продукционный потенциал и освоение растительных сообществ залежных земель Мещовского ополя в Калужской области. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; 1: 45–52. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/45-52>
14. Свечников А.К. Накопление пожнивно-корневых остатков и питательных элементов в кормовых севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 20(6): 613–622. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>

ОБ АВТОРАХ

Надежда Николаевна Иванова

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

Андрей Дмитриевич Капсамун

заведующий лабораторией луговых агроценозов отдела мелиоративного земледелия, доктор сельскохозяйственных наук
<http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

Екатерина Николаевна Павлючик

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
<http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

Дмитрий Александрович Вагунин

старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
<https://orcid.org/0000-0003-4211-9264>

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия

REFERENCES

1. Kutuzova A.A. et al. Cost-Effectiveness of Systems and Advanced Technologies for the Production of Bulky Feeds on Hayfields. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(6): 44–50 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10611>
2. Bélanger G. et al. Yield and nutritive value of binary legume–grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian Journal of Plant Science*. 2018; 98(2): 395–407. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>
3. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. New varieties of forage crops and technologies for Russian agriculture. *Fudder journal*. 2021; 6: 22–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qrydms>
4. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Sedova E.G., Tsybenko N.S. Agro-energy efficiency of using new zoned varieties to create cultivated pastures in the forest zone of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012031>
5. Timokhin A.Yu., Boyko V.S., Mikhaylov V.V. The productivity and quality of annual legumes and gramineous in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Fudder journal*. 2023; 3: 3–6 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/krm.2023.52.97.001>
6. Anishchenko L.N., Potsepai S.N., Spravtsev A.A., Vaskina T.I., Semyshev M.V., Sychev S.M. Organization of sustainable management of meadows in the Nonchernozem belt of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2022; 9: 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-120-125>
7. Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(3): 19–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vuzzpn>
8. Izmetsev V.M., Svechnikov A.K., Sokolova E.A. Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soils in fodder crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2016; 6: 37–41 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
9. Kiryushin V.I. Concept for the development of agriculture in the Non-Black Earth Region. St. Petersburg: *Kvadro*. 2020; 276 (in Russian). ISBN 978-5-906371-47-8 <https://www.elibrary.ru/rzgzop>
10. Kutuzova A.A., Provornaya E.E., Tsybenko N.S. Pasture ecosystems of new legume varieties as affected by improved cultivation methods. *Fudder journal*. 2019; 1: 7–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yuszbz>
11. Gasiev V.I. Evaluation of breeding samples of complex hybrid clover populations based on economically valuable characteristics in order to form new varieties of grassland direction. *Agrarian science*. 2021; 3: 74–78 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-346-3-74-78>
12. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. Current state and challenges of forage production in Russia. *Fudder journal*. 2022; 10: 3–8 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.10.2022.010>
13. Burlutsky V.A., Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Kosolapov V.M. Pproduction capabilities and exploitation of fallow lands plant communities of Meshchovsky Opolye in the Kaluga region. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; 1: 45–52 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/45-52>
14. Svechnikov A.K. Accumulation of root-stubble residues and nutrients in feed crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(6): 613–622 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>

ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda Nikolaevna Ivanova

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6923-5180>

Andrey Dmitrievich Kapsamun

Head of the Laboratory of Meadow Agrocenoses of the Department of Ameliorative Agriculture, Doctor of Agricultural Sciences
<http://orcid.org/0000-0002-3639-8490>

Ekaterina Nikolaevna Pavlyuchik

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
<http://orcid.org/0000-0001-5989-6065>

Dmitry Alexandrovich Vagunin

Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
<https://orcid.org/0000-0003-4211-9264>

Federal Research Center "V.V. Dokuchaev Soil Institute",
7 Pyzhevsky Lane, 2 building, Moscow, 119017, Russia

Р.Э. Казахмедов
Б.А. Фейзуллаев
А.Х. Агаханов
Т.И. Абдуллаева ✉

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Дербент, Россия

✉ tamila_abdullaeva@bk.ru

Поступила в редакцию:
06.02.2024

Одобрена после рецензирования:
30.05.2024

Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-136-148

Ramidin E. Kazakhmedov
Beypulat A. Feyzullaev
Albert H. Agakhanov
Tamila I. Abdullaeva ✉

Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing — branch of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Russia

✉ tamila_abdullaeva@bk.ru

Received by the editorial office:
06.02.2024

Accepted in revised:
30.05.2024

Accepted for publication:
15.06.2024

Генетические ресурсы и селекция винограда в Дагестане

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Основные цели научно-исследовательской работы — создание новых генотипов винограда на основе мобилизации потенциала диких видов, аборигенных и высокоценных интродуцированных сортов, обладающих высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, усовершенствование методологической базы для ускорения селекционного процесса винограда. Сохранен генофонд винограда — 554 сорта, создан гибридный фонд в количестве более 700 генотипов новой селекции. Проведена гибридизация сортов винограда в 96 комбинациях для выведения высококачественных сортов различного направления использования, отвечающих требованиям современного виноградарства и виноделия, получены гибридные семена в количестве более 27 тыс. шт., что позволило выделить более 700 перспективных гибридных форм, в том числе 3 элитные формы — кандидаты в сорта. На жестком инфекционном фоне в полевых условиях выделены более 20 источников хозяйственно ценных признаков винограда, в том числе по признакам «устойчивость к грибным болезням» и «толерантность к корневой филлоксере». Проведено фенотипирование более 50 сортов в агроэкологических условиях приморской зоны южного Дагестана и ДНК — паспортизация и идентификация более 20 аборигенных сортов и сортов селекции станции. Подано в ГСИ 7 сортов столового и технического направления, в 2023 году введен в Реестр селекционных достижений столовый сорт раннего срока созревания Янтарь дагестанский.

Ключевые слова: виноград, генетические ресурсы, ампелографическая коллекция, селекция, источники, гибридная форма, сорт, фенотипирование, генотипирование

Для цитирования: Р.Э. Казахмедов, Б.А. Фейзуллаев, А.Х. Агаханов, Т.И. Абдуллаева. Генетические ресурсы и селекция винограда в Дагестане. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 136–148. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-136-148>

© Казахмедов Р.Э., Фейзуллаев Б.А., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И.

Genetic resources and grape breeding in Dagestan

ABSTRACT

Relevance. The main goals of the research work are the creation of new grape genotypes based on the mobilization of the potential of wild species, native and high-value introduced varieties with high productivity, product quality and resistance to abiotic and biotic stresses, improvement of the methodological base to accelerate the grape breeding process. The gene pool of grapes — 554 varieties was preserved, hybrid fund of more than 700 genotypes of new selection was created. Hybridisation of grape varieties was carried out in 96 combinations to breed high quality varieties of different directions of use, meeting the requirements of modern viticulture and winemaking, hybrid seeds were obtained in the amount of more than 27 thousand pieces, which allowed to select more than 700 promising hybrid forms, including 3 elite forms — candidates for varieties. More than 20 sources of economically valuable traits of grapes were isolated in field conditions on a hard infectious background, including the traits of “resistance to fungal diseases” and “tolerance to root phylloxera”. Phenotyping of more than 50 varieties in agro-ecological conditions of the seaside zone of southern Dagestan and DNA — passportisation and identification of more than 20 indigenous and breeding varieties of the station were carried out. 7 varieties of table and technical direction were submitted to the State Research Institute, in 2023 the table variety of early maturity Yantar Dagestan was entered into the Register of breeding achievements.

Key words: grapes, genetic resources, ampelographic collection, breeding, sources, hybrid form, variety, phenotyping, genotyping

For citation: Kazakhmedov R.E., Feyzullaev B.A., Agakhanov A.H., Abdullaeva T.I. Genetic resources and grape breeding in Dagestan. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 136–148 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-136-148>

© Kazakhmedov R.E., Feyzullaev B.A., Agakhanov A.H., Abdullaeva T.I.

Введение/Introduction

Виноград — растение, которое изучает целая наука — ампелогрфия (от греч. αμπέλος — виноград, γράφια — описание), занимающаяся изучением генотипов — сортов, форм и клонов на уровне популяций и видов, а также исследованием закономерностей изменчивости признаков и свойств под влиянием условий среды и направленного воздействия человека.

Главнейшая задача ампелогрфии — практический подбор для каждой микрозоны и хозяйства адаптивных и наиболее продуктивных устойчивых высококачественных сортов, поэтому признаки и свойства генотипов важно детально изучать не только в условиях происхождения, но и будущего производственного освоения [1].

Важнейшими условиями устойчивого развития виноградарства являются поиск, мобилизация и сохранение генетических ресурсов и совершенствование сортимента винограда. В сохранении и использовании генофонда винограда большую роль играют ампелогрфические коллекции — насаждения разнообразных сортов, аборигенных и селекционных форм, диких видов винограда, предназначенные для изучения и выделения наиболее ценных из них, где постоянно проводится работа по интродукции сортов, изучению их агробιολογических признаков, выделению из их числа перспективных, а также отбор доноров и источников ценных признаков для дальнейшего использования их в селекционной работе с целью получения новых сортов.

Ампелоколлекция выполняет важнейшие фундаментальные и приоритетные прикладные функции по накоплению и сохранению генофонда культуры винограда, селекции новых сортов, пополнению сортимента классическими интродуцентами и аборигенами, которые адаптированы к природным (почвенно-климатическим) условиям местам выращивания.

В настоящее время отечественный генофонд винограда сосредоточен в 4 ампелогрфических коллекциях в разных регионах Российской Федерации: Ампелогрфическая коллекция «Магарач» (г. Ялта), Анапская ампелогрфическая коллекция (г. Анапа), Донская ампелогрфическая коллекция им. Я.И. Потапенко (г. Новочеркасск), Ампелогрфическая коллекция ДСОСВиО (г. Дербент), в которых ведутся работы по изучению, сохранению генетического разнообразия и формированию баз данных сортов винограда [2–6].

В промышленных насаждениях Республики Дагестан нет сортов столового и технического направления, выведенных на основе местных сортов и отвечающих требованиям современного, в том числе и терруарного, виноделия, а также обладающих устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, болезням и вредителям.

Первым этапом выведения нового сорта является получение новых гибридных форм (в результате направленного скрещивания) и выделение их в элиту путем многолетних исследований на продуктивность и устойчивость к патогенам и иным факторам среды. Для юга России эти исследования актуальны и представляют интерес для производства.

Селекционно-генетические исследования станции включают несколько направлений работы:

целенаправленная внутри- и межвидовая гибридизация с использованием сортов с селекционно-ценными признаками, в том числе аборигенных (автохтонных) сортов;

выделение доноров и источников ценных признаков; фенотипирование и ДНК-паспортизация, уточнение, идентификация и анализ генетических профилей особо ценных для селекционной работы сортов, в том числе аборигенных и собственной селекции;

разработка методик исследований и стандартных операционных процедур (СОП), направленных на ускорение селекционного процесса.

Создание новых сортов винограда основано на признании пробелов в существующем сортименте Республики Дагестан:

по техническим сортам:

дефицит красных и отсутствие белых сортов дагестанской селекции, в том числе ранних, для производства различных типов вин;

отсутствие мускатных сортов;

малая доля высокоадаптивных и качественных автохтонных сортов и сортов дагестанской селекции;

дефицит сортов с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам для качественного эксклюзивного (терруарного) виноделия и производства безалкогольных продуктов переработки, в том числе для детского питания;

несбалансированный конвейер созревания сортов;

по столовым сортам:

дефицит высокоадаптивных сортов с привлекательной окраской, формой ягод и вкусом, в том числе с мускатным ароматом, для формирования конвейера потребления винограда в свежем виде;

отсутствие крупноягодных бессемянных сортов для потребления в свежем виде;

отсутствие бессемянных сортов для получения сушеной продукции и использования в кондитерской промышленности;

дефицит высококачественных и высокоадаптивных сортов с высокой устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам для снижения пестицидной нагрузки и повышения экологической безопасности продукции.

В связи с этим актуальные направления селекции винограда для совершенствования сортимента Республики Дагестан (РД) следующие:

увеличение доли аборигенных и отечественных сортов в насаждениях РД, в наибольшей степени реализующих свой биологический потенциал и хозяйственно ценные признаки по месту происхождения;

создание дефицитных столовых и технических сортов по срокам созревания.

создание конкурентоспособных столовых сортов по критериям: бессемянность, крупный размер ягод, привлекательная окраска, оригинальный вкус и форма ягод;

создание технических сортов для производства высококачественных конкурентоспособных вин на внешнем потребительском рынке;

создание комплексно устойчивых сортов к биотическим и абиотическим стрессовым факторам для создания агротехнологий конкурентоспособных по критериям энергоресурсосбережения, эдафической устойчивости и экологической стабильности ампелоценозов, пищевой безопасности готовой продукции.

Цель работы — обобщить результаты научно-исследовательской работы станции за 2012–2023 годы по сохранению, мобилизации генетических ресурсов и созданию новых сортов винограда, отвечающих требованиям современного виноградарства и виноделия.

Материалы и методы исследований / Materials and methods of research

Исследования проводились на ампелографической коллекции (АК ДСОСВиО) и селекционной экспериментальной базе станции в 2012–2023 годы согласно методическим руководствам¹.

Аборигенные, интродуцированные сорта и сорта селекции ДСОСВиО, дикорастущие формы винограда, гибридные формы новой селекции, элитные сеянцы винограда 2012–2022 годов скрещивания.

Культура винограда корнесобственная, орошаемая, неукрывная.

Схема посадки селекционных, аборигенных и интродуцированных сортов винограда — 2,0; 3,5 x 2,0 м. Форма кустов — высокоштамбовая, двуплечий кордон Казенава. Форма кустов в гибридном питомнике — штамбовая, двуплечий кордон Казенава. Схема посадки — 1,0 x 1,0 м.

Почвенно-климатические условия проведения исследований

Почвы опытного участка светло-каштановые, карбонатные, по гранулометрическому составу среднесуглинистые, измененные длительным искусственным орошением, бесструктурные. Легко заплывающие, с глубоким залеганием грунтовых вод, ниже 200 см. Почвы практически незасоленные. Подстилающие породы неплотные и не препятствуют свободному проникновению корневой системы винограда. Мощность пахотного слоя колеблется от 50 до 77 см.

Реакция почвенной среды щелочная (рН = 7,6–7,9). Содержание общих карбонатов в породах составляет 12,3–45,0%, подвижной извести — 0,5–3,5%.

Сумма вредных нейтральных солей — 0,36–0,88 мг экв., что допустимо для корнесобственных сортов и привитой культуры винограда. Щелочные соли либо отсутствуют, либо содержатся в незначительном количестве (0,06–0,22 мг экв.).

По химическому составу почвы глинистые, тяжело- и среднесуглинистые с содержанием глинистых частиц 40,4–70,7% в плантажном слое. Содержание физической глины в горизонте АВ составляет 38–45%. Верхние слои почвы имеют рыхлое сложение, объемная масса 1,04–1,05 г/см³, плотность которого увеличивается с глубиной. В слое почвы 80–100 см она достигает 1,45 г/см³. Плотные отложения залегают на глубине 50–60 см, грунтовые воды — на 8–10 м и более. Далее вниз по профилю механический состав изменяется до песчаного (8,3–16,8% глинистых частиц).

Гумусированность почв очень низкая — 1,1–1,8%. Обеспеченность почв подвижным фосфором низкая и средняя в плантажном слое (3,5–5,4 мг на 100 г почвы) и очень низкая в переходном горизонте ВС (0,4–1,8 мг). Обеспеченность почв обменным калием средняя в плантажном слое (43,0–51,0 мг) и низкая в переходном горизонте ВС (37,0–40,0 мг).

Характеристика климатических условий периода исследований основана на данных метеорологической станции г. Дербента² (рис. 1), свидетельствует о тенденции к повышению среднегодовой температуры и уменьшению количества осадков за последние 12 лет в зоне проведения исследований.

Рис. 1. Динамика изменения температуры воздуха и атмосферных осадков в г. Дербенте, 2012–2023 гг.

Fig. 1. Dynamics of changes in air temperature and precipitation in Derbent, 2012–2023



Биологическое, морфологическое, генетическое изучение сортов и гибридных форм винограда осуществлялось поэтапно на основе кодирования фенотипических особенностей виноградных растений по дескрипторам OIV — описательного руководства по кодированию ампелографических признаков и свойств любых фенотипических особей винограда, усовершенствованного членами COSTACTIONFA003 (<http://www.diprove.unimi.it/GRAPENET/index.php>) с использованием наглядного пособия «Ампелографический скрининг генофонда винограда» по разработанной авторами стандартной операционной процедуре (СОП), описанной в [7].

Результаты исследований / Research results

История, структура ампелографической коллекции и генетические ресурсы винограда ДСОСВиО

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — старейшее в Дагестане сельскохозяйственное научное учреждение, организованное в 1926 году в г. Дербенте, функционировала в составе Российской академии сельскохозяйственных наук. В 1931 году на базе станции была создана Дагестанская зональная опытная станция по виноградарству и виноделию, которая в 1933 году разделилась на три самостоятельные зональные опытные станции по: виноградарству и виноделию; овощеводству и бахчевым культурам; зерновым культурам. В 1935 году эти станции были объединены в Дагестанскую зональную опытную станцию по виноградарству и овощеводству. В 1957 году станция вошла в состав Дагестанского научно-исследовательского института сельского хозяйства как Дербентская опытная станция по виноградарству и овощеводству. С 1991 года станция функционировала под названием «Дербентская селекционная опытная станция по виноградарству и овощеводству».

В соответствии с Федеральным законом от 27 сентября 2013 года № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2013 года № 2591-р Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства была передана в ведение Федерального агентства научных организаций (ФАНО России).

¹ Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ. 2012; 569.

² <https://www.gismeteo.kz/weather-derbent-5268/>

В соответствии с Приказом ФАНО России от 07.02.2017 года № 64 «О реорганизации Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства»» Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства» присоединено в качестве филиала к образованному в результате реорганизации Федеральному государственному бюджетному научному учреждению «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия».

Одним из основных направлений деятельности ДСОСВиО является НИР по поиску, мобилизации, сохранению и изучению генетических ресурсов винограда и созданию сортов нового поколения с высоким потенциалом адаптивности, продуктивности, качества плодов и технологичности. Ампелографическая коллекция выполняет важнейшие фундаментальные и приоритетные прикладные функции в накоплении и сохранении генофонда, селекции новых сортов, пополнении сортифта для промышленного виноградарства новыми и классическими, интродуцированными и аборигенными сортами, адаптивными к природным почвенно-климатическим условиям мест возделывания. Ампелографическая коллекция станции (АК ДСОСВиО) позволяет создать банк данных по сортам, а также вести селекционную работу для выведения новых сортов, адаптированных к условиям региона Южного Дагестана.

Ампелографическую коллекцию в г. Дербенте на базе станции начали создавать в 1934 году, у истоков которой стояла пылкий и неутомимый исследователь, выдающийся дагестанский ампелограф и селекционер М.Я. Пейтель (1900–1984). По заданию Северного института плодоводства им. И.В. Мичурина под руководством М.Я. Пейтель проводилась апробация виноградных насаждений на площади более 2000 га. Работа продолжалась в 1935–1937 годах с охватом большинства насаждений виноградных районов, а также начались экспедиционные обследования в районах с малоразвитым виноградарством (горная зона, предгорье), в результате чего был впервые собран материал для характеристики сортового состава виноградных насаждений Дагестана. В итоге были выявлены более 150 местных сортов, из которых 112 закреплены в коллекции опытной станции. В 1938–1940 годах созданная коллекция была перенесена на новый участок, пополнилась местными и интродуцированными сортами и содержала уже 248 сортов, представленных в каталоге сортов ампелографических коллекций СССР (1962 г.). В 1961–1963 годах количество сортообразцов было доведено до 400 сортов винограда. В результате проведенной работы было рекомендовано включить в производство 19 местных сортов винограда, в том числе впервые выявленные Яй изюм белый и розовый, Дубут, Махбор Цибил, Шавраны, Чингир кара, Тыгыз, Цикрах и т. д.

В последующие годы продолжалось расширение коллекции винограда станции. В частности, в 1970 и 1980 годах были заложены 36 сортов (гибриды МСХА им. К.А. Тимирязева, сорта и клоны селекции станции, стандарты к ним), в 1982-м — 32 сорта (клоны и гибриды станции), в 1987-м — 301 сорт, в том числе перезакладка коллекции 1963 года 196 местных и интродуцированных сортов и 105 комплексно-устойчивых сортов различных селекционных центров СССР, Венгрии, Болгарии, а также франко-американские гибриды Сейв Виллара.

В 1997–2003 годах на станции была произведена перезакладка коллекции из сортов и гибридных форм винограда собственной селекции ДСОСВиО и интродуцированных комплексно-устойчивых сортов винограда в количестве 368 сортообразцов. К сожалению, растения около 200 коллекционных сортов были раскорчеваны в начале 2000-х годов без плановой перезакладки, в связи с чем станция потеряла часть селекционно-ценных сортов, в том числе и аборигенных.

Целенаправленная работа по сохранению и укреплению ампелографической коллекции станции как экспериментальной базы проведения селекционных и физиологических исследований была возобновлена в 2012 году. В 2014–2022 годах коллекция пополнилась новыми сортами винограда из Анапской ампелографической коллекции и ДСОС ВИР, в том числе утерянными аборигенными дагестанскими, в количестве 267 сортообразцов (рис. 2).

В связи с реконструкцией станции в 2020–2023 годах и в соответствии с Планом мероприятий станции на 2023–2024 годы продолжают работы по переносу ампелографической коллекции и экспериментальной базы селекционных исследований ДСОСВиО на новый участок. На основе анализа структуры коллекции и нецелесообразности дублирования малоценных, в том числе номерных, неизвестного происхождения сортообразцов ампелографическая коллекция сокращена на 142 единицы. На новый участок перенесены (высажены) растения 504 особо ценных коллекционных сортов, из них на площади по 1 га будут представлены 110 ценных интродуцированных и 110 аборигенных и селекционных сортов в привитой и корнесобственной культурах (по 10 растений), что повысит научно-практическую значимость и ценность коллекции.

Рис. 2. Динамика количества сортов в ампелографической коллекции ДСОСВиО

Fig. 2. Dynamics of the number of varieties in the ampelographic collection of DSOSVIO

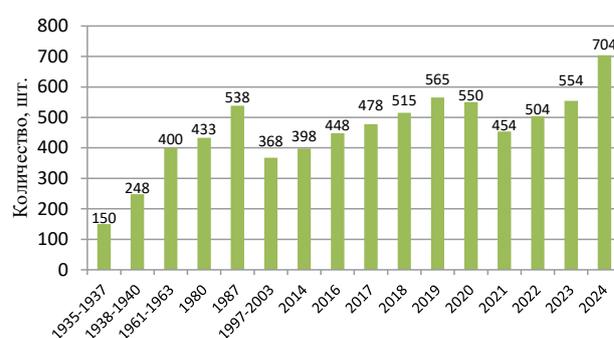


Таблица 1. Генетические ресурсы ДСОСВиО

Table 1. Genetic resources of DSOSVIO

Наименование показателя	Всего с нарастающим итогом	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
Коллекция винограда	554	50	50	50	50	50
столовые	215			22	16	24
технические	339			28	34	26
Гибридный фонд винограда	723	104	83	246	150	140
Выделено: доноры винограда	1	-	-	-	-	-
источники винограда	23	5	5	3	4	
аборигенные формы	2				1	1
элитные формы	9			2	1	1
конкурсное испытание	3			1	1	1
Передано в ГСИ сортов, виноград	8		1			
Реестр селекционных достижений	10					1

В настоящее время всего коллекция с накопительным участком содержит 554 сорта (столовые — 215, технические — 339, из них 106 аборигенных и их клонов селекции станции), а также более 700 гибридных форм новой селекции (2012–2022 гг.) учреждения (табл. 1).

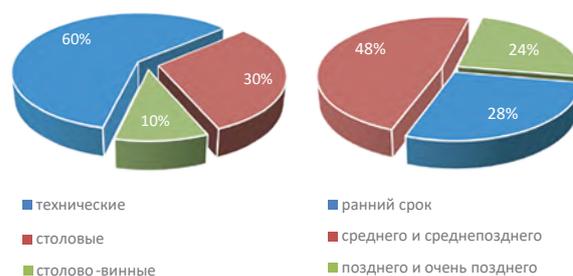
В ампелографической коллекции сорта представлены: технические (60%), столовые (30%), столово-винные (10%); по срокам созревания ягод: ранний срок созревания — более четверти генофонда (27,8%), среднего и среднепозднего созревания — 48,3%, очень поздние — 23,9% (рис. 3). Сорта в ампелографической коллекции размещены по эколого-географическому принципу с учетом видового и генетического происхождения и направления хозяйственного использования.

Общая площадь селекционной экспериментальной базы ДСОСВиО после завершения реконструкции станции составит 12 га, из которой непосредственно площадь ампелографической коллекции (АК ДСОСВиО) будет 4 га.

*Результаты селекционной работы ДСОСВиО
Сорта селекции ДСОСВиО в ГСИ*

Многолетние целенаправленные комплексные исследования гибридных форм винограда столового и технического направления старой селекции в изменяющихся климатических условиях юга России (2013–2022 гг.) позволили выделить и передать в ГСИ 7 перспективных

Рис. 3. Соотношение сортов по направлению использования и сроку созревания в ампелографической коллекции ДСОСВиО
Fig. 3. Ratio of varieties by direction of use and maturity in the ampelographic collection of DSOSVIO



форм (кандидатов в сорта), отвечающих требованиям современного виноградарства и виноделия: столовые — Булатовский, Заря Дербента, Эльдар, Леки, Жемчужина юга, Сувенир ДСОСВиО, технический — Фиолетта.

Исследуемые гибриды обладают высокими показателями продуктивности (коэффициент плодоношения, коэффициент плодоносности, урожайность и т. д.), имеют ежегодные хорошие показатели вызревания лозы (90%), намного превосходят по механическому составу грозди контрольных сортов. Особо надо подчеркнуть, что новые сорта выведены на основе аборигенных Агадаи (столовые), Асыл кара и Гимра (технический).

Таблица 2. Сравнительная оценка фенотипических признаков генеративных органов новых сортов винограда ДСОСВиО
Table 2. Comparative evaluation of phenotypic traits of generative organs of new grape varieties DSOSVIO

Признак	Янтарь дагестанский (Агадаи х Жемчуг Саба)	Жемчужина юга (Агадаи х Жемчуг саба)	Булатовский (Агадаи х Кишмиш черный)	Эльдар (Мускат гамбургский х Агадаи)	Леки (Кировабадский столовый х Агадаи)	Заря Дербента (Агадаи х Мускат гамбургский)	Сувенир ДСОСВиО (Агадаи х Линьян)	Фиолетта (Гимра х Асыл кара)	
Гроздь (см), шт.	Форма	коническая	цилиндрико-ническая	цилиндрико-ническая	цилиндрическая или цилиндрико-ническая	цилиндрико-ническая	коническая	коническая	цилиндрическая
	Длина	18–22	22,5	19	20	20	24	15,5	20
	Ширина	16	13,0	12	18	11	20	8,0	9
	Число крыльев	1–2	3–4	1–2	1–2	1–2	4–5	1–2	–
Ягода (мм), г	Плотность	средней плотности	средней плотности	средней плотности	средняя	средней плотности	рыхлая	средней плотности	средней плотности
	Форма	сферическая	округлая	короткоэллиптическая (овальная)	короткоэллиптическая	овальная	яйцевидная	яйцевидная или удлиненная	сферическая
	Длина	16	15	17	23	21	25	20	14
	Ширина	15	15	15	19	20	16	15	14
	Индекс	1,06	1,0	1,1	1,3	1,1	1,6	1,3	1,0
Окраска	Окраска	зеленовато-желтая	зеленовато-желтая	темно-фиолетовая	темно-фиолетовая	желтовато-зеленоватая	зеленовато-желтая с желтовато-розовым загаром	светло-желтая	темно-фиолетовая
	Масса	2,7	3,6	4,5–5,7	4,2	4,1	5,28	2,2	1,31
Толщина кожицы	очень толстая	тонкая	толстая	толстая	тонкая, сросшаяся с мякотью	толстая	толстая	тонкая	
Сочность мякоти	средняя	средняя	средняя	мясисто-сочная	мясисто-сочная	средняя	средняя	очень высокая	
Выход сула, %	65–75	67,4	65–75	70,2	66,9	65	65,8	69,1–74,3	
Особенности привкуса	мускатный аромат	мускатный аромат	гармоничный	оригинальный, слабомускатный, со слабой освежающей терпкостью	гармоничный	терпкий, вяжущий, с мускатным ароматом	простой, приятный (сортовой)	травянисто-вяжущий	
Масса семени, мг	43	46–47	35–45	40	23–28	47	35	35	
Семенной индекс			38,0	28,7			23,8		

Ниже приводятся краткая агробиологическая характеристика и фенотипические особенности генеративных органов (табл. 2), переданных в ГСИ сортов винограда.

Булатовский (Агадаи х Кишмиш черный) — заявка № 61097/8653108, дата регистрации — 15.01.2013, дата приоритета — 18.01.2013.

Распускание почек глазков начинается во II декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь крупная, цилиндроконическая, средней плотности. Ягода крупная, овальная, темная, с фиолетовой окраской. Встречаются ягоды без семян и с одним, легко отделяемым семенем среднего размера. Мякоть плотная, хрустящая, средней сочности. Вкус гармоничный.

Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1484 г, при отрыве от плодоножки — 439 г. Семян в ягоде — 1–2. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Сахаристость сока ягод — 170–190 г/дм³. Отличается устойчивостью к основным болезням и морозам, оидиумом и милдью не поражается, слабо-серой гнилью, толерантен к корневой филлоксеру.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 2,0 м составляет 9,5–11,5 кг с куста, или 13,5–16,4 т/га, средняя масса грозди — 304–410 г, отдельные грозди — до 500 г.

Заря Дербента (Агадаи х Мускат гамбургский) — заявка № 66640/8456192, дата регистрации — 12.01.2015.

Распускание почек глазков начинается в конце II — начале III декады апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь средняя или крупная, коническая или ветвистая, рыхлая. Ягода крупная и очень крупная, продолговато-яйцевидная, зеленовато-желтая с желтовато-розовым загаром на солнечной стороне и густым восковым налетом. Кожица прочная, средней толщины. Мякоть мясистая. Вкус терпкий, вязущий, с мускатным ароматом. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1798 г, при отрыве от плодоножки — 635 г. Семян в ягоде — 2–4. Сахаристость сока ягод — 178 г/дм³, титруемая кислотность — 5,8 г/л. Степень поражения милдью, оидиумом, серой гнилью — 3–4 балла. Слабо повреждается гроздевой листовёрткой, значительно — паутиным клещом.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 2,0 м составляет 3,6 кг с куста, или 5,1 т/га, при средней массе грозди 300–350 г.

Эльдар (Мускат гамбургский х Агадаи) — заявка № 69453/8354646, дата регистрации — 19.02.2016, дата приоритета — 30.12.2015.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь крупная, цилиндрическая или цилиндроконическая, слаболопастная, средней плотности. Ягода крупная и очень крупная, удлинённая и овальная, темная, с фиолетовым оттенком. Кожица толстая, сросшаяся с мякотью. Мякоть мясистая. Вкус оригинальный с мускатными тонами и освежающей терпкостью. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1014–1263 г, при отрыве от плодоножки — 587–675 г. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное,

светло-коричневое. Сахаристость сока ягод составляет 164–172 г/дм³, титруемая кислотность — 5,5–5,9 г/л. Устойчив к основным болезням и морозам, толерантен к корневой филлоксеру.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 2,0 м составляет 14,4–17,8 кг с куста, или 20,5–25,4 т/га, средняя масса грозди — 404–428 г.

Леки (Кировабадский столовый х Агадаи) — заявка № 69454/8354647, дата регистрации — 19.02.2016, дата приоритета — 30.12.2015.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь крупная, цилиндроконическая, рыхлая или средней плотности. Ягода крупная, овальная, с притупленной вершиной (бочковидная), желтовато-зеленоватая, без загара. Кожица тонкая, сросшаяся с мякотью. Мякоть мясистая, средней сочности. Вкус гармоничный, с тонким сортовым ароматом. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1023–1667 г, при отрыве от плодоножки — 594–739 г. Семян в ягоде — 2–3. Масса 100 ягод составляет 391,7–475,2 г. Сахаристость сока ягод — 158–167 г/дм³, титруемая кислотность — 5,5–5,9 г/л. Устойчивость к грибковым болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными сортами высокая. Оидиумом и милдью не поражается, серой гнилью и листовёрткой — слабо (в отдельные годы). Толерантен к корневой филлоксеру.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 2,0 м составляет 7,4–17,2 кг с куста, или 10,5–24,5 т/га, средняя масса грозди — 286–418 г.

Жемчужина юга (Агадаи х Жемчуг саба) — заявка № 72135/8260574, дата регистрации — 26.01.2017, дата приоритета — 14.12.2016.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь крупная, цилиндроконическая, средней плотности. Ягода крупная округлая, белая. Кожица тонкая, сросшаяся с мякотью. Мякоть плотная, хрустящая, сочная. Привкус мускатный. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 890–939 г, при отрыве от плодоножки — 364–492 г. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Масса 100 ягод составляет 236–391 г. Сахаристость сока ягод — 169–195 г/дм³, титруемая кислотность — 6,7–7,4 г/дм³. Устойчивость к грибковым болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными сортами высокая. Оидиумом и милдью поражается слабо, серой гнилью и листовёрткой — слабо в отдельные годы. Толерантность к корневой форме.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 2,0 м составляет 11,8–12,5 кг/куст, или 16,8–17,8 т/га. Средняя масса грозди — 160–329 г.

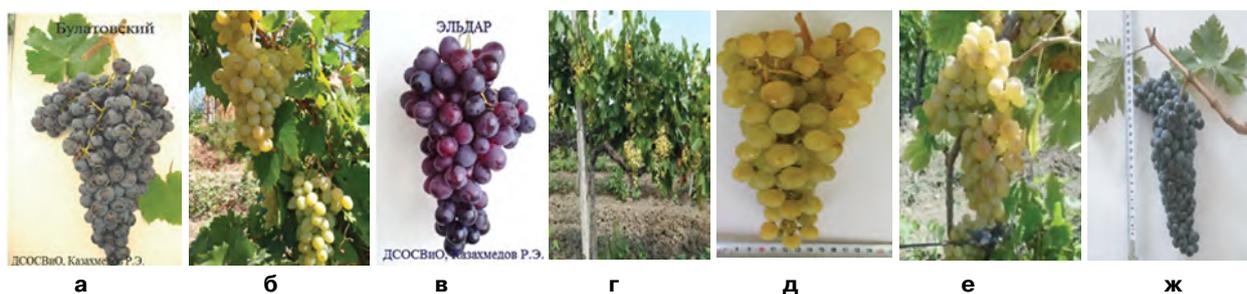
Сувенир ДСОСВиО (Агадаи х Линьян) — заявка № 75109/8152789, дата регистрации — 01.02.2018, дата приоритета — 15.01.2018.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь средняя, коническая, часто с крылом, средней плотности, реже плотная. Ягода крупная, яйцевидная или удлинённая, с заостренной вершиной, светло-желтая, с густым восковым налетом. Кожица

Рис. 4. Сорта винограда: а — Булатовский, б — Заря Дербента, в — Эльдар, г — Леки, д — Жемчужина юга, е — Сувенир ДСОСВиО, ж — Фиолетта. Фото автора

Fig. 4. Grape varieties: a — Bulatovsky, b — Zarya Dərbenta, c — Eldar, d — Leki, e — Pearl of the South, f — Souvenir of DSOSViO, g — Fioletta. Photo by the author



довольно толстая, прочная. Мякоть мясистая. Вкус простой, приятный. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1726–1800 г, при отрыве от плодоножки — 400–417 г. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, овальное, светло-бурое. Масса 100 ягод — 226 г. Сахаристость сока ягод — 162 г/дм³, титруемая кислотность — 5,5 г/л. Устойчивость к грибковым болезням и вредителям средняя. Степень поражения милдью, оидиумом, серой гнилью — 2–3 балла, гроздовой листоверткой и паутинным клещом поражается на уровне большинства сортов *Vitis vinifera*. Толерантность к корневой форме филлоксеры. Зимостойкость — выскокая.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 x 2,0 м составляет 7,4–8,5 кг с куста, или 10,5–12,1 т/га, средняя масса грозди — 160–189 г.

Фиолетта (*Гимра x Асыл кара*) — заявка № 78101/8057144, дата регистрации — 15.05.2019, дата приоритета — 15.05.2019.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в III декаде августа, полное созревание ягод — в конце августа — начале сентября.

Гроздь средняя, цилиндрическая, средней плотности. Ягода средняя, сферическая, темно-фиолетовая, черная, со слабым восковым налетом. Кожица нетолстая. Мякоть мягкая, очень сочная. Вкус травянистый, вязущий. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-бурое. Масса 100 ягод составляет 120–135 г. Сахаристость сока — 170–175 г/дм³, титруемая кислотность — 7,0 г/л. Устойчивость к грибковым болезням и вредителям высокая. Степень поражения милдью, оидиумом, серой гнилью — 1 балл, гроздовой листоверткой и паутинным клещом поражается на уровне большинства сортов *Vitis vinifera*.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 x 2,0 м составляет 4,6–8,2 кг с куста, или 6,5–11,7 т/га. Средняя масса грозди — 250–300 г.

Включение данных сортов в каталог столового винограда позволит использовать их продукцию для prolongирования сроков потребления в свежем виде, а также хранить и транспортировать виноград в другие регионы России (рис. 4).

В сортименте Республики Дагестан нет сортов местной селекции раннего срока созревания. В 2023 году столовый сорт раннего срока созревания Янтарь дагестанский введен в Реестр селекционных достижений России, допущенных к использованию.

Сорт Янтарь дагестанский (в научных источниках — Мускат Пейтель) получен путем скрещивания сортов Агадаи и Жемчуг Саба. Рано вступает в пору первого

Рис. 5. Сорт винограда Янтарь дагестанский. Фото автора

Fig. 5. The grape variety Yantar Dagestani. Photo by the author



плодоношения, при закладке виноградника корнесобственными саженцами на второй год после посадки растения дают сигнальный урожай. Продолжительность продукционного периода (от начала распускания почек до сбора урожая) 105–110 дней при сумме активных температур 2859 °С.

Распускание почек глазков начинается в III декаде апреля, цветение — в первой половине июня, начало созревания — в I декаде июля, полное созревание ягод — в I декаде августа.

Грозди конической формы, средней плотности. Ягоды по своему размеру средние, средняя масса — 2,7 г, отдельные ягоды (самые крупные) — до 3,1 г, по своей форме слегка сплюснутые. Цвет ягод — желто-белый. На кожице ягод пруин средней густоты, стираемый. Сама кожица довольно тонкая, средней плотности, непрочная. Консистенция мякоти мясисто-сочная. Вкус приятный, с хорошо выраженным мускатным ароматом. Урожайность — 6,7 кг с куста, или 9,6 т с 1 га, средняя масса грозди — 295 г, отдельные грозди — 450 г и более.

Создание новых генотипов методом гибридизации

В основе программы гибридизации лежала задача получить потомство от высококачественных сортов селекции ДСОСВиО (полученных на основе аборигенных сортов) методом ступенчатой гибридизации с сортами-донорами, устойчивыми к абиотическим и биотическим стрессорам, в том числе сортами Молдова и Первенец Магарача, занимающими большие площади в структуре насаждений винограда Республики Дагестан и проявляющими высокий уровень адаптивности и реализации генетического потенциала в условиях региона.

Таблица 3. Результаты скрещивания в 2012–2023 гг.

Table 3. Results of crossbreeding in 2012–2023

№ п/п	Материнская форма (♀)	Отцовская форма (♂)	Получено семян, шт.	Выделено перспективных форм, шт.
2012 г.				
	Мускат дербентский	СВ 20-365	198	–
	Нарма	СВ 23-657	314	–
	Везне	СВ 20-365	128	2
	Заря Дербента	СВ 23-657	85	–
	Слава Дербента	СВ 12-304	148	–
	Гюляби урожайный	СВ 12-375	140	–
	Итого		1013	2
2013 г.				
	Первенец Магарача	Гюляби урожайный	713	9
	Нарма	Первенец Магарача	552	3
	Мускат дербентский	Лакхеда Мезеш	189	3
	Хатми	Первенец Магарача	238	9
	Лакхеда Мезеш	Мускат дербентский	403	–
	Мускат десертный	Лакхеда Мезеш	438	–
	Лакхеда Мезеш	Мускат десертный	680	–
	Мускат дербентский	СВ 12-304	956	1
	Мускат дербентский	СВ 12-309	926	4
	Мускат дербентский	СВ 12-375	492	4
	Мускат дербентский	СВ 20-473	578	2
	Слава Дербента	СВ 12-304	978	–
	Слава Дербента	СВ 12-309	458	–
	Слава Дербента	СВ 12-375	1532	–
	Слава Дербента	СВ 12-473	1484	1
	Итого		10418	36
2014 г.				
	Мускат дербентский	Молдова	179	–
	Мускат дербентский	Декабрьский	100	1
	Мускат дербентский	Гечеи Заматош	264	1
	Мускат дербентский	Юбилей Магарача	201	–
	Агадаи	Декабрьский	385	–
	Агадаи	Молдова	920	–
	Кишмиш дербентский	Декабрьский	16	–
	Булатовский	Декабрьский	265	3
	Заря Дербента	Зала Дендь	169	–
	Г-0309	Декабрьский	287	–
	Г-801	Молдова	801	1
	Итого		3587	6
2015 г.				
	Мускат дербентский	Молдова	39	1
	Слава Дербента	Антей магарачский	84	–
	Слава Дербента	Первенец Магарача	13	2
	Эльдар	Молдова	21	–
	Эльдар	Кишмиш дербентский	111	–
	Заря Дербента	Надежда АЗОС	12	1
	Заря Дербента	Аркадий	44	1
	Заря Дербента	Молдова	141	–
	Аг изюм	Аркадий	285	–
	Итого		750	5
2016 г.				
	Булатовский	Молдова	63	1
	Кишмиш дербентский	Молдова	52	–
	Эльдар	Декабрьский	493	3
	Эльдар	Молдова	142	5
	Эльдар	Кишмиш белый	246	1
	Слава Дербента	Первенец Магарача	18	2
	Слава Дербента	Антей магарачский	20	3
	Слава Дербента	Молдова	25	–
	Кардинал	Кишмиш белый	53	–
	Итого		1112	15
2017 г.				
	Слава Дербента	Молдова	248	3
	Саперави	Эльдар	320	3
	Молдова	Эльдар	440	3
	Молдова	Саперави	198	1
	Саперави	Смесь пыльцы (Молдова х Эльдар)	377	2
	Итого		1583	12

Элитные гибридные формы винограда новой селекции (2012–2013 гг. скрещивания)

Гибридная форма винограда 13-6-13 (Хатми х Первенец Магарача)

Относится к группе технических сортов ранне-среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости ягод — 134 дня. Куст сильнорослый. Вызревание побегов хорошее. Цветок обоеполюй. Гроздь средняя

№ п/п	Материнская форма (♀)	Отцовская форма (♂)	Получено семян, шт.	Выделено перспективных форм, шт.
2018 г.				
	Молдова	XV-18-55	114	8
	Молдова	Первенец Магарача	160	3
	Булатовский	Кишмиш дербентский	175	4
	Эльдар	Молдова	53	10
	Слава Дербента	Первенец Магарача	792	3
	Молдова	Эльдар + Первенец Магарача	41	–
	Итого		1335	28
2019 г.				
	Молдова	Кишмиш дербентский	277	11
	Молдова	Булатовский	283	12
	Молдова	Эльдар	405	8
	Первенец Магарача	Булатовский	298	8
	Первенец Магарача	Эльдар	480	7
	Булатовский	Молдова	261	4
	Булатовский	Первенец Магарача	333	20
	Эльдар	Первенец Магарача	193	13
	Итого		2530	83
2020 г.				
	Булатовский	Первенец Магарача	86	22
	Булатовский	Молдова	193	32
	Молдова	Булатовский	56	13
	Молдова	Кишмиш дербентский	96	44
	Молдова	Эльдар	98	23
	Эльдар	Первенец Магарача	47	18
	Эльдар	Молдова	124	28
	Первенец Магарача	Эльдар	145	21
	Первенец Магарача	Булатовский	67	14
	Слава Дербента	Первенец Магарача	259	31
	Итого		1171	246
2021 г.				
	Заря Дербента	Молдова	103	15
	Молдова	Заря Дербента	152	19
	Заря Дербента	Паркентский	119	12
	Первенец Магарача	Слава Дербента	234	22
	Слава Дербента	Первенец Магарача	348	43
	Янтарь дагестанский	Первенец Магарача	238	19
	Молдова	Августин	149	20
	Итого		1343	150
2022 г.				
	Мускат дербентский	Кишмиш Юпитер	762	42
	Мускат дербентский	Кишмиш Велес	622	24
	Агадаи	Кишмиш Юпитер	60	12
	Агадаи	Кишмиш Велес	182	23
	Эльдар	Кишмиш Юпитер	93	21
	Эльдар	Кишмиш Велес	84	18
	Итого		1803	140
	Всего		26 416	723
2023 г.				
1.	Мускат дербентский	Памяти Смирнова	214	–
2.	Мускат дербентский	Кишмиш лучистый	153	–
3.	Агадаи	Памяти Смирнова	323	–
4.	Агадаи	Кишмиш Юпитер	268	–
	Итого		958	–
	Всего		27 374	

или крупная, коническая. Ягоды средние, округлые. Окраска ягод темно-зеленая. Мякоть сочная, вкус приятный, гармоничный. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Сахаристость сока ягода составляет 179–186 г/дм³. Сеянец отличается повышенной устойчивостью к грибным болезням, вредителям и корневой форме филлоксеры. Рекомендуется для изготовления соков и белых вино-материалов.

Донором устойчивости в этой комбинации является Первенец Магарача. Этот сорт передал гибридным сеянцам устойчивость к грибным болезням и высокую паныскообразующую способность (рис. 6а).

Гибридная форма винограда 12-1-1 (Везне х СВ 20-365).

Относится к группе универсальных сортов среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости ягод — 131 день.

Куст среднерослый. Цветок обоеполюй. Гроздь средняя, коническая, среднерыхлая. Ягода крупная, обратнояцевидная, прозрачная, без воскового налета. Окраска ягод светлая, с медовым блеском. Масса одной ягоды — 3,5–4,5 г. Мякоть мясисто-сочная, вкус гармоничный. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Сахаристость сока ягод составляет 214–230 г/дм³.

Устойчивость к грибным болезням и вредителям высокая. Рекомендуется для потребления в свежем виде и выработки соков.

Донором устойчивости в этой комбинации является СВ 20-365. Этот сорт устойчив к милдью, оидиуму и серой гнили (рис. 6б).

Гибридная форма винограда 13-19-1 (Мускат дербентский х СВ 12-375)

Относится к группе универсальных сортов ранне-среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости ягод — 138 дней. Куст сильнорослый. Вызревание побегов хорошее. Цветок обоеполюй. Гроздь средняя или крупная, коническая. Ягоды средние, коротко-эллиптические. Окраска ягод желто-зеленая. Мякоть средней сочности, вкус приятный. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Сахаристость сока ягод составляет 169–180 г/дм³. Сеянец отличается повышенной устойчивостью к грибным болезням, вредителям и корневой форме филлоксеры. Рекомендуется для потребления в свежем виде, изготовления соков и белых виноматериалов.

Донором устойчивости в этой комбинации является СВ 12-375. Этот сорт передал гибридным сеянцам устойчивость к грибным болезням и листовой форме филлоксеры (рис. 6в).

Источники селекционно-ценных признаков винограда

В результате оценки селекционного потенциала коллекционных форм винограда выделены и сохранены более 20 источников ценных признаков, позволяющих повысить эффективность селекционной работы по созданию устойчивых сортов для Республики Дагестан. Данные источники могут быть использованы в ступенчатой селекции новых ценных генотипов.

Фенотипирование и генотипирование коллекционных сортов винограда

Традиционно описание сортов винограда — задача ампелографии. Ряд разных генотипов винограда имеют схожие фенотипические признаки. В настоящее время молекулярно-генетический метод является наиболее точным инструментом для сортовой идентификации винограда, определения сортов-синонимов и сортов-омонимов в коллекциях [8–12].

На Ампелографической коллекции ДСОСВиО проведено фенотипирование более 50 сортов в агроэкологических условиях приморской зоны южного

Рис. 6. Сорта винограда в элиту: а — Г 13-6-13, б — Г 12-1-1, в — Г 13-19-1. Фото автора

Fig. 6. Grape varieties in the elite: а — G 13-6-13, б — G 12-1-1, с — G 13-19-1. Photo by the author

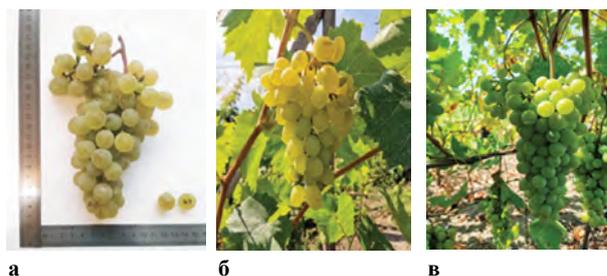


Таблица 4. Источники ценных признаков (гибридных форм) винограда

Table 4. Sources of valuable traits (hybrid forms) of grapes

Год	Количество выделенных источников, шт.	Родительская форма	Ценные признаки
2019	Г 14-5-4	Агадаи х Декабрьский	Устойчивость к грибным болезням и корневой форме филлоксеры
	Г 14-9-1	Мускат Юждаг х Зала Дендь	
	Г 14-8-6	Булатовский х Декабрьский	
	Г 15-1-2	Эльдар х Кишмиш дербентский	
2020	Г 15-6-2	Заря Дербента х Аркадий	Повышенная полевая устойчивость к милдью и оидиуму, толерантность к корневой филлоксере
	Г 13-13-14	Нарма х Первенец Магарача	
	Г 13-18-7	Мускат дербентский х СВ 12-309	
	Г 18-6-2	Слава Дербента х Первенец Магарача	
	Г 14-8-12	Булатовский х Декабрьский	
2021	Г 14-12-4	Г 801 х Молдова	Устойчивость к грибным болезням, сильный рост побегов
	Г 13-6-14	Хатми х Первенец Магарача	
	Г 13-13-8	Нарма х Первенец Магарача	
	Г 13-17-4	Мускат дербентский х СВ 12-304	
	Г 13-17-5	Мускат дербентский х СВ 12-304	
2022	Г 13-19-1	Мускат дербентский х СВ 12-375	Повышенная полевая устойчивость к милдью, оидиуму, серой гнили и толерантность к корневой филлоксере
	Г 16-9-2	Эльдар х Молдова	
	Г 13-16-2	Мускат дербентский х Лакхедаи Мезеш	
2023	Г 16-2-5	Слава Дербента х Антей магарачский	Повышенная полевая устойчивость к милдью и оидиуму, толерантность к корневой филлоксере. Рост побегов очень сильный
	Г 13-16-1	Мускат дербентский х Лакхедаи Мезеш	
	Г 16-3-6	Эльдар х Декабрьский	
	Г 15-7-1	Заря Дербента х Надежда АЗОС	
	Г 18-1-4	Молдова х XV 18-55	
	Г 18-2-1	Молдова х Первенец Магарача	

Дагестана, создана база фенотипических признаков сортов в изменяющихся условиях климата юга России (табл. 5).

Таблица 5. Перечень сортов в базе описания фенотипических признаков по международным дескрипторам OIV

Table 5. List of varieties in the phenotypic trait description database according to international OIV descriptors

Год	Название сортов
2017	Аг изюм, Булатовский, Везне, Гимра новая, Гюляби розовый, Сувенир ДСОСВиО, Янтарь дагестанский, Дольчатый, Джагар, Жемчужина юга, Заря Дербента, Кишмиш дербентский, Леки, Мускат десертный, Мускат дербентский, Мускат транспортабельный, Нарма, Слава Дербента, Тавриз, Хатми, Хатми урожайный, Эльдар
2018	Антей магарачский, Бианка, Виерул, Виорика, Г 154, Г 192, Г 0309, Г 01230 розовый, Гюльбаар, Декабрьский, Кишмиш черный, Левокумский устойчивый, Памяти Пейтель, Молдова, Московский розовый, Мускат гамбургский, Подарок Магарача, Поморийский бисер, Премьера, Пьеррель, Ркацители, Саперави, СВ 12-375, Среброструй, Шамбурсен, Эмиль роаяль черный, Яловенский устойчивый, XV 18-55
2022	Кишмиш Велес, Кишмиш лучистый, Ливия, Надежда АЗОС, Преображение
2023	Анапский ранний, Восторг, Памяти Смирнова, Сатурн, Лазурный

Идентификация генеалогии сортов ДСОСВиО

Идентификация ДНК-профилей сортов винограда — необходимый этап в последовательной работе по размножению генетического материала и получению сертифицированного чистосортного посадочного материала.

Выполнено генотипирование сортов винограда селекции Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства (ДСОСВиО) при помощи микросателлитных маркеров (SSR), используемых для сортовой идентификации с целью уточнить происхождение сортов, пользуясь данными ДНК-анализа. В результате исследования разработаны ДНК-паспорта 8 сортов селекции ДСОСВиО. Подтверждено, что сорта Булатовский, Везне, Дольчатый, Жемчужина юга, Заря Дербента, Леки, Мускат дербентский и Эльдар являются потомками сорта Агадаи. Найден несоответствия результатов ДНК-анализа информации в родословных сортов Булатовский и Эльдар [13].

Изучены ДНК-профили растений Хатми. Так как Хатми — сорт древний, целью исследования было изучить выборку растений сорта из разных мест произрастания в Дагестане и оценить их уровень генетического сходства по микросателлитным локусам, уточнить генетический профиль сорта. Проведено генотипирование 10 образцов винограда, произрастающих в Дагестане, под наименованием «Хатми», включая образцы из разных коллекций и мест промышленного разведения,

а также клоновые вариации этого сорта и предполагаемые клоновые вариации [14].

Гибридные формы ДСОСВиО на конкурсном испытании

В результате агробиологического изучения гибридных форм винограда в число перспективных выделены следующие гибридные формы винограда: Г 012-30 (Мадлен Анжевин х Мускат гамбургский, черные ягоды), Г 012-30 (Мадлен Анжевин х Мускат гамбургский, розовые ягоды), Г 0309 (Бабара х Кишмиш черный), Памяти Пейтель (Г 7-26-25) (Нимранг х Агадаи). Выделенные гибридные формы винограда будут переданы в Госкомиссию по испытанию и охране селекционных достижений после проведения конкурсного испытания в изменившихся условиях климата юга России с классическими и интродуцированными сортами.

Краткая характеристика новых гибридных форм винограда селекции ФГБНУ ДСОСВиО:

Г 012-30 (черные ягоды) (рис. 7а) — новый технический сорт селекции ДСОСВиО — филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ, получен путем скрещивания сортов Мадлен Анжевин х Мускат гамбургский. Относится к группе сортов ранне-среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости 130 дней при сумме активных температур 2729 °С. Кусты сильного роста, вызревание однолетних побегов хорошее — 86–90%.

Цветок обоеполый, с 5 тычинками. Тычиночные нити в 1,2–1,3 раза длиннее пестика. Столбик средний. Гроздь крупная, цилиндроконическая, средней плотности. Ягода средняя, овальная, черная. Кожица тонкая, сросшаяся с мякотью. Мякоть сочная. Вкус гармоничный, с тонким сортовым ароматом. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Масса 100 ягод составляет 256,0 г.

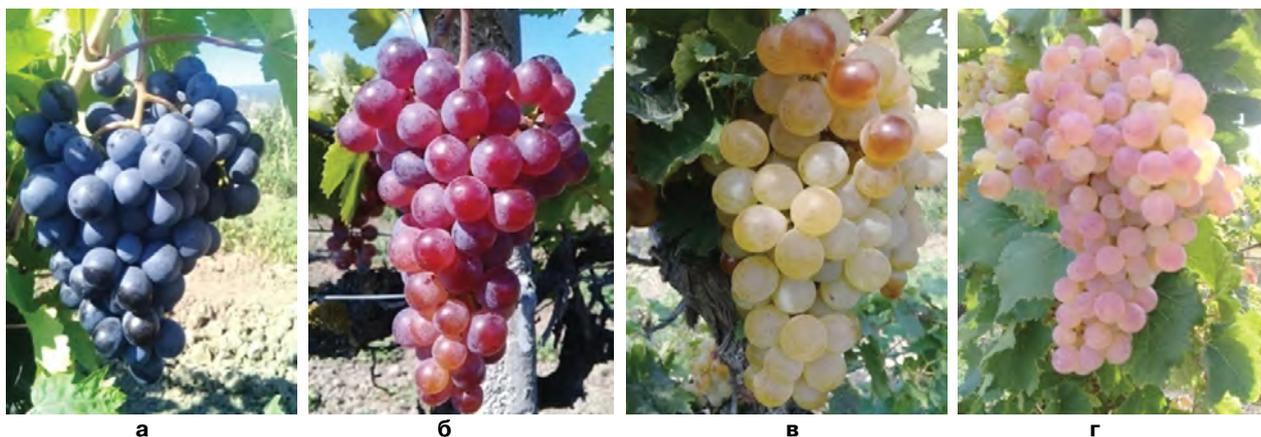
Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 х 1,5 м 14,0–17,0 кг с куста, или 20,0–24,3 т с 1 га. Средняя масса грозди — 500–670 г. Процент плодородных побегов — 49,7–64,4, коэффициент плодородности — 1,0–1,3, урожай на один развившийся побег — 280,3–388,3 г. Ко времени полного созревания сахаристость сока ягод составляет 208 г/дм³, титруемая кислотность — 5,7 г/дм³.

Содержание сока в процентах к общей массе грозди — 79,4, кожицы и плотных частей мякоти — 15,6, гребней — 2,5, семян — 2,5. Масса 100 семян — 4,2 г.

Устойчивость к грибковым болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными

Рис. 7. Сорта винограда: а — Г 01230 (черные ягоды), б — Г 01230 (розовые ягоды), в — Г 7-26-258, г — Г 0309. Фото автора

Fig. 7. Grape varieties: а — G 01230 (black berries), б — G 01230 (pink berries), в — G 7-26-258, г — G 0309. Photo by the author



сортами высокая. Оидиумом и милдью не поражается, серой гнилью и листоверткой — слабо (в отдельные годы). Толерантен к корневой форме филлоксеры.

Рекомендуемая формировка куста — двуплечий кордон при высоте штамба 100–120 см. Рекомендуемая обрезка плодовых лоз — 4–6 глазков. Нагрузка на куст — 55–65 глазков.

Г 012-30 (розовые ягоды) (рис. 7б) — новый технический сорт винограда селекции ДСОСВиО — филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ, получен путем скрещивания сортов Мадлен Анжевин х Мускат гамбургский. Относится к группе сортов среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости ягод 128 дней при сумме активных температур 2724 °С.

Цветок обоеполюй, с 5 тычинками. Тычиночные нити в 1,1–1,3 раза длиннее пестика. Столбик средний. Завязь коническая. Рыльце головчатое, хорошо развито.

Кусты среднего роста, вызревание однолетних побегов хорошее — 80–90%.

Гроздь средней величины, цилиндрическая или цилиндроконическая, слаболопастная, рыхлая. Ягода округлая и овальная (розовая). Кожица тонкая, сросшаяся с мякотью. Мякоть сочная. Вкус своеобразный. Семян в ягоде — 2–3. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Масса 100 ягод составляет 272 г.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 x 1,5 м — 8–9 кг с куста, или 11,4–12,8 т с 1 га. Средняя масса грозди — 339,0 г. Процент плодоносных побегов — 36,4–71,3, коэффициент плодоносности — 1,0–1,37, урожай на один развившийся побег — 329,0–449,3 г. Ко времени полного созревания сахаристость сока ягод составляет 206,0 г/дм³, титруемая кислотность — 5,5–5,3 г/дм³.

Содержание сока в процентах к общей массе грозди — 77,2, кожицы и плотных частей мякоти — 14,6, гребней — 4,5, семян — 3,7. Масса 100 семян — 3,5 г.

Устойчивость к грибковым болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными сортами высокая. Оидиумом и милдью не поражается, серой гнилью и листоверткой — слабо (в отдельные годы). Толерантен к корневой форме филлоксеры.

Рекомендуемая формировка куста — двуплечий кордон при высоте штамба 100–120 см. Рекомендуемая обрезка плодовых лоз — 4–6 глазков. Нагрузка на куст — 60–65 глазков.

Памяти Пейтель (Г 7-26-258) (рис. 7в) — столовый сорт селекции ДСОСВиО — филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ, получен путем скрещивания сортов Нимранг х Агадаи. Относится к группе сортов позднего периода созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости 140–145 дней при сумме активных температур 2900–3000 °С.

Кусты сильного роста, вызревание однолетних побегов хорошее — 86–96%. Гроздь крупная, цилиндроконическая, средней плотности и плотная, слаболопастная. Ягода крупная, сплюснутая, слабо дольчатая, светло-желтоватая. Кожица средней плотности. Мякоть плотная, мясистая. Вкус гармоничный, приятный. Ягоды прочные, выдерживают нагрузку на раздавливание 1532,2 г, при отрыве от плодоножки — 520,8 г. Семян в ягоде — 2–3. Масса 100 ягод составляет 498 г.

Урожайность — 13–15 кг с куста, или 18,5–21,4 т с 1 га. Средняя масса грозди 437 г. Процент плодоносных побегов — 49,7–64,4, коэффициент плодоносности — 1,0–1,3. Сахаристость сока ягод составляет 160 г/дм³, титруемая кислотность — 5,5 г/дм³.

Содержание сока в процентах к общей массе грозди — 71,0, кожицы и плотных частей мякоти — 22,7, гребней — 3,5, семян — 2,8.

Устойчивость к грибковым болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными сортами высокая. Оидиумом и милдью не поражается, серой гнилью и листоверткой — слабо (в отдельные годы). Толерантен к корневой форме филлоксеры.

Г 0309 (рис. 7г) — новый технический сорт селекции ДСОСВиО — филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ, получен путем скрещивания сортов Бабара х Кишмиш черный. Относится к группе сортов среднего срока созревания. Продолжительность вегетационного периода от распускания почек до полной зрелости 128 дней при сумме активных температур 2800 °С. Кусты сильного роста, вызревание однолетних побегов хорошее — 86–90%.

Цветок обоеполюй, с 5 тычинками. Тычиночные нити в 1,2–1,3 раза длиннее пестика. Столбик средний. Гроздь средняя, цилиндроконическая, средней плотности. Ягода круглая, окраска ягод желтовато-розовая. Кожица тонкая, сросшаяся с мякотью. Мякоть сочная. Вкус гармоничный, с тонким сортовым ароматом. Семя среднее, округло-овальное, светло-коричневое. Масса 100 ягод составляет 272 г.

Урожайность нового сорта при площади питания 3,5 x 1,5 м 14,0–17,0 кг с куста, или 20,0–24,3 т с 1 га. Средняя масса грозди — 339 г. Процент плодоносных побегов — 59,7–74,4, коэффициент плодоносности — 1,0–1,2. Ко времени полного созревания сахаристость сока ягод составляет 195 г/дм³, титруемая кислотность — 4,1 г/дм³.

Содержание сока в процентах к общей массе грозди — 77,3, кожицы и плотных частей мякоти — 14,6, гребней — 4,5, семян — 3,6.

Устойчивость к грибным болезням и вредителям по сравнению с другими столовыми районированными сортами высокая. Оидиумом и милдью не поражается, серой гнилью и листоверткой — слабо (в отдельные годы). Толерантен к корневой форме филлоксеры.

Рекомендуемая формировка куста — двуплечий кордон при высоте штамба 100–120 см. Рекомендуемая обрезка плодовых лоз — 5–6 глазков. Нагрузка на куст — 50–65 глазков.

Выводы/Conclusions

Научно-исследовательская работа в 2012–2023 годах проводилась в соответствии с Планом НИР ДСОСВиО в рамках реализации государственного задания ФАНО и Минобрнауки РФ.

Основные цели научно-исследовательской работы — создание новых генотипов винограда на основе мобилизации потенциала диких видов, аборигенных и высокоценных интродуцированных сортов, обладающих высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам, усовершенствование методологической базы для ускорения селекционного процесса винограда.

Сохранен генофонд винограда — 554 сорта, создан гибридный фонд в количестве более 700 генотипов новой селекции. Проведена гибридизация сортов винограда в 96 комбинациях для выведения высококачественных сортов различного направления использования, отвечающих требованиям современного виноградарства и виноделия, получены гибридные семена в количестве более 27 тыс. шт., что позволило выделить более 700 перспективных гибридных форм, в том числе 3 элитные формы — кандидаты в сорта.

На жестком инфекционном фоне в полевых условиях выделены более 20 источников хозяйственно ценных

признаков винограда, в том числе по признакам «устойчивость к грибным болезням» и «толерантность к корневой филлоксеры».

Проведены фенотипирование более 50 сортов в агроэкологических условиях приморской зоны Южного Дагестана и ДНК-паспортизация и идентификация более 20 аборигенных сортов и сортов селекции станции.

Поданы в ГСИ 7 сортов столового и технического направления, в 2023 году введен в Реестр селекционных достижений столовый сорт раннего срока созревания Янтарь дагестанский.

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

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ.

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 research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Казахмедов Р.Э., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И. Агробиологические особенности технических сортов винограда селекции ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко «Магарач» в климатических условиях юга Дагестана. *Аграрная наука*. 2023; (4): 123–128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-123-128>
2. Наумова Л.Г., Ганич В.А. Мобилизация и сохранение генетического разнообразия сортов винограда на коллекции ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко. *Русский виноград*. 2017; 5: 40–46. <https://www.elibrary.ru/zbqdnv>
3. Полулях А.А., Волынкин В.А., Лиховской В.В. Генетические ресурсы винограда института «Магарач». Проблемы и перспективы сохранения. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017; 21(6): 608–616. <https://doi.org/10.18699/VJ17.276>
4. Панкин М.И. и др. Анапская ампелографическая коллекция — крупнейший центр аккумуляции и изучения генофонда винограда в России. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(1): 54–59. <https://doi.org/10.18699/VJ18.331>
5. Новикова Л.Ю., Наумова Л.Г. Структурирование ампелографической коллекции по фенотипическим характеристикам и сравнение реакции сортов винограда на изменение климата. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019; 23(6): 772–779 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.18699/VJ19.551>
6. Горбунов И.В., Коваленко А.Г., Разживина Ю.А. Анализ сортового состава винограда по срокам созревания в ампелографической коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2019; 57(3): 51–59. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-51-59>
7. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А. Фенотипическая характеристика аборигенных дагестанских сортов винограда различных эколого-географических групп. *Проблемы развития АПК региона*. 2022; (4): 81–93. https://doi.org/10.52671/20790996_2022_4_81
8. Bibi A.C., Gonias E.D., Doulis A.G. Genetic Diversity and Structure Analysis Assessed by SSR Markers in a Large Collection of *Vitis* Cultivars from the Island of Crete, Greece. *Biochemical Genetics*. 2020; 58(2): 294–321. <https://doi.org/10.1007/s10528-019-09943-z>
9. Baránková K., Sotolář R., Baránek M. Identification of rare traditional grapevine cultivars using SSR markers and their geographical location within the Czech Republic. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2020; 56(2): 71–78. <https://doi.org/10.17221/61/2019-CJGPB>
10. Nebish A., Tello J., Ferradás Y., Aroutiounian R., Martínez-Zapater J.M., Ibáñez J. SSR and SNP genetic profiling of Armenian grape cultivars gives insights into their identity and pedigree relationships. *OENO One*. 2021; 55(4): 101–114. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.4.4815>
11. Barrias S., Pereira L., Rocha S., de Sousa T.A., Ibáñez J., Martins-Lopes P. Identification of Portuguese traditional grapevines using molecular marker-based strategies. *Scientia Horticulturae*. 2023; 311: 111826. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111826>
12. Dumitru A.M.I., Manolescu A.E., Sumedrea D.I., Popescu C.F., Cosmulescu S. Genetic diversity of some autochthonous white grape varieties from Romanian germplasm collections. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2023; 59(2): 55–66. <https://doi.org/10.17221/45/2022-CJGPB>
13. Макаркина М.В., Ильницкая Е.Т., Козина Т.Д., Кожевников Е.А., Казахмедов Р.Э. ДНК-паспортизация и анализ родословных сортов винограда селекции ДСОСВиО. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2023; 80(2): 48–60. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2023-2-80-48-60>

REFERENCES

1. Kazakhmedov R.E., Agakhanov A.Kh., Abdullaeva T.I. Agrobiological features of technical grape varieties of breeding All-Russian Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko "Magarach" in the climatic conditions of the south of Dagestan. *Agricultural science*. 2023; (4): 123–128 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-123-128>
2. Naumova L.G., Ganich V.A. Mobilization and conservation of genetic diversity of grape varieties in the collection of Ya.I. Potapenko All-Russian Research Institute for Viticulture and Winemaking. *Russkiy vinograd*. 2017; 5: 40–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zbqdnv>
3. Polulyakh A.A., Volynkin V.A., Likhovskoy V.V. Problems and prospects of grapevine genetic resources preservation at "Magarach" Institute. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017; 21(6): 608–616 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ17.276>
4. Pankin M.I. et al. The Anapa ampelographic collection is the largest center of vine gene pool accumulation and research in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(1): 54–59 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ18.331>
5. Novikova L.Yu., Naumova L.G. Structuring ampelographic collections by phenotypic characteristics and comparing the reaction of grape varieties to climate change. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23(6): 772–779. <https://doi.org/10.18699/VJ19.551>
6. Gorbunov I.V., Kovalenko A.G., Razzhivina Yu.A. Analysis of varietal grapes composition according to ripening in the ampelographic collection of the Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture and Winemaking. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2019; 57(3): 51–59 (in Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2019-3-57-51-59>
7. Kazakhmedov R.E., Magomedova M.A. Phenotypic characteristics of native Dagestan grape varieties of various ecological and geographical groups. *Development Problems of Regional Agro-industrial Complex*. 2022; (4): 81–93 (in Russian). https://doi.org/10.52671/20790996_2022_4_81
8. Bibi A.C., Gonias E.D., Doulis A.G. Genetic Diversity and Structure Analysis Assessed by SSR Markers in a Large Collection of *Vitis* Cultivars from the Island of Crete, Greece. *Biochemical Genetics*. 2020; 58(2): 294–321. <https://doi.org/10.1007/s10528-019-09943-z>
9. Baránková K., Sotolář R., Baránek M. Identification of rare traditional grapevine cultivars using SSR markers and their geographical location within the Czech Republic. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2020; 56(2): 71–78. <https://doi.org/10.17221/61/2019-CJGPB>
10. Nebish A., Tello J., Ferradás Y., Aroutiounian R., Martínez-Zapater J.M., Ibáñez J. SSR and SNP genetic profiling of Armenian grape cultivars gives insights into their identity and pedigree relationships. *OENO One*. 2021; 55(4): 101–114. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.4.4815>
11. Barrias S., Pereira L., Rocha S., de Sousa T.A., Ibáñez J., Martins-Lopes P. Identification of Portuguese traditional grapevines using molecular marker-based strategies. *Scientia Horticulturae*. 2023; 311: 111826. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111826>
12. Dumitru A.M.I., Manolescu A.E., Sumedrea D.I., Popescu C.F., Cosmulescu S. Genetic diversity of some autochthonous white grape varieties from Romanian germplasm collections. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2023; 59(2): 55–66. <https://doi.org/10.17221/45/2022-CJGPB>
13. Makarkina M.V., Ilnitckaya E.T., Kozina T.D., Kozhevnikov E.A., Kazakhmedov R.E. DNA certification and analysis of pedigrees of grape varieties selected by the Dagestan Breeding Experimental Station of viticulture and vegetable growing. *Fruit growing and viticulture in the south of Russia*. 2023; 80(2): 48–60 (in Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2023-2-80-48-60>

14. Ильницкая Е.Т., Макаркина М.В., Казахмедов Р.Э., Кожевников Е.А., Козина Т.Д. Изучение генетических профилей растений винограда, сохраняемых под наименованием дагестанского сорта Хатми. *Биотехнология и селекция растений*. 2023; 6(1): 6–12. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-1-03>

ОБ АВТОРАХ

Рамидин Эфендиевич Казахмедов
заведующий лабораторией биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда ведущий научный сотрудник, заместитель директора, доктор биологических наук
kre_05@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Бейпулат Агабекович Фейзуллаев
старший научный сотрудник лаборатории селекции сортоизучения, интродукции винограда, кандидат сельскохозяйственных наук
dsosvio@mail.ru

Альберт Халидович Агаханов
старший научный сотрудник лаборатории селекции сортоизучения, интродукции винограда, кандидат сельскохозяйственных наук
kotorad@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9769-8369>

Тамила Имираслановна Абдуллаева
лаборант-исследователь лаборатории биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда
tamila_abdullaeva@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9245-8419>

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», ул. им. Вавилова, 9, Дербент, 368600, Россия

14. Ilnitskaya E.T., Makarkina M.V., Kazahmedov R.E., Kozhevnikov E.A., Kozina T.D. A study of genetic profiles of grape plants preserved under the name of Dagestan variety Khatmi. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2023; 6(1): 6–12 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-1-03>

ABOUT THE AUTHORS

Ramidin Efendievich Kazahmedov
Head of the Laboratory of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products, Leading Researcher, Deputy Director for Scientific Work, Doctor of Biological Sciences
kre_05@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Beypulat Agabekovich Feyzullaev
Senior Researcher of the Laboratory of Grape Variety Breeding, Introduction of Grapes, Candidate of Agricultural Sciences
dsosvio@mail.ru

Albert Khalidovich Agakhanov
Senior researcher at the Laboratory of Selection of Variety Studies, Introduction of Grapes, Candidate of Agricultural Sciences
kotorad@list.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9769-8369>

Tamila Imiraslanovna Abdullaeva
Laboratorian-Research of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products Laboratory
tamila_abdullaeva@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9245-8419>

Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing-branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking”, 9 Vavilov Str., Dербent, 368600, Russia

МЕРОПРИЯТИЯ «ЖУРНАЛА АГРОБИЗНЕС»

АГРОБИЗНЕС

АГРОБИЗНЕС
EVENTS

**РОССИЙСКИЙ
ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ**
АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5-6 сентября 2024

Основные темы:

- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Семена: обработка, сев. Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий



fieldagriforum.ru

ПЛОДЫ И ОВОЩИ
VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

31 октября - 1 ноября 2024

Основные темы:

- Перспективы и болевые точки отрасли плодородства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и овощей
- Инфраструктура сбыта плодов и овощей. Как реализовать?
- Овощеводство открытого грунта: состояние рынка, развитие и потенциал



fruitforum.ru

ЗЕРНО РОССИИ
IX СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

13-14 февраля 2025

Основные темы:

- Рынок зерна в России: проблемы и перспективы
- Проблемы повышения урожайности и качества зерна
- Технологические решения для выращивания и хранения зерна
- Проблемы и пути реализации зерна



events.agbz.ru

ТЕПЛИЧНАЯ ОТРАСЛЬ
VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

24-25 апреля 2025

Основные темы:

- Российское овощеводство закрытого грунта: состояние отрасли, перспективы развития, господдержка.
- Технологии хранения и предпродажной подготовки овощей, для эффективной реализации
- Организация логистических процессов и сбыта плодовоовощной продукции: оптимальные механизмы взаимодействия с сетями



greenhouseforum.ru

УДК 634.75:631.52

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-149-153

В.В. Яковенко ✉

В.И. Лапшин

Северо-Кавказский федеральный научный
центр садоводства, виноградарства,
виноделия, Краснодар, Россия

✉ yakovenko_valent@mail.ru

Поступила в редакцию:
16.02.2024

Одобрена после рецензирования:
30.05.2024

Принята к публикации:
15.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-149-153

Valentina V. Yakovenko ✉

Vadim I. Lapshin

North Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making,
Krasnodar, Russia

✉ yakovenko_valent@mail.ru

Received by the editorial office:
16.02.2024

Accepted in revised:
30.05.2024

Accepted for publication:
15.06.2024

Методы многомерного анализа в оценке новых перспективных отборов земляники

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Спрос на новые генотипы с их более высокими характеристиками урожая и качества ягод, стабильно плодоносящие и устойчивые к абиотическим и биотическим стрессам, обуславливает развитие селекционных исследований по землянике. Внедрение новых сортов с их улучшенными характеристиками позволяет повысить эффективность производства и качество ягод.

Цель исследования — сравнительная оценка новых элитных форм земляники с наиболее распространенными и районированными в Северо-Кавказском регионе сортами по признакам продуктивности и качества ягоды.

Методы. Работа проводилась в течение 2021–2023 гг. 9 новых генотипов земляники сравнивались с 3 районированными интродуцированными в Северо-Кавказском регионе сортами по 4 признакам: число ягод, шт/куст; средняя масса ягоды, г; плотность мякоти ягоды, г; урожай, г/куст. Признаки учитывались согласно принятым в РФ методическим рекомендациям. Графическое распределение изученных образцов на плоскости обозначило гибридные формы, отличающиеся лучшими сочетаниями признаков продуктивности и крупноплодности, а также плотности мякоти ягоды и крупноплодности по сравнению с контрольными сортами. Метод главных компонент и статистическая процедура иерархического кластерного анализа изученных образцов по комплексу признаков позволили выделить 4 группы среди изученных генотипов земляники, достоверно различающиеся между собой по значениям изученных признаков.

Результаты. В результате проведенных исследований были выделены перспективные формы для дальнейшей селекционной работы и производственной практики: отборы 20-17-15 Онда × Елизавета II, 16-8-18 Белруби × Сирия, 17-3-15 Нелли × Сирия и 25-11-15 Нелли × Сирия.

Ключевые слова: земляника, сорта, гибридные отборы, продуктивность, признаки качества ягоды, урожай

Для цитирования: Яковенко В.В., Лапшин В.И. Методы многомерного анализа в оценке новых перспективных отборов земляники. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 149–153.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-149-153>

© Яковенко В.В., Лапшин В.И.

Methods of multivariate analysis in estimation of the new prospect strawberry selections

ABSTRACT

Relevance. The demand for new genotypes with their higher characteristics of yield and quality of berries, stably bearing fruit and resistant to abiotic and biotic stresses, determines the development of breeding research on strawberries. The introduction of new varieties with their improved characteristics makes it possible to increase production efficiency and the quality of berries.

The purpose of the study is a comparative assessment of new elite forms of strawberries with the most common and zoned varieties in the North Caucasus region based on the characteristics of productivity and quality of the berry.

Methods. The work was carried out during 2021–2023. 9 new strawberry genotypes were compared with 3 zoned varieties introduced in the North Caucasian region according to four traits: number of berries, pcs/bush; average berry weight, g; density of berry pulp, g; yield, g/bush. The traits were collected in accordance with the methodological recommendations adopted in the Russian Federation. The graphical scattering of the studied samples is revealed the hybrid forms, distinguished by the best combinations of the traits of productivity and fruit size and also density of berry pulp and fruit size compared to control varieties. The principal components method and statistical procedure for hierarchical cluster analysis of the studied samples based on a complex of traits made it possible to identify 4 groups among the studied strawberry genotypes, which significantly differ between themselves in the values of the studied traits.

Results. As a result of the research, promising forms were identified for further breeding work and production practice: selections 20-17-15 Onda × Elizabeth II, 16-8-18 Belrubi × Syria, 17-3-15 Nelli × Syria and 25-11-15 Nelly × Syria.

Key words: strawberry, varieties, hybrid selections, productivity, traits of berry quality, yield

For citation: Yakovenko V.V., Lapshin V.I. Methods of multivariate analysis in estimation of the new prospect strawberry selections. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 149–153 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-149-153>

© Yakovenko V.V., Lapshin V.I.

Введение/Introduction

Современные селекционные программы по землянике направлены на создание сортов, сочетающих в себе как агрономические показатели, так и признаки вкуса, аромата и питательного качества ягод, способных проявить себя в различных почвенно-климатических условиях и системах выращивания [1–3].

Количество сортов земляники в мире насчитывает более 12 тыс., но лишь немногие из них востребованы на международном рынке [4, 5]. Новые формы, полученные в рамках многочисленных селекционных программ, предназначены в основном для регионального использования. Это объясняется тем, что большинству сортов земляники свойственна сильно выраженная региональная зональность, обусловленная влиянием окружающей среды на особенности проявления признаков у различных генотипов [6–8].

Специфика условий выращивания сильно влияет на количественные и качественные характеристики сортообразцов земляники.

Несмотря на достигнутые за последние десятилетия успехи в селекции культуры земляники на высокую продуктивность и качество ягод, по-прежнему сохраняется спрос на новые генотипы, способные повысить эффективность производства и улучшить качество ягод. Конкурентоспособный сорт должен обладать следующими показателями: не менее 600 г урожая с растения; средняя масса ягоды — от 20 г; плотность мякоти ягоды — 380 г и более; поперечный диаметр ягоды — от 20 мм и более; содержание сухих веществ в ягодах — свыше 8% по шкале Brix [9–11].

Сейчас многие селекционные программы по землянике посвящены вопросам создания новых сортов, показывающих преимущество перед теми, которые в настоящее время используются в промышленных насаждениях.

В Северо-Кавказском федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия работают над выведением новых сортов земляники, адаптированных для выращивания в региональных условиях. За последнее десятилетие созданы 5 сортов: Элегия, Джени, Нелли, Таира, Кемия; 3 последних районированы по Северо-Кавказскому региону.

В настоящее время отобраны новые элитные формы, которые могут быть пригодны для товарного выращивания.

Цель работы — оценка новых селекционных форм земляники в сравнении с наиболее распространенными в Северо-Кавказском регионе районированными сортами по признакам продуктивности и качества ягод.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2021–2023 гг. на участках выращивания земляники исследовательско-селекционной коллекции генетических ресурсов садовых культур СКФНЦСВВ. Были изучены 9 новых генотипов земляники 5 гибридных семей: 17-3-15, 25-11-15 Нелли × Сирия; 19-1-15, 20-14-15 Онда × Нелли; 20-17-15 Онда × Елизавета II; 9-2-21 Румба × Галлия; 16-9-18, 16-8-18, 17-18-15 Белруби × Сирия.

В качестве контроля были взяты районированные в Северо-Кавказском регионе сорта Альба, Клери, Азия.

Признаки учитывались в соответствии с рекомендациями по методам, принятым в Российской Федерации¹, при работе использовалась Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года². Гибридные формы оценивались по 4 признакам: число ягод, средняя масса ягоды, плотность мякоти ягоды, урожай. Число ягод (шт/куст) определяли учетом числа завязавшихся ягод по каждому образцу; среднюю массу ягоды (г) — взвешиванием 10 ягод с каждого сбора; плотность мякоти ягоды (г) определяли для каждого образца при помощи пенетрометра модели FT 011 (наконечник диаметром 0,50 см², Facchini Group, Италия); урожай (г/куст) вычисляли умножением числа ягод на среднюю массу ягоды. Построение групп, объединяющих сходные генотипы, проводилось путем анализа главных компонент и кластеризации по методу Уорда³. В математической обработке данных использовалось приложение Statistica v. 10 (StatSoft Inc., США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Оценка гибридов и сортов по изучаемым признакам за 3 года исследований позволила получить данные, средние значения которых приведены в таблице 1.

Согласно результатам изучения, из селекционных номеров наиболее высокий потенциал урожая показали 17-3-15 Нелли × Сирия, 16-8-18 Белруби × Сирия, 20-17-15 Онда × Елизавета II, имеющие урожай, сопоставимый с сортом Азия. Отборы 19-1-15 Онда × Нелли и 17-18-15 Белруби × Сирия дали самый низкий урожай в сравнении с другими гибридами, но примерно такой же урожай показал сорт Альба. Урожай остальных 4 гибридов сходен с урожаем сорта Клери.

По крупноплодности гибридные формы 16-8-18 Белруби × Сирия и 20-17-15 Онда × Елизавета II соответствуют сорту Азия и превосходят 2 других районированных сорта. Селекционный отбор 25-11-15 Нелли × Сирия превосходит по данному признаку все районированные сорта. Наиболее низкие значения средней массы ягоды отмечены у гибрида 17-18-15 Белруби × Сирия и у сорта Клери. У прочих 5 номеров ягоды соответствуют сорту Альба.

Таблица 1. Признаки и параметры изученных сортов и гибридов земляники

Table 1. Traits and parameters of the studied strawberry varieties and hybrids

Гибриды, сорта	Число ягод, шт/куст	Средняя масса ягоды, г	Урожай, г/куст	Плотность мякоти ягоды, г
17-3-15	55	17,1	940,5	470
25-11-15	47	18,2	855,4	340
19-1-15	42	16,1	676,2	440
20-14-15	53	16,4	869,2	450
20-17-15	57	17,6	1003,2	380
9-2-21	49	16,7	818,3	350
16-9-18	51	16,2	826,2	270
16-8-18	61	17,8	1085,8	320
17-18-15	44	15,2	668,8	400
Альба	42	16,2	680,4	400
Клери	55	15,2	836,0	420
Азия	56	17,9	1002,4	350
НСР ₀₅	9	1,6	171,5	34

¹ Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК. 1999; 608.

² Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2013; 202.

³ Мандель И.Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 1988; 176.

Что касается плотности мякоти ягоды, то, согласно результатам испытаний, ягоды форм 19-1-15 и 20-14-15 Онда × Нелли были плотнее, чем ягоды 3 районированных сортов. Отборы 16-8-18, 16-9-18 Белруби × Сирия и 25-11-15 Нелли × Сирия имели довольно низкую плотность ягоды, уступающую сортам.

Биологический потенциал изученных гибридных форм земляники предусматривает генотипически обусловленную сопряженность варьирования учетных хозяйственно ценных признаков. Графическое отображение взаимного сходства изученных гибридов и сортов по близким значениям характеристик приводится на рисунке 1.

Из изученных гибридных отборов высокую сопряженность признаков числа ягод и средней массы ягоды имеют номера 20-17-15 Онда × Елизавета II, 16-8-18 Белруби × Сирия и контрольный сорт Азия. У остальных гибридов эти признаки варьируют в разных направлениях, при которых гибриды и сорта могут иметь невысокое число ягод и крупную ягоду или, наоборот, высокую продуктивность и некрупные ягоды.

Крупными и одновременно плотными ягодами обладают гибриды 20-17-15 Онда × Елизавета II, 25-11-15 Нелли × Сирия и сорт Азия. К сорту Клери наиболее близка 17-18-15 Белруби × Сирия, у остальных изученных гибридных форм и сорта Альба наблюдается значительный разброс по парным значениям показателей.

Важнейшим показателем, включающим в себя продуктивность и крупноплодность, у земляники является урожай ягод (г/куст). Распределение изученных гибридов и сортов земляники по средним значениям за годы исследований представлено на рисунке 2.

Высокий урожай ягод, превысивший 1000 г/куст, отмечен у номеров 16-8-18 Белруби × Сирия, 20-17-15 Онда × Елизавета II и сорта Азия, его значения у данных форм составили 1085,8 г/куст, 1003,2 г/куст и 1002,4 г/куст соответственно.

Высокими показателями урожая, превысившими 800 г/куст, отличаются гибридные отборы 17-3-15 Нелли × Сирия, 20-14-15 Онда × Нелли, 25-11-15 Нелли × Сирия, 16-9-18 Белруби × Сирия, 9-2-21 Румба × Галлия и сорт Клери. У 6 указанных образцов урожай составил 818,3–940,5 г/куст.

Значения урожая, превысившие 600 г/куст, отмечаются у сорта Альба и номеров 19-1-15 Онда × Нелли, 17-18-15 Белруби × Сирия с 680,4 г/куст, 676,2 г/куст и 668,8 г/куст соответственно.

Распределение изученных гибридов по урожаю и признакам его структуры указывает на лучшее сочетание данных показателей у номеров 16-8-18 Белруби × Сирия, 20-17-15 Онда × Елизавета II, 17-3-15, 25-11-15 Нелли × Сирия, 20-14-15 Онда × Нелли.

Компоненты урожая у гибридных отборов с наиболее высокой хозяйственно-биологической ценностью, превышающие по ряду показателей контрольные сорта, в соответствии с процентными весами исходных данных по изученным признакам представлены на рисунке 3.

По продуктивности все 5 лучших гибридных отборов (рис. 3) превосходят сорт Альба. Формы 20-17-15 Онда × Елизавета II и 16-8-18 Белруби × Сирия по числу ягод преобладают над всеми 3 изученными сортами земляники. 17-3-15 Нелли × Сирия с 55 ягодами на куст соответствует сорту Клери.

Крупноплодность у всех 5 вышеуказанных гибридов оказалась выше, чем у сортов Альба и Клери; 25-11-15 Нелли × Сирия со средней массой ягоды 18,2 г

Рис. 1. Расположение гибридов и сортов земляники: а — по числу ягод и средней массе ягоды, б — по средней массе и плотности мякоти ягоды

Fig. 1. Arrangement of strawberry hybrids and varieties: a — by the number of berries and the average weight of the berry, b — by the average weight and density of the berry pulp

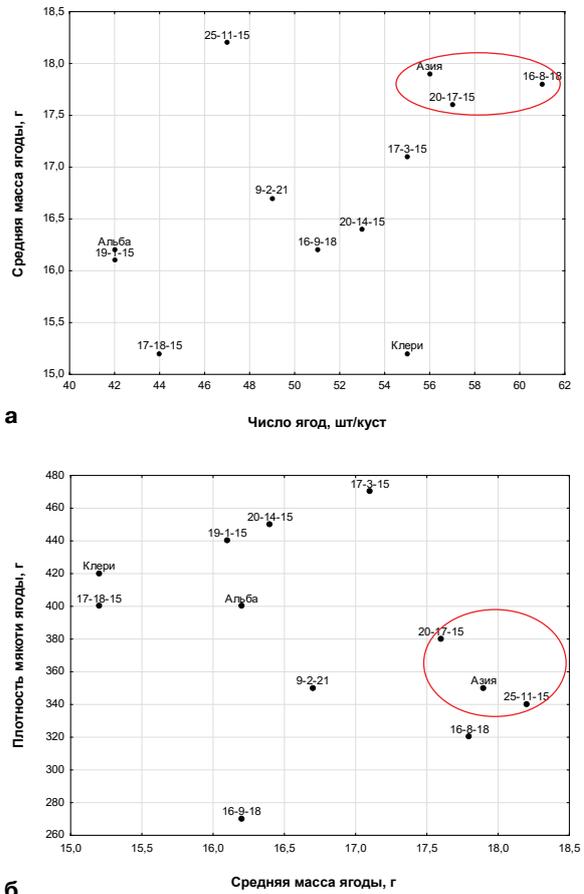


Рис. 2. Урожай изученных гибридов и сортов земляники
Fig. 2. Yield of studied strawberry hybrids and varieties

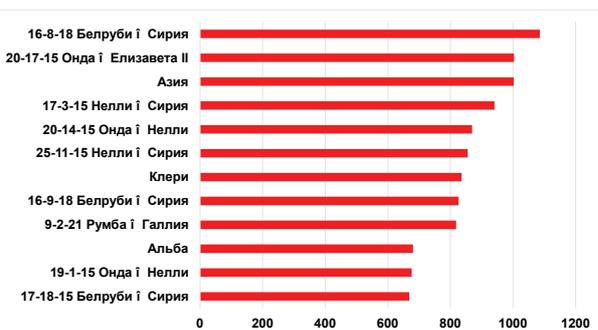
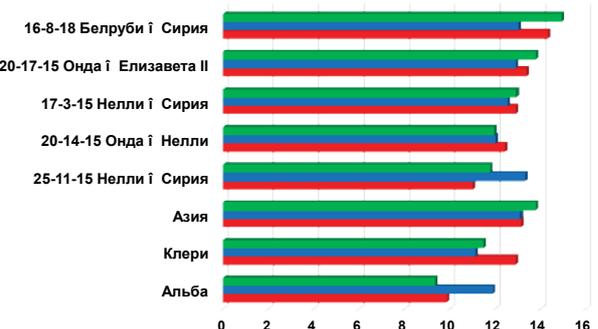


Рис. 3. Компоненты урожая у лучших изученных гибридов и сортов земляники

Fig. 3. Yield components of the best studied strawberry hybrids and varieties



превзошел не только 3 районированных сорта, но и все остальные 8 изученных гибридных номеров.

По урожаю все лучшие отборы показали превосходство над сортами Альба и Клери. Самый урожайный из всех изученных номеров 16-8-18 Белруби × Сирия по данному признаку оказался выше сорта Азия, с которым в свою очередь практически аналогичен 20-17-15 Онда × Елизавета II.

Отбор перспективных гибридных форм земляники при сравнении их с районированными сортами по комплексному сочетанию изученных признаков продуктивности, урожая и качества ягоды проводился с использованием процедур многомерной математической статистики, включающих метод главных компонент и кластеризацию в модели Уорда, при которой групповые кластеры формируются по евклидовым расстояниям с минимумом внутригруппового и максимумом межгруппового варьирования.

По признакам продуктивности, крупноплодности, урожая и плотности мякоти ягоды первая и вторая главные компоненты объяснили 64,25% и 23,02% общей изменчивости среди изученных гибридов и сортов земляники, третья и четвертая — 12,71% и 0,02% соответственно. Диаграмма распределения изученных форм земляники в соответствии с вкладами компонент представлена на рисунке 4.

Преобразованное на плоскости диаграммы пространство главных компонент позволило выделить 4 группы изученных гибридных номеров и сортов земляники, по 3 формы в каждой. Первая группа включает в себя 25-11-15 Нелли × Сирия, 16-9-18 Белруби × Сирия, 9-2-21 Румба × Галлия, вторая — сорт Альба, 17-18-15 Белруби × Сирия, 19-1-15 Онда × Нелли, третья — сорт Клери, 20-14-15 Онда × Нелли и 17-3-15 Нелли × Сирия, четвертая — сорт Азия, 16-8-18 Белруби × Сирия и 20-17-15 Онда × Елизавета II.

Для проверки генотипической близости изученных гибридных форм и сортов земляники, составляющих отдельные группы по комплексу признаков, была использована процедура группового кластерного анализа по методу Уорда.

Исходные данные 4 изученных характеристик для кластерного анализа были преобразованы в процентные веса. Результаты построения кластеров представлены на рисунке 5.

Объединяющая дистанция 4,0 у. е. сформировала 4 кластерные группы с 3 изученными формами земляники в каждой. Состав кластеров и средние значения признаков в них представлены в таблице 2.

Иерархическая кластеризация позволила разделить изученные гибриды и сорта на однородные группы, включающие в себя генотипы, сходные друг с другом по комплексу признаков. Анализируя значения признаков изученных форм земляники в различных однородных кластерах, можно дать общую характеристику этих групп.

В первом кластере преобладают генотипы с наиболее плотными ягодами, хорошим урожаем, высоким

Рис. 4. Распределение гибридов и сортов земляники по признакам продуктивности, крупноплодности, качества ягоды и урожая согласно методу главных компонент

Fig. 4. Disposition of strawberry hybrids and varieties on the traits of productivity, fruit size, berry quality and yield according to the principal components method

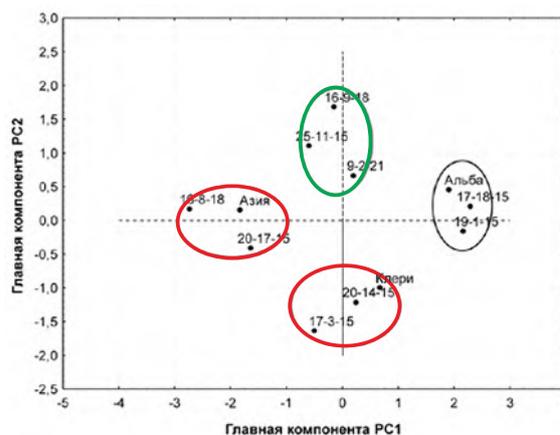
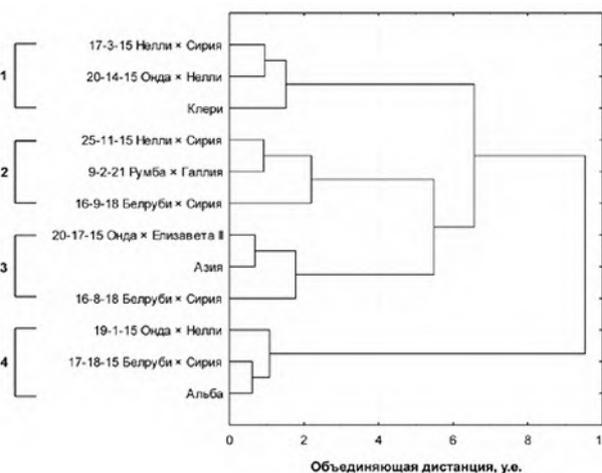


Рис. 5. Результаты кластерного анализа гибридов и сортов земляники по изученным признакам

Fig. 5. Results of the cluster analysis of strawberry hybrids and varieties according to the studied traits



числом ягод и средними по размеру ягодами. В этот кластер, наряду с сортом Клери, входят гибридные формы 17-3-15 Нелли × Сирия и 20-14-15 Онда × Нелли. Генотипы второго кластера отличаются довольно крупными, но мягкими (по сравнению с другими группами) ягодами и низким числом ягод на куст. В третьем кластере находятся гибридные формы 20-17-15 Онда × Елизавета II, 16-8-18 Белруби × Сирия и контрольный сорт Азия, отличающиеся самой высокой урожайностью, крупноплодностью, максимальным числом ягод на куст и ягодами средней плотности. Четвертый кластер представлен, наряду с контрольным сортом Альба, гибридами 19-1-15 Онда × Нелли и 17-18-15 Белруби × Сирия с самыми низкими показателями изученных признаков, за исключением плотности мякоти ягоды.

Таблица 2. Кластеры и средние значения изученных признаков
Table 2. Clusters and average values of the studied traits

№ кластера	Состав кластера	Число ягод, шт/куст	Средняя масса ягоды, г	Урожай, г/куст	Плотность мякоти ягоды, г
1	17-3-15 Нелли × Сирия, 20-14-15 Онда × Нелли, Клери	54	16,2	881,9	450
2	25-11-15 Нелли × Сирия, 9-2-21 Румба × Галлия, 16-9-18 Белруби × Сирия	49	17,0	833,3	320
3	20-17-15 Онда × Елизавета II, Азия, 16-8-18 Белруби × Сирия	58	17,8	1030,5	350
4	19-1-15 Онда × Нелли, 17-18-15 Белруби × Сирия, Альба	43	15,8	675,1	410

Корректность кластерного распределения была подтверждена в результате дисперсионного анализа с фактором «кластер». При стандартном значении критерия $F_{4,07}$ из изученных 4 признаков достоверность различий между полученными кластерами была выявлена по 3: числу ягод, величине урожая и плотности мякоти. Соответствующие значения F , превысившие стандартный критерий, составили 39,09, 46,25 и 10,11. Существенных различий между кластерными группами не было установлено только по средней массе ягоды при полученном критерии $F_{3,80}$.

Точное соответствие числа и состава групп из сортов и гибридных номеров, полученных в результате метода главных компонент и кластерного анализа, свидетельствует о генотипической близости объединенных в них форм земляники по комплексу признаков продуктивности, крупноплодности и урожайя ягод.

Разделение изученных генотипов на однородные группы, включающие в себя сорта и гибриды по комплексу признаков, позволило выделить селекционные

формы, не уступающие по величине урожая, продуктивности и качеству ягоды лучшим районированным сортам и по ряду характеристик, превосходящих их.

Выводы/

Проведенная сравнительная оценка ряда селекционных отборов и сортов земляники по признакам продуктивности, крупноплодности, плотности мякоти ягоды и урожаю с использованием метода главных компонент, кластерного анализа и графического распределения на плоскости данных по изученным образцам позволила выделить 4 новых селекционных отбора: 20-17-15 Онда × Елизавета II, 16-8-18 Белруби × Сирия, 17-3-15 Нелли × Сирия, 25-11-15 Нелли × Сирия и 20-14-15 Онда × Нелли, которые могут иметь хорошую производственную перспективу для возделывания в Северо-Кавказском регионе. Их значения урожайя, продуктивности, средней массы и плотности мякоти ягоды не уступают и по ряду показателей превосходят лучшие возделываемые в регионе сорта земляники Азия, Клери и Альба.

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

- Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y.-T., Zhong C.-F. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018; 8(3): 205–221. <https://doi.org/10.3233/JBR-180314>
- Diel M.I. et al. Linear Relationships Between Yield, Quality and Phenological Traits of Strawberry Cultivars. *Journal of Agricultural Studies*. 2020; 8(3): 737–755. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16807>
- Rutz T., Vilela de Resende J.T., Mariguelo K.H., Zeist R.A., Ribeiro da Silva A.L.B. Selection of Short-Day Strawberry Genotypes through Multivariate Analysis. *Plants*. 2023; 12(14): 2650. <https://doi.org/10.3390/plants12142650>
- Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry). *International Society for Horticultural Science*. 2008; 87. ISBN 978-90-6605-129-4
- Hernández-Martínez N.R., Blanchard C., Wells D., Salazar-Gutiérrez M.R. Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. *Scientia Horticulturae*. 2023; 312: 111893. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>
- Козлова И.И. Тенденции формирования промышленного сортимента земляники в Российской Федерации. *Садоводство и виноградарство*. 2019; 2: 25–32. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-25-32>
- Gabriel A., Resende J.T.V., Zeist A.R., Resende L.V., Resende N.C.V., Zeist R.A. Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruits. *Horticultura Brasileira*. 2019; 37(1): 75–81. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190112>
- Menzel C.M. The Stability of Important Fruit Traits in Strawberry in Queensland. *Horticulturae*. 2023; 9(3): 296. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030296>
- Зубкова М.И. Биологическая продуктивность и фактическая урожайность интродуцированных сортов земляники. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2018; 4: 27–31. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/27-31>
- Faedi W. et al. Monografia Fragola volume terzo 2015. *Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria*. 2015; 163. <http://hdl.handle.net/10449/26681>
- Simkova K. et al. Berry size and weight as factors influencing the chemical composition of strawberry fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023; 123: 105509. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105509>

ОБ АВТОРАХ

Валентина Владимировна Яковенко
кандидат сельскохозяйственных наук
yakovenko_valent@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4075-2130>

Вадим Игоревич Лапшин
кандидат биологических наук
lavai@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9343-1082>

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, ул. им. 40-летия Победы, 39, Краснодар, 350901, Россия

REFERENCES

- Mezzetti B., Giampieri F., Zhang Y.-T., Zhong C.-F. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*. 2018; 8(3): 205–221. <https://doi.org/10.3233/JBR-180314>
- Diel M.I. et al. Linear Relationships Between Yield, Quality and Phenological Traits of Strawberry Cultivars. *Journal of Agricultural Studies*. 2020; 8(3): 737–755. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16807>
- Rutz T., Vilela de Resende J.T., Mariguelo K.H., Zeist R.A., Ribeiro da Silva A.L.B. Selection of Short-Day Strawberry Genotypes through Multivariate Analysis. *Plants*. 2023; 12(14): 2650. <https://doi.org/10.3390/plants12142650>
- Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry). *International Society for Horticultural Science*. 2008; 87. ISBN 978-90-6605-129-4
- Hernández-Martínez N.R., Blanchard C., Wells D., Salazar-Gutiérrez M.R. Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. *Scientia Horticulturae*. 2023; 312: 111893. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>
- Kozlova I.I. Tendencies of formation of strawberries commercial assortment in Russia. *Horticulture and viticulture*. 2019; 2: 25–32 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-25-32>
- Gabriel A., Resende J.T.V., Zeist A.R., Resende L.V., Resende N.C.V., Zeist R.A. Phenotypic stability of strawberry cultivars based on physicochemical traits of fruits. *Horticultura Brasileira*. 2019; 37(1): 75–81. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620190112>
- Menzel C.M. The Stability of Important Fruit Traits in Strawberry in Queensland. *Horticulturae*. 2023; 9(3): 296. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030296>
- Zubkova M.I. Biological productivity and actual yield of non-native varieties of strawberry. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018; 4: 27–31 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/27-31>
- Faedi W. et al. Monografia Fragola volume terzo 2015. *Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria*. 2015; 163. <http://hdl.handle.net/10449/26681>
- Simkova K. et al. Berry size and weight as factors influencing the chemical composition of strawberry fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023; 123: 105509. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105509>

ABOUT THE AUTHORS

Valentina Vladimirovna Yakovenko
Candidate of Agricultural Sciences
yakovenko_valent@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4075-2130>

Vadim Igorevich Lapshin
Candidate of Biological Sciences
lavai@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9343-1082>

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40th Anniversary of Victory Str., Krasnodar, 350901, Russia

УДК 631.356

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-154-159

А.С. Дорохов

А.В. Сибирёв ✉

М.А. Мосяков

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ sibirev2011@yandex.ru

Поступила в редакцию:

12.03.2024

Одобрена после рецензирования:

02.06.2024

Принята к публикации:

17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-154-159

Alexey S. Dorokhov

Alexey V. Sibirev ✉

Maxim A. Mosyakov

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ sibirev2011@yandex.ru

Received by the editorial office:

12.03.2024

Accepted in revised:

02.06.2024

Accepted for publication:

17.06.2024

Методика и результаты лабораторно-полевых исследований сепарирующей системы машины для уборки сахарной свеклы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Важной задачей, которая ставится перед производителями, является максимально быстрое извлечение корнеплода из почвы и сокращение сроков уборочной кампании сахарной свеклы. В погоне за производительностью машин производители техники пренебрегают качеством уборочной продукции, не в полной мере обеспечивается выполнение агротехнических требований, таких как допустимая общая загрязненность корнеплодов, — не более 10%, в том числе растительной массой — не более 2%. Из вышесказанного следует, что с повышением производительности уборочных машин необходимо повышать и производительность сепарирующих устройств, так как на сахарные заводы вместе с сахарной свеклой поступает большое количество почвенных примесей. Разработанная система позволяет очистительным устройствам обеспечить технологический процесс работы в условиях оптимальной влажности при уборке сахарной свеклы $W = 18\text{--}22\%$ при повышении данного показателя до 25–27%. При этом повышается очистительная способность сепарирующей системы в зависимости от влажности и механического состава почвы за счет снижения залипания почвой просветов сепарирующей поверхности.

Методы. Проведение эмпирических исследований обусловлено необходимостью в подтверждении полученных теоретических зависимостей, их корреляции с показателями качества работы разрабатываемой сепарирующей системы свеклоуборочного комбайна в полевых условиях.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что изменение частоты вращения сепарирующей звезды в сторону увеличения приводит к снижению полноты сепарации в среднем на 1,6%. Определены интервалы варьирования полноты сепарации от 96,2 до 96,8%, что обусловлено процессами подсыхания почвенных примесей на поверхности прутков очистительной звезды от теплоты отработавших газов силовой установки.

Ключевые слова: свеклоуборочный комбайн, сахарная свекла, сепарирующая система, методика лабораторно-полевых исследований

Для цитирования: Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Мосяков М.А. Методика и результаты лабораторно-полевых исследований сепарирующей системы машины для уборки сахарной свеклы. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 154–159.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-154-159>

© Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Мосяков М.А.

Method and results of laboratory and field studies of a separating system with thermal energy of cleaning a machine for sugar beet harvesting

ABSTRACT

Relevance. An important task set for producers is to extract root crops from the soil as quickly as possible and reduce harvesting time. In pursuit of machine productivity, equipment manufacturers neglect the quality of the harvested products; compliance with agrotechnical requirements is not fully ensured, such as the permissible total contamination of root crops — no more than 10%, including plant matter — no more than 2%. From the above it follows that with an increase in the productivity of harvesting machines, it is necessary to increase the productivity of separating devices, since a large amount of soil impurities enters sugar factories along with sugar beets. The developed system allows cleaning devices to ensure the technological process of working in conditions of optimal humidity when harvesting sugar beets $W = 18\text{--}22\%$, with this indicator increasing to 25–27%. At the same time, the cleaning ability of the separating system increases depending on the humidity and mechanical composition of the soil by reducing the sticking of soil into the gaps of the separating surface.

Methods. Conducting empirical studies is due to the need to confirm the theoretical dependencies obtained, their correlation with the performance indicators of the developed separation system of the beet harvester in the field.

Results. As a result of the conducted research, it was found that an increase in the rotational frequency of the separating star leads to a decrease in the completeness of separation by an average of 1.6%. The separation completeness ranges from 96.2 to 96.8% have been determined, which is due to the drying processes of soil impurities on the surface of the cleaning star rods from the heat of the exhaust gases of the power plant.

Key words: beet harvester, sugar beet, separation system with thermal cleaning energy, laboratory and field research methods

For citation: Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Mosyakov M.A. Method and results of laboratory and field studies of a separating system with thermal energy of cleaning a machine for sugar beet harvesting. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 154–159 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-154-159>

© Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Mosyakov M.A.

Введение/Introduction

Сахарная свекла имеет большое народно-хозяйственное значение. Это одна из немногих технических культур, которая полностью идет на переработку. В процессе свеклосахарного производства из перерабатываемых корнеплодов образуются большие объемы побочных продуктов и отходов, которые являются ценным сырьем для многих отраслей легкой промышленности. Велика и кормовая ценность сахарной свеклы. Известны высокие кормовые качества свекловичной ботвы, жома, мелассы.

Повышения урожайности и сахаристости сахарной свеклы можно достичь за счет: размещения ее в благоприятных регионах возделывания; повышения качества посевного материала и сортосмены, применения энергоресурсосберегающих технологий, высокопроизводительных машин [1, 2], применения влаго- и гумусосберегающих способов обработки почвы и новых агроприемов, высокоэффективных удобрений и способов их внесения, а также экономичных систем орошения.

Немаловажную роль в увеличении урожайности свеклы играют сроки и полнота уборки [3, 4]. Уборку корнеплодов большинство хозяйств начинают в I–II декаде сентября, длительность уборочного процесса составляет от 15 до 45 дней, поэтому без учета влияния временных критериев практически невозможно внедрение новых научно обоснованных конструктивно-технологических решений [5–7].

Технологический процесс уборки корнеплодов предполагает использование очистительных устройств сепарации различного исполнения в зависимости от физико-механических и размерно-массовых характеристик товарной продукции [8, 9]. Однако известные очистительные устройства сепарации [10] обеспечивают технологический процесс работы в условиях оптимальной влажности при уборке $W = 18–22\%$, при повышении данного показателя до $25–27\%$ рабочая поверхность сепарирующих устройств обволакивается почвенным слоем и технологический процесс работы ухудшается или прекращается. В связи с этим необходимо обеспечить, чтобы устройства сепарации совместно с интенсификаторами сочетали положительные аспекты отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду, что позволит выполнять технологический процесс очистки товарной продукции в условиях повышенной влажности почвы.

Цель исследований — обоснование возможности применения сепарирующей системы с интенсификацией обдува рабочей поверхности теплотой отработавших газов на уборке корнеплодов сахарной свеклы при обеспечении качественной сепарации товарной продукции от почвенно-растительных примесей.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные исследования разработаны в агроинженерном центре ВИМ сепарирующей системы с интенсификацией обдува рабочей поверхности теплотой отработавших газов¹, смонтированной на свеклоуборочном комбайне Holmer Terra Dos T3 (HOLMER Maschinenbau GmbH, Германия), выполнялись в Пензенской области на производственной площадке ООО «Красная Горка» в 2022 году в осенний период (сентябрь — ноябрь) на уборке сахарной

свеклы сорта Петровский в соответствии со СТО АИСТ 8.7-2013².

Качество работы сепарирующей системы свеклоуборочного комбайна оценивалось по величине повреждений и полноте сепарации корнеплодов сахарной свеклы от механических примесей.

Методика проведения исследований осуществлялась при различных соотношениях тепловой подачи воздуха [11]. Требуемую влажность почвы при проведении экспериментальных исследований обеспечивали гидравлическим воздействием на почву неьютоновской жидкости на всей площади учетной деланки (длина 100 м) до фиксируемого значения необходимого соответствия интервалу в абсолютных значениях $W = 25–27\%$.

Далее прогревали двигатель самоходного комбайна Holmer Terra Dos T3 (Holmer Maschinenbau GmbH, Германия) до рабочей температуры $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последовательным включением функционирующих элементов — от приемно-подкапывающей части до последних ступеней очистки комбайна — с установленными значениями технологических параметров: частоты вращения сепарирующей звезды в соответствии с планом проведения эксперимента при номинальной частоте вращения колчатого вала двигателя.

Подачу сепарируемой массы сахарной свеклы (4–6 кг/с) регулировали, изменяя рабочую скорость комбайна в пределах 5–9 км/ч (табл. 1) [12].

При проведении экспериментальных исследований определяли влияние частоты вращения сепарирующей звезды и расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором на полноту сепарации корнеплодов сахарной свеклы.

Перед проведением операции извлечения корнеплодов сахарной свеклы выполнялась оценка влажности почвенного слоя на глубине залегания корнеплодов с использованием влагомера для почвы — модель 46908 (TR di Turoni & c. Snc., Италия), общий вид которого представлен на рисунке 1.

Определению влажности почвы предшествовало выполнение работ по градуировке прибора согласно

Таблица 1. Технические параметры свеклоуборочного комбайна Holmer Terra Dos T3

Table 1. Technical parameters of the beet harvester Holmer Terra Dos T3

Наименование показателя	Значение показателя
Фирма, страна производитель	Holmer Maschinenbau GmbH, Германия
Марка машины	Holmer Terra Dos T-3
Тип движителя	самоходный колесный
Номинальная мощность двигателя, л. с.	489
Число убираемых рядков, шт.	6
Общий путь чистки свеклы, м	12
Производительность, га/ч	2,5
Ширина междурядий, см	45–50
Рабочая скорость движения, км/ч	0–32
Объем бункера, м ³	28
Ширина выгрузного транспортера, м	1,85
Объем топливного бака, л	1150
Габаритные размеры, мм	12 600 × 3900 × 5730
Радиус разворота, мм	8100
Масса, кг	23 500

¹ Дорохов А.С., Сибирев, Аксенов А.Г. и др. Патент RU 2754037 С1. Сепарирующая система с тепловой энергией очистки. Опубликовано 25.08.2021.

² СТО АИСТ 8.7-2013 Машины для уборки овощных и бахчевых культур. Методы оценки функциональных показателей.

следующей последовательности действий, а именно: выбор места определения влажности почвы с последующим заглублением не более 15 см и выполнением процесса прессования почвы в радиусе не более 30 см для повышения электропроводности почвы [13]. Определение показателей качества работы разработанной сепарирующей системы выполнялось при предварительном извлечении корнеплодов сахарной свеклы из почвы для определения их размерно-массовых характеристик, а также характеристик почвы, агрофон которой соответствовал профилированной поверхности прямоугольной формы среднесуглинистого чернозема [14, 15].

Обработка экспериментальных исследований выполнялась методами математической обработки и статистического анализа результатов исследований, многофакторного анализа, применением лицензионных математических программных пакетов для ПЭВМ Microsoft Excel, Statistica 6.0 и Math CAD 2011 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На рисунках 1, 2, представлены разработанная сепарирующая система, смонтированная на свеклоуборочном комбайне Holmer Terra Dos T3, и ее общий вид.

Выбор требуемого значения исследуемого параметра разрабатываемой сепарирующей системы определялся при проведении лабораторных исследований с соблюдением условий неизменности постоянного значения других параметров очистительного устройства.

Проведению лабораторно-полевых исследований предшествовало формирование равномерных технологических параметров на установившемся режиме работы сепарирующей системы с обдувом рабочей поверхности отработавших газов силовой установки свеклоуборочного комбайна.

Частота вращения очистительной звезды (рис. 3) изменялась в пределах от 15,0 до 25,0 с интервалом варьирования 5,0 с варьированием расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором. Оценка качества работы экспериментальной сепарирующей системы выполнялась при безостановочном движении комбайна для уборки сахарной свеклы с последующим сбором массы почвенных примесей с поверхности брезента, расположенного под рабочим органом очистки.

При этом определялся фракционный состав вороха³, в котором учитывались корнеплоды, свободная почва и почва, связанная с корнеплодами. Проведение исследований комбайна для уборки сахарной свеклы в условиях повышенной влажности почвы выполнялось при синхронизации взаимосвязанных устройств разработанной сепарирующей системы, обеспечивающих распределение тепловых потоков по рабочей поверхности очистительной звезды. Определение величины максимальной полноты сепарации выполнялось в установленном интервале значений от 100 до 160 мм с шагом варьирования 30 мм расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором на качество сепарации корнеплодов сахарной свеклы.

Результаты полученных исследований представлены в виде графической зависимости (рис. 3), отражающей закономерность изменения полноты сепарации v_c , % от частоты вращения при постоянном значении расстояния.

Корреляционная связь между качественными показателями технологического процесса работы машины

Рис. 1. Общий вид свеклоуборочного комбайна Holmer Terra Dos T3, оснащенного сепарирующей системой с теплотой отработавших газов (ООО «Красная Горка»): 1 — ботвоудалитель; 2 — бункер; 3 — транспортер выгрузной; 4 — прутковый транспортер загрузки; 5 — дефлектор; 6 — воздуховод; 7 — звезды сепарирующие; 8 — корчеватель



Fig. 1. General view of the Holmer Terra Dos T3 beet harvester equipped with a separation system with exhaust gas heat ("Krasnaya Gorka" LLC): 1 — topper; 2 — hopper; 3 — discharge conveyor; 4 — rod loading conveyor; 5 — deflector; 6 — air duct; 7 — separating stars; 8 — grubber

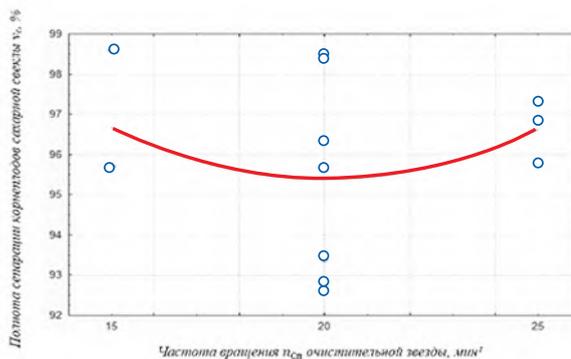
Рис. 2. Общий вид сепарирующей системы с использованием теплоты отработавших газов двигателя свеклоуборочного комбайна Holmer Terra Dos T3 (ООО «Красная Горка»): 1 — звезда сепарирующая; 2 — дефлектор; 3 — воздуховод



Fig. 2. General view of the separation system using the exhaust heat of the engine of the Holmer Terra Dos T3 beet harvester (Krasnaya Gorka LLC): 1 — separating star; 2 — deflector; 3 — air duct

Рис. 3. Зависимость полноты сепарации v_c , % корнеплодов сахарной свеклы от частоты вращения $n_{cп}$ очистительной звезды при $S_d = 130$ мм

Fig. 3. Dependence of the completeness of separation vs, % of sugar beet roots on the rotational speed $n_{cп}$ of the cleaning star at $S_d = 130$ mm



для уборки сахарной свеклы, оснащенной разработанной сепарирующей системой, выражается уравнением параболических функций (1):

$$v_c = 115,68 - 2,02 \cdot n_{cп} + 0,05 \cdot n_{cп}^2, \quad (1)$$

³ ГОСТ 33737-2016 Техника сельскохозяйственная. Машины свеклоуборочные. Методы испытаний

Анализ графической зависимости, представленной на рисунке 4, свидетельствует о том, что изменение частоты вращения сепарирующей звезды в сторону увеличения приводит к снижению полноты сепарации в среднем на 1,6% в диапазоне от 96,8 до 95,2% и соизмеримо повышению при кратном увеличении исследуемого технологического показателя.

Подтверждение наличия корреляционной связи между исследуемым параметром качества очистки и технологическим параметром сепарирующего устройства выполнимо при вычислении коэффициента парной корреляции исследуемых факторов согласно известному выражению (2):

$$r_{x,y} = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \cdot \sqrt{\bar{y}^2 - (\bar{y})^2}}, \quad (2)$$

где x, y — исследуемые факторы разрабатываемой сепарирующей системы с теплотой отработавших газов, частота вращения очистительной звезды и расстояние между сепарирующей звездой и дефлектором соответственно.

Статистическая значимость коэффициента корреляции определена для уровней значимости $\alpha = 0,05$ и $\alpha = 0,01$ и референсных значений 2,17 и 3,02 соответственно. Эмпирическое значение для критерия Стьюдента t_s составляет 2,78. Результаты расчетов свидетельствуют о значимости коэффициента парной корреляции полноты сепарации корнеплодов сахарной свеклы от частоты вращения очистительной звезды, равнения с критическими значениями коэффициента $t_{0,01} \geq t_r \geq t_{0,05}$, исходя из значений 3,02 > 2,78 > 2,17.

Графическая зависимость варьирования полноты сепарации при изменении расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором отражена на рисунке 4.

Варьирование полноты сепарации от 96,2 до 96,8% при увеличении расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором от минимального до максимального значений 100 и 160 мм, соответственно, обусловлено процессами подсыхания почвенных примесей на поверхности прутков очистительной звезды от теплоты отработавших газов силовой установки.

Зависимость изменения показателей качества очистки корнеплодов сахарной свеклы при установившейся частоте вращения сепарирующей звезды при 20 мин⁻¹ и варьировании расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором определяется эмпирической зависимостью выражения (3).

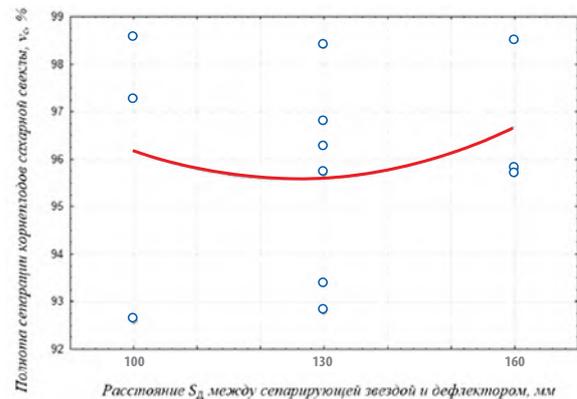
$$v_c = 110,12 - 0,23 \cdot S_d + 0,09 \cdot S_d^2, \quad (3)$$

Оценка достоверности полученных экспериментальных исследований полноты сепарации v_c , % корнеплодов сахарной свеклы от расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором и частоты вращения очистительной звезды определена коэффициентом парной корреляции, используя эмпирическое значение коэффициента Стьюдента по выражению (2).-

Исходя из условий эксперимента и совпадающим с предыдущими вычислениями количеством степеней свободы, референсное значение коэффициента Стьюдента меняться не будет [11]. Однако в связи с изменением одной из переменных эмпирическое значение коэффициента Стьюдента изменилось и составляет 2,29. Исходя из сравнения с критическими

Рис. 4. Зависимость полноты сепарации v_c , % корнеплодов сахарной свеклы от расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором при 20 мин⁻¹

Fig. 4. Dependence of the completeness of separation v_s , % of sugar beet roots on the distance between the separating star and the deflector at = 20 min⁻¹



значениями коэффициента $t_{0,01} \geq t_r \geq t_{0,05}$ (или количественно 3,02 > 2,29 > 2,17), можно отметить, что гипотеза подтверждается, и сделать вывод о статистической значимости коэффициента корреляции.

Результаты проведенных экспериментальных исследований свеклоуборочного комбайна с разработанной сепарирующей системой при интенсификации процесса очистки теплотой отработавших газов свидетельствуют о том, что полнота сепарации корнеплодов в диапазоне 97,0–97,2% обеспечивается при частоте вращения очистительной звезды 20–22 мин⁻¹ и расстоянием между сепарирующей звездой и дефлектором 130–142 мм.

Разработка, проектирование и эксплуатация сепарирующих устройств сельскохозяйственной продукции, в том числе и корнеплодов сахарной свеклы, определяются достоверностью результатов, полученных при проведении теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию режимов работы.

Следовательно, для определения закономерности изменения полноты сепарации экспериментальной сепарирующей системы свеклоуборочного комбайна выполняется построение статистического ряда варьирования искомой полноты сепарации (v_c , %), представленное выражением (4).

$$X = \begin{pmatrix} X_0 = 96,5 \\ X_1 = 96,7 \\ X_2 = 96,8 \\ X_3 = 97,0 \\ X_4 = 97,1 \\ X_5 = 97,2 \\ X_6 = 97,3 \\ X_7 = 97,4 \\ X_8 = 97,5 \\ X_9 = 97,8 \\ X_{10} = 98,0 \\ X_{11} = 98,3 \\ X_{12} = 98,4 \\ X_{13} = 98,5 \\ X_{14} = 98,8 \\ X_{15} = 99,3 \\ X_{16} = 99,4 \\ X_{17} = 99,5 \\ X_{18} = 99,6 \\ X_{19} = 99,7 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $x_0 \dots x_{19}$ — значения полноты сепарации, %.

Величина вероятности снижения сепарации (v_c , %) определяется по известной зависимости (5).

$$X_{CM} = X_0 - \frac{(X_2 - X_0)}{2} = 96,5 - \frac{(96,8 - 96,5)}{2} = 96,35\%, \quad (5)$$

Среднее значение полноты сепарации (v_c , %), определяется выражением (6).

$$X_{CP} = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} X_j}{N} = 98,0\%, \quad (6)$$

где: x_j -е — значение полноты сепарации, %; N — количество значений полноты сепарации, шт.

Среднеквадратическое отклонение полноты сепарации (v_c , %) определено по выражению (7).

$$Stdev(x) = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{N-1} (X_{CP} - X_j)^2}{N - 1}} = 1,61, \quad (7)$$

Коэффициент вариации полноты сепарации (v_c , %) определяется частным от деления среднеквадратического отклонения полноты сепарации (7) на значение разницы между средним значением полноты сепарации (6) и величиной вероятности снижения сепарации (5) и представлен в выражении (8).

$$v = \frac{Stdev(x)}{X_{CP} - X_{CM}} = \frac{1,61}{98,0 - 96,35} = 0,971, \quad (8)$$

Дифференциальная функция нормального закона распределения определяется по выражениям (9) и (10).

$$f_{N_i} = \frac{dX}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(X_{C_i} - X_{CP})^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

где σ — среднеквадратическое отклонение полноты сепарации, %.

$$f_N = \begin{pmatrix} 0,0559 \\ 0,1528 \\ 0,2569 \\ 0,2658 \\ 0,1692 \\ 0,0663 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

Для выбора закона распределения используется критерий Пирсона χ^2 , числовые значения которого представлены выражениями (11) и (12).

$$\chi_N^2 = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(m_i/N - f_{N_i})^2}{f_{N_i}} = 0,13752, \quad (11)$$

где m_i наблюдаемая частота попадания исследуемой полноты сепарации в каждый из выбранных интервалов.

$$\chi_W^2 = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(m_i/N - f_{W_i})^2}{f_{W_i}} = 0,13536, \quad (12)$$

Определены границы доверительного интервала (L , U), внутри которого лежит с доверительной вероятностью $(100 \cdot (1 - \alpha) = 95\%)$ дисперсия нормальной случайной величины, исходя из объема выборки $N = 20$.

$$\chi_0^2 = qchisq\left(\frac{\alpha}{2}, N - 1\right) = 29,956, \quad (13)$$

где α — это вероятность ошибки первого рода.

$$\chi_1^2 = qchisq\left(1 - \frac{\alpha}{2}, N - 1\right) = 67,821, \quad (14)$$

$$L = \frac{(N - 1) \cdot Stdev(x)}{\chi_1^2} = 1,43, \quad (15)$$

$$U = \frac{(N - 1) \cdot Stdev(x)}{\chi_0^2} = 3,237, \quad (16)$$

Определена закономерность изменения полноты сепарации экспериментальной сепарирующей системы свеклоуборочного комбайна построением статистического ряда в диапазоне 97,0–97,2% при частоте вращения очистительной звезды 20–22 мин⁻¹ и расстоянием между сепарирующей звездой и дефлектором 130–142 мм, выполнено определение коэффициента вариации полноты сепарации при значении величины однородности 0,971, установлена дифференциальная функция нормального закона распределения полноты сепарации при значении критерия Пирсона 0,137.

Выводы/Conclusions

При проведении экспериментальных исследований разработанной системы очистки с теплотой отработавших газов силовой установки свеклоуборочного комбайна установлено, что изменение частоты вращения сепарирующей звезды в сторону увеличения приводит к снижению полноты сепарации в среднем на 1,6% в диапазоне от 96,8 до 95,2 и соизмеримому повышению при кратном увеличении исследуемого технологического показателя. Определены интервалы варьирования полноты сепарации от 96,2 до 96,8% при увеличении расстояния между сепарирующей звездой и дефлектором от минимального до максимального значений 100 мм и 160 мм соответственно, что обусловлено процессами подсыхания почвенных примесей на поверхности прутков очистительной звезды от теплоты отработавших газов силовой установки.

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. Лобачевский Я.П., Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. *Техника и оборудование для села*. 2023; 3: 2–12. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-3-2-11>
2. Ülger P., Akdemir B., Arin S. Mechanized Planting and Harvesting of Onion. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 1993; 24(4): 23–26.

REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P., Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Shogenov Yu.Kh. Scientific and Technical Achievements of Agricultural Engineering Organizations in the Context of Digital Transformation of Agriculture. *Machinery and equipment for rural area*. 2023; 3: 2–12 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-3-2-11>
2. Ülger P., Akdemir B., Arin S. Mechanized Planting and Harvesting of Onion. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 1993; 24(4): 23–26.

3. Pasaman B., Zakharchuk V. The determination of the parameters of a ploughshare-rotor potato digger. *Econtechmod*. 2012; 1(2): 43–47.
4. Abd El-Rahman M.M. Development and performance evaluation of a simple grading machine suitable for onion sets. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 2011; 2(2): 213–226.
5. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator apparatus. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018; 13(23): 10086–10091.
6. Лобачевский Я.П., Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агроинженерных научных организаций в условиях цифровой трансформации сельского хозяйства. *Техника и оборудование для села*. 2023; 4: 2–5. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-4-2-5>
7. Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019; 3: 40–45. <https://www.elibrary.ru/rldcho>
8. Янгазов Р.У. Повышение качества очистки корнеплодов сахарной свеклы разработкой и обоснованием конструктивных и режимных параметров транспортирующе-очистительного устройства комбайна. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза. 2011; 18. <https://www.elibrary.ru/qhnyrh>
9. Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ. *Международный технико-экономический журнал*. 2013; 5: 67–70. <https://www.elibrary.ru/rmxjqr>
10. Максимов П.Л. Новые универсальные корнеуборочные машины. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2003; 4: 17–19. <https://www.elibrary.ru/rvrjrj>
11. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники. *Научный аналитический обзор*. Правдинский: Росинформагротех. 2015; 140. ISBN 978-5-7367-1115-4
12. Бондаренко Е.В., Подольская Е.Е., Таркивский В.Е. Комплекс современных машин для уборки сахарной свеклы. *АгроФорум*. 2022; 4: 16–19. <https://doi.org/10.24412/cl-34984-2022-4-16-19>
13. Bachche S. Deliberation on Design Strategies of Automatic Harvesting Systems: A Survey. *Robotics*. 2015; 4(2): 194–222. <https://doi.org/10.3390/robotics4020194>
14. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(4): 4–12. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>
15. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве. *Техника и оборудование для села*. 2022; 3: 2–9. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-3-2-9>
3. Pasaman B., Zakharchuk V. The determination of the parameters of a ploughshare-rotor potato digger. *Econtechmod*. 2012; 1(2): 43–47.
4. Abd El-Rahman M.M. Development and performance evaluation of a simple grading machine suitable for onion sets. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*. 2011; 2(2): 213–226.
5. Sibirev A.V., Aksenov A.G., Mosyakov M.A. Experimental Laboratory Research of Separation Intensity of Onion Set Heaps on Rod Elevator apparatus. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018; 13(23): 10086–10091.
6. Lobachevsky Ya.P., Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Shogenov Yu.Kh. Scientific and Technical Achievements of Agricultural Engineering Organizations in the Context of Digital Transformation of Agriculture. *Machinery and equipment for rural area*. 2023; 4: 2–5 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-4-2-5>
7. Lobachevsky Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Digitization aspects of the system of technologies and machines. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2019; 3: 40–45 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rldcho>
8. Yangazov R.U. Improving the quality of cleaning of sugar beet roots by developing and justifying the design and operational parameters of the transport and cleaning device of the combine. Abstract of PhD (Engineering) Thesis. Penza. 2011; 18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qhnyrh>
9. Aldoshin N.V., Didmanidze R.N. The strategies of qualitative execution of the mechanized works. *International technical and economic journal*. 2013; 5: 67–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rmxjqr>
10. Maksimov P.L. New versatile root-and-tuber-harvesting machines. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2003; 4: 17–19 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rvrjrj>
11. Fedorenko V.F., Trubitsyn N.V. Modern information technologies in testing agricultural machinery. *Scientific analytical review*. Pravdinsky: Rosinformagrotech. 2015; 140 (in Russian). ISBN 978-5-7367-1115-4
12. Bondarenko E.V., Podolskaya E.E., Tarkivsky V.E. A set of modern machines for harvesting sugar beets. *AgroForum*. 2022; 4: 16–19 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/cl-34984-2022-4-16-19>
13. Bachche S. Deliberation on Design Strategies of Automatic Harvesting Systems: A Survey. *Robotics*. 2015; 4(2): 194–222. <https://doi.org/10.3390/robotics4020194>
14. Lobachevsky Ya.P., Tsench Yu.S. Principles of Forming Machine and Technology Systems for Integrated Mechanization and Automation of Technological Processes in Crop Production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(4): 4–12 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-4-4-12>
15. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Shogenov Yu.Kh. The Results of Scientific Research of Agro-engineering Scientific Organizations on the Development of Digital Systems in Agriculture. *Machinery and equipment for rural area*. 2022; 3: 2–9 (in Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2022-3-2-9>

ОБ АВТОРАХ**Алексей Семенович Дорохов**

главный научный сотрудник, доктор технических наук, академик РАН
dorokhov@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>

Алексей Викторович Сибирёв

главный научный сотрудник, доктор технических наук
sibirev2011@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>

Максим Александрович Мосьяков

старший научный сотрудник, кандидат технических наук
Maks.Mosyakov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Alexey Semenovich Dorokhov**

Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences
dorokhov@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>

Alexey Viktorovich Sibirev

Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences
nikolaj-panfyorov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7431-7834>

Maxim Alexandrovich Mosyakov

Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences
Maks.Mosyakov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

А.Ю. Брюханов
Е.В. Шалавина ✉
Э.В. Васильев

Институт агроинженерных
и экологических проблем
сельскохозяйственного производства
(ИАЭП) — филиал ФНАЦ ВИМ,
Санкт-Петербург, Россия

✉ shalavinaev@mail.ru

Поступила в редакцию:
24.01.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Aleksander Yu. Briukhanov
Ekaterina V. Shalavina ✉
Eduard V. Vasiliev

Institute for Engineering and
Environmental Problems in Agricultural
Production — branch of "Federal Scientific
Agroengineering Center VIM" (IEEP —
branch of FSAC VIM), Saint Petersburg,
Russia

✉ shalavinaev@mail.ru

Received by the editorial office:
24.01.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Прогнозное распределение технологий переработки свиного навоза и куриного помета в РФ для принятия мер по снижению выбросов парниковых газов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одной из важнейших проблем последних лет являются выбросы парниковых газов. Их основной источник в аграрном секторе Российской Федерации — переработка побочных продуктов животноводства. В 2021 году выбросы составили 121 285 тыс. т CO₂-экв.

Цель исследования — установить, как распределяются технологии переработки свиного навоза и куриного помета в различных природно-климатических условиях РФ.

Методы. Были проанализированы данные обследований свиноводческих и птицеводческих комплексов, отражающие количество образующегося навоза (помета) с разбивкой по влажности и объемам размещения в хранилищах; типы систем сбора и хранения навоза (помета); соотношение их применения по федеральным округам, объединенным в три зоны с учетом природно-климатических особенностей. По результатам анализа получено базовое (по данным 2021 года) и прогнозное (на 2025 год) распределение технологий переработки свиного навоза и куриного помета. Эмиссии метана и закиси азота от систем переработки были рассчитаны для зоны 3, где наблюдались существенные отличия между базовым и прогнозным распределениями технологий. Прямой выброс закиси азота и метана в пересчете на CO₂-эквивалент в регионах этой зоны, по данным Национального кадастра, составляет 752,4 тыс. т в год; при расчете на основании обновленных данных по базовому распределению технологий (2021 г.) — 1038 тыс. т в год; при расчете на основании обновленных данных по прогнозному распределению технологий (2025 г.) — 1110 тыс. т в год.

Результаты. Результаты исследования показали необходимость пересмотра практики применения технологий переработки навоза (помета) для снижения выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: парниковые газы, побочные продукты животноводства, технологии переработки, экология, свиной навоз, куриный помет

Для цитирования: Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Прогнозное распределение технологий переработки свиного навоза и куриного помета в РФ для принятия мер по снижению выбросов парниковых газов. *Аграрная наука.* 2024; 384(7): 160–165.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-160-165>

© Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В.

Forecast distribution of technologies for processing pig and poultry manure in the Russian Federation to take measures for GHG reduction

ABSTRACT

Relevance. Greenhouse gas emissions have been one of the most important problems in recent years. Their main source in the agricultural sector of the Russian Federation is the processing of animal by-products. In 2021, emissions amounted to 121,285 thousand tons of CO₂-eq.

The purpose of the study is to establish how the technologies for processing pig manure and chicken manure are distributed in various natural and climatic conditions of the Russian Federation.

Methods. The data of surveys of pig and poultry breeding complexes were analyzed, reflecting the amount of manure (manure) formed, broken down by humidity and storage volumes in storages; types of manure collection and storage systems; the ratio of their use in federal districts combined into three zones, taking into account natural and climatic characteristics. Based on the results of the analysis, the basic (according to the data of 2021) and forecast (for 2025) distribution of technologies for processing pig manure and chicken manure were obtained. Methane and nitrous oxide emissions from processing systems were calculated for zone 3, where there were significant differences between the baseline and forecast distributions of technologies. Direct emissions of nitrous oxide and methane in terms of CO₂ equivalent in the regions of this zone, according to the National Cadastre, amount to 752.4 thousand tons per year; when calculated based on updated data on the basic distribution of technologies (2021) — 1038 thousand tons per year; when calculated on the basis of updated data on the projected distribution of technologies (2025) — 1110 thousand tons per year.

Results. The results of the study showed the need to review the practice of using manure (manure) processing technologies to reduce greenhouse gas emissions.

Key words: greenhouse gases, animal by-products, processing technology, ecology, pig slurry, poultry manure

For citation: Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasiliev E.V. Forecast distribution of technologies for processing pig and poultry manure in the Russian Federation to take measures for GHG reduction. *Agrarian science.* 2024; 384(7): 160–165 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-160-165>

© Briukhanov A.Yu., Shalavina E.V., Vasiliev E.V.

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной президентом России в 2016 году¹, обозначены основные ориентиры и возможности развития страны на ближайшую и долгосрочную перспективу, сформулированы большие вызовы для общества, государства и науки. В их числе потребность в обеспечении продовольственной безопасности и независимости России и конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков и укрепление экологической безопасности в агропромышленном комплексе.

Для реализации Стратегии формируется соответствующее законодательство; внесены поправки в закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», регулирующие переход на наилучшие доступные технологии²; приняты законы № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»³, № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»⁴ и № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»⁵.

Важнейшей проблемой последних лет являются выбросы парниковых газов [1–4]. Животноводство является основным источником метана и закиси азота [5–8]. Основные источники выбросов в атмосферу при производстве животноводческой продукции — это внутренняя ферментация животных и системы обращения с навозом и пометом [9–12].

Согласно опубликованному докладу о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (далее — Кадастр парниковых газов), в 2021 году суммарные выбросы парниковых газов от аграрного сектора Российской Федерации составили 121 285 тыс. т CO₂-экв., что соответствует 48,3% уровня 1990 года (250 735 тыс. т CO₂-экв.)⁶. В результате интенсивного использования почв сельскохозяйственных земель в структуре выбросов от сельскохозяйственных источников в растениеводстве большая часть приходится на N₂O. От сектора «Животноводство» в европейской части Российской Федерации выделяется около 80% суммарных выбросов аммиака (NH₃).

Расчет парниковых газов осуществляется в соответствии с Методическими рекомендациями по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Федерации⁷, которые коррелируют с Методикой Межправительственной группы экспертов по изменению климата

(МГЭИК)⁸. Основополагающими исходными данными при расчете как эмиссий N₂O, так и CH₄ в системе переработки навоза и помета являются данные о содержании азота и углерода в навозе и его влажности [13, 14]. Эти характеристики зависят от половозрастных групп животных, системы кормления и во многом от технологической переработки навоза и помета [15–17].

Цель работы — установить, как распределяются технологии переработки свиного навоза и куриного помета в различных природно-климатических условиях РФ с учетом типа получаемого на предприятии навоза и помета.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В исследовании были проанализированы Региональные программы развития АПК в части, касающейся свиноводческих и птицеводческих комплексов. В каждой Региональной программе рассматривался целевой показатель с 2021 по 2025 год — производство скота и сельскохозяйственной птицы на убой в живом весе (тыс. т в год).

Статистические данные по показателю «производство скота и птицы на убой в живом весе (тыс. т)» с 2020 по 2021 год взяты из баз данных Росстата⁹, данные по базовому распределению технологий переработки свиного навоза и куриного помета — из литературных источников¹⁰ [18], поголовье свиней и сельскохозяйственной птицы в хозяйствах всех категорий (тыс. гол.) с 2019 по 2022 год — из базы данных Росстата¹¹.

Прогнозное поголовье свиней и сельскохозяйственной птицы с 2023 по 2025 год рассчитано на основании данных Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС)¹².

Полученные данные обработаны методами математической статистики в программе Excel (США).

Анализ проводился для следующих типов предприятий: сельскохозяйственные организации; крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели; хозяйства населения.

С учетом природно-климатических особенностей Российской Федерации для исследования распределения технологий переработки навоза и помета выделены три зоны: 1-я — Северо-Западный федеральный округ (СЗФО); 2-я — Приволжский федеральный округ (ПФО), Южный федеральный округ (ЮФО), Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО), Центральный федеральный округ (ЦФО); 3-я — Уральский федеральный округ (УФО), Сибирский федеральный округ (СФО), Дальневосточный федеральный округ (ДФО).

¹ Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». — URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/414449>

² Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297>

³ Федеральный закон «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 03.08.2018 № 280-ФЗ. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/550835238>

⁴ Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/607142402>

⁵ Федеральный закон «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 14.07.2022 № 248-ФЗ. — URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404891791/>

⁶ Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг. М.: Росгидромет, ФГБУ «ИГКЭ». 2023; 479.

⁷ Распоряжение Минприроды России от 16.04.2015 № 15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_256422/

⁸ Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 2006. — URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html>

⁹ Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://fedstat.ru/indicator/31367>

¹⁰ Кузьмина Т.Н. и др. Состояние производства технологического оборудования, рекомендуемого для эксплуатации в случае применения наилучших доступных технологий при интенсивном разведении свиней и птицы. Аналитический обзор. М.: Росинформротех. 2023; 96. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59331677>

¹¹ Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://fedstat.ru/indicator/31325>

¹² Маркетинговые исследования рынков на основании данных ЕМИСС. — URL: <https://www.sostav.ru/blogs/247016/35804>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для расчета эмиссии парниковых газов необходимо знать характеристики получаемого свиного навоза и куриного помета⁷, поэтому были проанализированы технологии содержания животных и сельскохозяйственной птицы на предприятиях для определения типа получаемого навоза и помета (рис. 1). Рассматривались такие параметры, как масса подстилочного материала и технологической воды, попадающих в навоз и помет.

Был проведен анализ поголовья свиней и сельскохозяйственной птицы в хозяйствах всех категорий. Результаты исследования показали, что наибольший вклад в поголовье вносят сельскохозяйственные организации, поэтому по ним более детально проанализированы данные по поголовью и массе на убой.

Сравнение расчетного значения прогнозного поголовья свиней в 2025 году и статистического поголовья в 2019 году показало, что к 2025 году:

- в зоне 1-й поголовье увеличится на 1,8% — с 1816,6 тыс. до 1848,7 тыс. голов;
- в зоне 2-й поголовье увеличится на 5,9% — с 17 287,5 тыс. до 19 879,1 тыс. голов;
- в зоне 3-й поголовье увеличится на 4% — с 4672,2 тыс. до 4857,5 тыс. голов (рис. 2).

Сравнение расчетного значения прогнозного поголовья сельскохозяйственной птицы в 2025 году и статистического поголовья в 2019 году показало, что к 2025 году:

- в зоне 1-й поголовье увеличится на 4,1% — с 47 млн до 49 млн голов;
- в зоне 2-й поголовье увеличится на 6,6% — с 217,4 млн до 219,2 млн голов;
- в зоне 3-й поголовье уменьшится на 5,7% — с 111 758,6 тыс. до 105 321,8 тыс. голов (рис. 3).

В зоне 1-й статистические показатели по мясу в живом весе на убой за 2021 год (1077,9 тыс. т) превышают целевые показатели из Региональных программ на 2021 год (983,6 тыс. т) и целевые показатели из Региональных программ на 2025 год (1036,4 тыс. т). Данный факт говорит о том, что отрасль уже нарастила требуемую мощность и что существенных изменений в технологиях переработки свиного навоза и куриного помета не планируется. По мнению авторов, развитие будет продолжаться дальше в соответствии с экологическим законодательством и наилучшими доступными технологиями (НДТ).

В зоне 2-й при увеличении поголовья свиней на 5,9%, поголовья сельскохозяйственной птицы на 6,6% с 2021 по 2025 год целевой показатель из Региональных программ на 2025 год выше, чем на 2021 год, на 7,9% (10 854,6 тыс. т в год в 2021 году, 11 716,5 тыс. т в год в 2025 году).

Статистические значения за 2021 год (11 380 тыс. т) превосходят целевые показатели на 2021 год (10 845 тыс. т) и на 2,9% превышают плановые на 2025 год (11 716,5 тыс. т).

В зоне 3-й при увеличении поголовья свиней на 4% и снижении поголовья сельскохозяйственной птицы на 5,7% с 2021 по 2025 год целевой показатель из Региональных программ на 2025 год выше, чем на 2021 год, на 3,2% (2621,3 тыс. т в год в 2021 году, 2778,7 тыс. т в год в 2025 году).

Статистические значения за 2021 год (2642,4 тыс. т) превосходят целевые показатели на 2021 год (2621,3 тыс. т) и только на 1,9% превышают целевые показатели на 2025 год (2778,7 тыс. т) (рис. 4).

Рис. 1. Типы получаемого навоза (помета)
Fig. 1. Types of generated animal and poultry manure

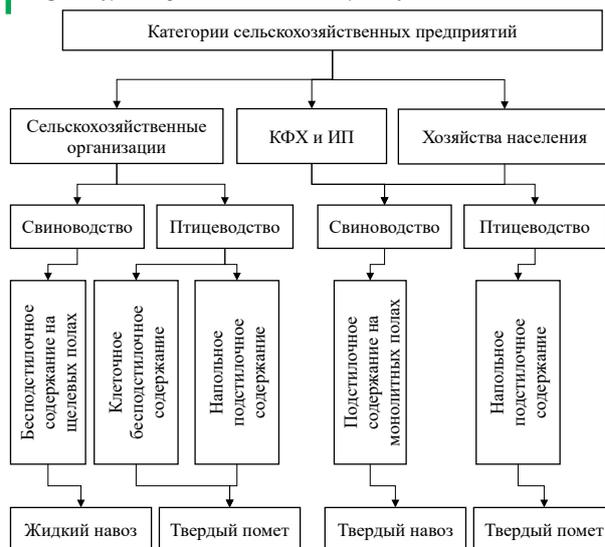


Рис. 2. Поголовье свиней в РФ¹³
Fig. 2. The pig stock in the Russian Federation

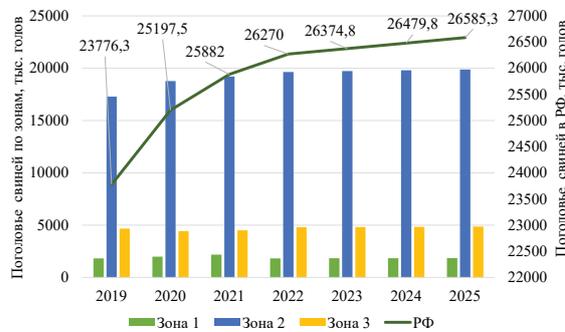


Рис. 3. Поголовье сельскохозяйственной птицы в РФ, 2019–2025¹³
Fig. 3. The poultry stock in the Russian Federation, 2019–2025

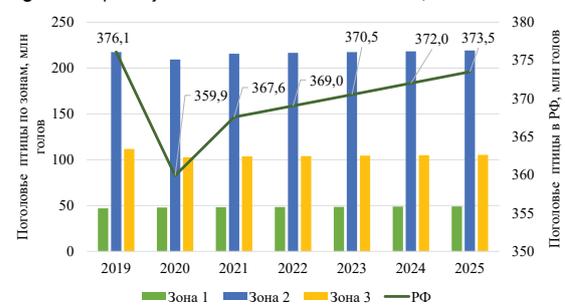
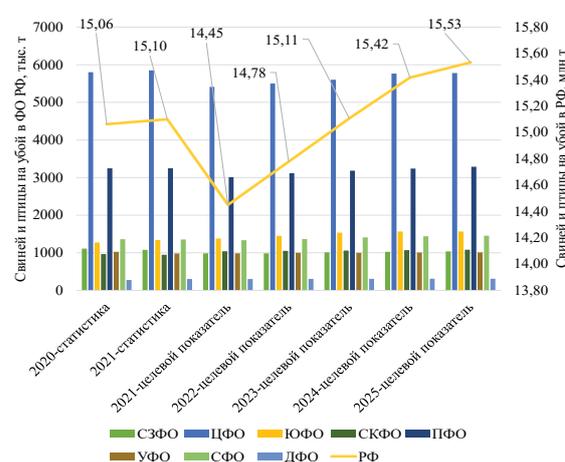


Рис. 4. Произведено свиней и сельскохозяйственной птицы на убой в РФ¹³
Fig. 4. Pigs and poultry produced for slaughter in the Russian Federation



¹³ Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://fedstat.ru/indicator/33915>

Для получения распределения переработанного навоза и помета по влажности были проанализированы технологии переработки, относящиеся к каждому типу навоза (помета). Для возможности использования методов расчета МГЭИК полученные результаты были соотнесены с системами хранения навоза (помета) «Сухое» и «Жидкое» из этих методик (рис. 5).

Система хранения навоза (помета) «Сухое» включает в себя следующие технологии: пассивное компостирование, сухое хранение, сушка и грануляция, хранение навалом, биоферментация, активное компостирование. Система хранения навоза «Жидкое» включает в себя следующие технологии: длительное выдерживание жидкого навоза и длительное выдерживание жидкой фракции навоза.

В зоне 1-й к 2025 году не меняется процент распределения технологий переработки свиного навоза: технология выдерживания жидкой фракции навоза — 45%, технология длительного выдерживания жидкого навоза — 36%, технология пассивного компостирования твердой фракции навоза — 19%.

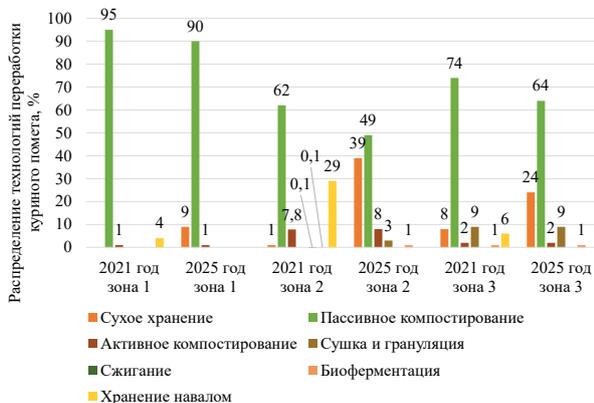
В зоне 2-й к 2025 году процент применения технологии длительного выдерживания жидкой фракции свиного навоза увеличится с 23 до 28%.

В зоне 3-й к 2025 году процент применения технологии длительного выдерживания свиного навоза

Рис. 6. Распределение технологий переработки свиного навоза в РФ
Fig. 6. Distribution of pig slurry processing technologies in the Russian Federation



Рис. 7. Распределение технологий переработки куриного помета в РФ
Fig. 7. Distribution of poultry manure processing technologies in the Russian Federation



¹⁴ Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг. М.: Росгидромет, ФГБУ «ИГКЭ». 2023; 479.

¹⁵ Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 № 20-р «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов». — URL https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219634/?ysclid=lvxl44pg3i425790203

Рис. 5. Схема соотнесения типа навоза к типу хранения
Fig. 5. Scheme for correlating the manure type to the storage type



увеличится с 53 до 59 за счет уменьшения доли подстильного навоза и снижения процента пассивного компостирования.

Расчет выполнен с учетом массы перерабатываемого навоза (помета) по каждой технологии переработки (рис. 6).

В зоне 1-й к 2025 году процент применения технологии пассивного компостирования куриного помета снизится с 95 до 90; доля технологии «Сухое хранение» увеличится до 9%.

В зоне 2-й к 2025 году процент применения технологии пассивного компостирования куриного помета снизится с 62 до 49; доля технологии «Сухое хранение» увеличится до 39%.

В зоне 3-й к 2025 году процент применения технологии пассивного компостирования куриного помета снизится с 74 до 64; доля технологии «Сухое хранение» увеличится до 24% (рис. 7).

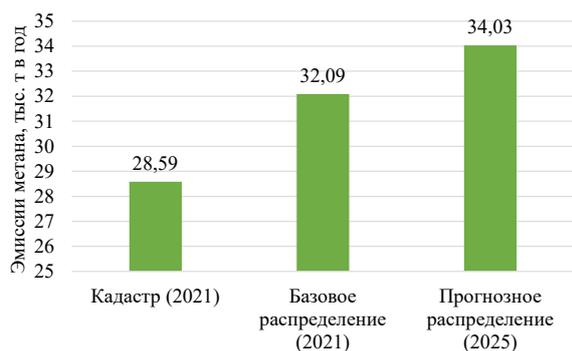
С учетом прогнозных оценок обновлено соотношение основных технологий переработки свиного навоза и куриного помета (табл. 5.12 Национального доклада о кадастре¹⁴). Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Соотношение основных типов систем переработки свиного навоза и куриного помета
Table 1. Relationship between the main types of pig manure and poultry manure processing systems

Категория животных (птицы)	Тип системы хранения навоза (помета)			Кадастр / 2025 г.
	Жидкое хранение	Сухое хранение	Пастбища и выпасы	
	Кадастр	2025 г.	Кадастр	2025 г.
Зона 1-я — СЗФО				
Свиньи	81	81	19	19
Сельскохозяйственная птица	0	0	93,5	93,5
Зона 2-я — ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО				
Свиньи	90	89	10	11
Сельскохозяйственная птица	0	0	93,5	93,5
Зона 3-я — СФО, УФО и ДФО				
Свиньи	84	92	16	8
Сельскохозяйственная птица	0	0	93,5	93,5

Рис. 8. Эмиссии метана от систем переработки свиного навоза в зоне 3-й

Fig. 8. Methane emissions from pig slurry processing systems in Zone 3



Анализ полученных результатов показывает, что при делении всех возможных вариантов технологий на системы «Сухое» и «Жидкое», согласно методике МГЭИК, существенные отличия будут наблюдаться только по свиноводству в 3-й зоне, включающей СФО, УФО и ДФО. Поэтому именно для этих регионов выполнен расчет для базового распределения технологий и прогнозного распределения технологий на 2025 год по эмиссии парниковых газов в пересчете на CO₂-эквивалент¹⁵. Расчеты эмиссии метана от систем переработки свиного навоза показаны на рисунке 8. Расчеты эмиссии закиси азота от систем переработки свиного навоза показаны на рисунке 9.

Прямой выброс закиси азота и метана в зоне 3-й (СФО, УФО и ДФО) в пересчете на CO₂-эквивалент, по данным кадастра, составляет 752,4 тыс. т в год при расчете на основании данных по базовому распределению технологий (2021 г.) 1038 тыс. т в год; при расчете на основании данных по прогнозируемому распределению технологий (2025 г.) — 1110 тыс. т в год.

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

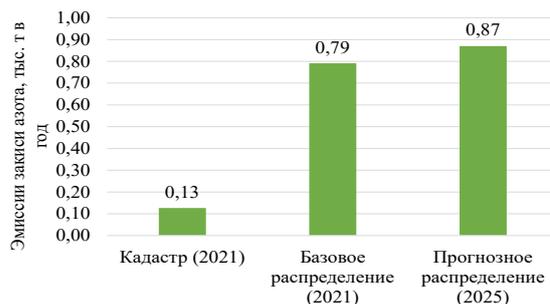
Исследование выполнено в рамках Рабочей программы ИАЭП — филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на 2023 г. FGUN-2022-0010 «Разработать экологически чистые технологии, комплексы машин и оборудование для управления сельскохозяйственными экосистемами при интенсивном и органическом производстве сельскохозяйственной продукции».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Polumieva P.D., Trunov A.A., Vertyankina V.Yu., Karaban R.T. Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for managed lands in the Russian Federation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2020; 25(8): 661–687. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09885-2>
- Строков А., Депперманн А., Поташников В., Романовская А., Гавлик П. Проблемы адаптации аграрной политики России к целям устойчивого развития. *Экономическая политика*. 2020; 15(6): 140–165. <https://elibrary.ru/iakaze>
- Строков А.С. Эмиссия парниковых газов при производстве растениеводческой продукции. *Вестник Российской академии наук*. 2021; 91(3): 265–272. <https://doi.org/10.31857/S0869587321030099>
- Genstwa N., Zmysłona J. Greenhouse Gas Emissions Efficiency in Polish Agriculture. *Agriculture*. 2024; 14(1): 56. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010056>
- Višković M.I., Đatkov Đ.M., Nesterović A.Ž., Martinov M.L., Cvetković S.M. Manure in Serbia — quantities and greenhouse gas emissions. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*. 2022; 67(1): 29–46. <https://doi.org/10.2298/JAS2201029V>
- Wu J.-P., Li M.-L., Wang Y., Lin S., Hu R.-G., Xiang R.-B. Impact of bentonite on greenhouse gas emissions during pig manure composting and its subsequent application. *Journal of Environmental Management*. 2023; 344: 118453. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118453>

Рис. 9. Эмиссии закиси азота от систем переработки свиного навоза в зоне 3-й

Fig. 9. Nitrous oxide emissions from pig slurry processing systems in Zone 3



Выводы/Conclusions

В целом в птицеводстве Российской Федерации увеличивается доля системы хранения помета «Сухое хранение» (по методике МГЭИК) — длительное выдерживание сухого помета на специализированной гидроизолированной площадке, заменяя технологию хранения «Навалом» на полевой площадке, которая запрещена Федеральным законом № 248-ФЗ.

В свиноводстве Российской Федерации идет тенденция к разделению свиного навоза на фракции, что приводит к росту объемов переработки жидкой фракции навоза методом длительного выдерживания и увеличением доли технологии пассивного компостирования. При этом снижаются объемы переработки неразделенного свиного навоза.

Результаты расчета эмиссии закиси азота и метана в пересчете на CO₂-эквивалент показали, что расчетные значения выбросов парниковых газов в зоне 3-й превышают значения, отраженные в Национальном кадастре.

Результаты исследования показали необходимость пересмотра практики применения технологий переработки навоза (помета) для снижения выбросов парниковых газов в зоне 3-й.

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 performed within the framework of the Working Program of IEEP — branch of FSAC VIM for 2023 FGUN-2022-0010 “To develop environmentally friendly technologies, complexes of machinery and equipment for managing agricultural ecosystems in the intensive and organic agricultural production”.

REFERENCES

- Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Polumieva P.D., Trunov A.A., Vertyankina V.Yu., Karaban R.T. Greenhouse gas fluxes and mitigation potential for managed lands in the Russian Federation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2020; 25(8): 661–687. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09885-2>
- Strokov A., Deppermann A., Potashnikov V., Romanovskaya A., Havlik P. Problems of agricultural policy adaptation within sustainable development goals. *Economic Policy*. 2020; 15(6): 140–165 (in Russian). <https://elibrary.ru/iakaze>
- Strokov A.S. Greenhouse gas emissions in crop production. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2021; 91(3): 265–272 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869587321030099>
- Genstwa N., Zmysłona J. Greenhouse Gas Emissions Efficiency in Polish Agriculture. *Agriculture*. 2024; 14(1): 56. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010056>
- Višković M.I., Đatkov Đ.M., Nesterović A.Ž., Martinov M.L., Cvetković S.M. Manure in Serbia — quantities and greenhouse gas emissions. *Journal of Agricultural Sciences, Belgrade*. 2022; 67(1): 29–46. <https://doi.org/10.2298/JAS2201029V>
- Wu J.-P., Li M.-L., Wang Y., Lin S., Hu R.-G., Xiang R.-B. Impact of bentonite on greenhouse gas emissions during pig manure composting and its subsequent application. *Journal of Environmental Management*. 2023; 344: 118453. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118453>

7. Kreidenweis U., Breier J., Herrmann C., Libra J., Prochnow A. Greenhouse gas emissions from broiler manure treatment options are lowest in well-managed biogas production. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 280(2): 124969. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124969>
8. Bao M., Cui H., Lv Y., Wang L., Ou Y., Hussain N. Greenhouse gas emission during swine manure aerobic composting: Insight from the dissolved organic matter associated microbial community succession. *Bioresource Technology*. 2023; 373: 128729. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128729>
9. Zhu Z., Li L., Dong H., Wang Y. Ammonia and Greenhouse Gas Emissions of Different Types of Livestock and Poultry Manure During Storage. *Transactions of the ASABE*. 2020; 63(6): 1723–1733. <https://doi.org/10.13031/trans.14079>
10. Yang Y. *et al.* Effects of dicyandiamide, phosphogypsum and superphosphate on greenhouse gas emissions during pig manure composting. *Science of The Total Environment*. 2022; 846: 157487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157487>
11. Wang C. *et al.* Reduction in net greenhouse gas emissions through a combination of pig manure and reduced inorganic fertilizer application in a double-rice cropping system: Three-year results. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022; 326: 107799. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107799>
12. Parodi A., Gerrits W.J.J., Van Loon J.J.A., De Boer I.J.M., Aarnink A.J.A., Van Zanten H.H.E. Black soldier fly reared on pig manure: Bioconversion efficiencies, nutrients in the residual material, greenhouse gas and ammonia emissions. *Waste Management*. 2021; 126: 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.001>
13. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Кузнецова М.Е., Звонков Н.К. Переработка отходов животноводческих предприятий. *Научные труды КубГУ*. 2019; 3: 864–873. <https://elibrary.ru/vhvnfm>
14. Липка О.Н., Романовская А.А., Семенов С.М. Прикладные аспекты адаптации к изменениям климата в России. *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2020; 1: 65–90. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2020-1-65-90>
15. Чекмарев П.А., Родионов В.Я., Лукин С.В. Опыт использования органических удобрений в Белгородской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2011; 2: 3–4. <https://elibrary.ru/ntldwv>
16. Власов В.А., Воронов Г.Е. Некоторые теоретические и практические проблемы, возникающие при обращении с жидкими отходами продукции животноводства (часть первая). *Право и государство: теория и практика*. 2022; 3: 205–209. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2022_3_205
17. Гузь Л.В., Петров И.Б. Об использовании отходов животноводства при осуществлении экономической деятельности. *Твердые бытовые отходы*. 2021; 1: 56–59. <https://elibrary.ru/disdvq>
18. Шалавина Е.В., Васильев Э.В., Папушин Э.А. Анализ технологий переработки отходов животноводства в различных природно-климатических условиях России. *АгроЭкоИнженерия*. 2023; 3: 110–124. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-3116-110-123>

ОБ АВТОРАХ

Александр Юрьевич Брюханов
директор, член-корреспондент РАН,
доктор технических наук
sznii@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>

Екатерина Викторовна Шалавина
старший научный сотрудник, кандидат технических наук
shalavinaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

Эдуард Вадимович Васильев
ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук
sznii6@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>

Институт агроинженерных и экологических проблем
сельскохозяйственного производства — филиал Федерального научного
агроинженерного центра ВИМ,
Филътровское шоссе, 3, пос. Тярлево, Санкт-Петербург, 196634, Россия

7. Kreidenweis U., Breier J., Herrmann C., Libra J., Prochnow A. Greenhouse gas emissions from broiler manure treatment options are lowest in well-managed biogas production. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 280(2): 124969. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124969>
8. Bao M., Cui H., Lv Y., Wang L., Ou Y., Hussain N. Greenhouse gas emission during swine manure aerobic composting: Insight from the dissolved organic matter associated microbial community succession. *Bioresource Technology*. 2023; 373: 128729. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128729>
9. Zhu Z., Li L., Dong H., Wang Y. Ammonia and Greenhouse Gas Emissions of Different Types of Livestock and Poultry Manure During Storage. *Transactions of the ASABE*. 2020; 63(6): 1723–1733. <https://doi.org/10.13031/trans.14079>
10. Yang Y. *et al.* Effects of dicyandiamide, phosphogypsum and superphosphate on greenhouse gas emissions during pig manure composting. *Science of The Total Environment*. 2022; 846: 157487. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157487>
11. Wang C. *et al.* Reduction in net greenhouse gas emissions through a combination of pig manure and reduced inorganic fertilizer application in a double-rice cropping system: Three-year results. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022; 326: 107799. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107799>
12. Parodi A., Gerrits W.J.J., Van Loon J.J.A., De Boer I.J.M., Aarnink A.J.A., Van Zanten H.H.E. Black soldier fly reared on pig manure: Bioconversion efficiencies, nutrients in the residual material, greenhouse gas and ammonia emissions. *Waste Management*. 2021; 126: 674–683. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.001>
13. Kuznetsov E.V., Khadzidi A.E., Kuznetsova M.E., Zvonkov N.K. Processing of waste of animal enterprises. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*. 2019; 3: 864–873 (in Russian). <https://elibrary.ru/vhvnfm>
14. Lipka O.N., Romanovskaya A.A., Semenov S.M. Applied aspects of adaptation to climate change in Russia. *Fundamental and Applied Climatology*. 2020; 1: 65–90 (in Russian). <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2020-1-65-90>
15. Chekmarev P.A., Rodionov V.Ya., Lukin S.V. Experience with organic fertilizers in Belgorod region. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2011; 2: 3–4 (in Russian). <https://elibrary.ru/ntldwv>
16. Vlasov V.A., Voronov G.E. Some theoretical and practical problems that arise when handling liquid waste from livestock products (Part one). *Law and State: the theory and practice*. 2022; 3: 205–209 (in Russian). https://doi.org/10.47643/1815-1337_2022_3_205
17. Guz L.V., Petrov I.B. On the use of livestock waste in economic activities. *Tverdye bytovyye otkhody*. 2021; 1: 56–59 (in Russian). <https://elibrary.ru/disdvq>
18. Shalavina E.V., Vasiliev E.V., Papushin E.A. Analysis of technologies for processing animal waste in different natural and climatic conditions of Russia. *AgroEcoEngineering*. 2023; 3: 110–124 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2023-3116-110-123>

ABOUT THE AUTHORS

Aleksandr Yuryevich Briukhanov
Director, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
Doctor of Technical Sciences (Engineering)
sznii@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4963-3821>

Ekaterina Viktorovna Shalavina
Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences
shalavinaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7345-1510>

Eduard Vadimovich Vasilev
Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences
sznii6@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5910-5793>

Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural
Production — branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
3 Filitrovskoe highway, village Tyarlevo, St. Petersburg, 196634, Russia

М.В. Якименко
И.Ю. Татаренко
А.И. Сорокина ✉

Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия

✉ aziradot@mail.ru

Поступила в редакцию: 02.02.2024

Одобрена после рецензирования: 02.06.2024

Принята к публикации: 17.06.2024

Maria V. Yakimenko
Igor Yu. Tatarenko
Arina I. Sorokina ✉

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk, Russia

✉ aziradot@mail.ru

Received by the editorial office: 02.02.2024

Accepted in revised: 02.06.2024

Accepted for publication: 17.06.2024

Культурально-физиологическая характеристика штаммов *Sinorhizobium fredii* селекции ВНИИ сои и их способность продуцировать витамины B_9 и B_{12}

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Микроорганизмы, стимулирующие рост растений (PGPB), в том числе и ризобии, с помощью различного физиологического, молекулярного и биохимического воздействий улучшают продуктивность растений. Из вышеперечисленных факторов наименее изучена роль витаминов. Для оценки способности ризобий продуцировать витамины B_9 и B_{12} были отобраны штаммы вида *Sinorhizobium fredii*, которые представляют собой однородную группу и имели хороший и обильный рост биомассы на различных питательных средах.

Методы. Культурально-физиологические свойства штаммов изучали общепринятыми лабораторными микробиологическими методами. Пересевы коллекционных штаммов ризобий, изучение различных свойств этих бактерий проводили на питательной среде МДА и МРС, а также на производственных питательных средах RM и TY производства фирмы HIMEDIA (Индия). Определение чувствительности штаммов *S. fredii* к антибиотикам проводили диско-диффузным методом. Содержание в бактериальной массе ризобий витаминов B_9 и B_{12} определяли хемилюминесцентным иммунным методом с использованием иммунохимических систем Access на хемилюминесцентном анализаторе Access2.

Результаты. Установлено, что изучаемые штаммы *S. fredii* имеют хороший или обильный рост бактериальной массы на питательных средах МРС, МДА, RM и TY. Они каталазоположительные, обладают высокой и средней устойчивостью к АБП. Наибольшую концентрацию витамина B_9 в биомассе синтезировали штаммы СБ-39 (75,0 пг/мл), ББ-49 (66,6 пг/мл) и ТБ-488 (48,9 пг/мл), а витамина B_{12} — штаммы ББ-49, СБ-39 (1500 пг/мл).

Ключевые слова: ризобии, витамины, культуральные свойства, питательные среды, антибиотики

Для цитирования: Якименко М.В., Татаренко И.Ю., Сорокина А.И. Культурально-физиологическая характеристика штаммов *Sinorhizobium fredii* селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои и их способность продуцировать витамины B_9 и B_{12} . *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 166–169.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-166-169>

© Якименко М.В., Татаренко И.Ю., Сорокина А.И.

Cultural and physiological characteristics of *Sinorhizobium fredii* strains selected by the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean and their ability to produce vitamins B_9 and B_{12}

ABSTRACT

Relevance. Microorganisms that stimulate plant growth (PGPB), including rhizobia, improve plant productivity through various physiological, molecular and biochemical effects. Of the above factors, the role of vitamins has been studied to a lesser extent. For assessing the ability of rhizobia to produce vitamins B_9 and B_{12} , *Sinorhizobium fredii* strains were selected, which represent a homogeneous group and had good and abundant biomass growth on various nutrient media.

Methods. The cultural and physiological properties of the strains were studied using generally accepted laboratory microbiological methods. Passages of collection strains of rhizobia and the study of various properties of these bacteria were carried out on nutrient media MDA and MRS, and on production nutrient media RM and TY produced by HIMEDIA company (India). Determination of the sensitivity of *S. fredii* strains to antibiotics was carried out using the disc diffusion method. The content of vitamins B_9 and B_{12} in the bacterial mass of rhizobia was determined by the chemiluminescent immune method with the use of paramagnetic particles, and by applying immunochemical Access systems, on the chemiluminescence analyzer Access2.

Results. It was found that the studied strains *S. fredii* have good or abundant growth of bacterial mass on nutrient media MRS, MDA, RM and TY. They are catalase-positive, have high and medium resistance to antibiotics. The highest concentration of vitamin B_9 in biomass was synthesized by strains SB-39 (75.0 pg/ml), BB-49 (66.6 pg/ml) and TB-488 (48.9 pg/ml), and vitamin B_{12} — by strains BB-49 and SB-39 (1500 pg/ml).

Key words: rhizobia, vitamin B_9 , vitamin B_{12} , cultural properties, nutrient media, antibiotics, catalase

For citation: M.V. Yakimenko, I.Yu. Tatarenko, A.I. Sorokina. Cultural and physiological characteristics of *Sinorhizobium fredii* strains (selected by the All-Russian Scientific Research Institute of Soybean and their ability to produce vitamins B_9 and B_{12}). *Agrarian science*. 2024; 384(7): 166–169 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-166-169>

© M.V. Yakimenko, I.Yu. Tatarenko, A.I. Sorokina

Введение/Introduction

Микроорганизмы вносят фундаментальный вклад в рост и развитие растений, влияя на них с помощью множества физиологических, молекулярных и биохимических путей [1–3].

Витамины — один из факторов, который участвует во взаимодействиях между растениями и ризосферными микроорганизмами [4–6], так как витамины являются необходимыми кофакторами в различных метаболических путях [7, 8], вызывают устойчивость к патогенам, стимулируют рост растений, участвуют в преобразовании энергии в растении и служат антиоксидантами [9, 10].

Некоторые виды растений, в частности соя, горох, фасоль, люцерна и др., не могут вырабатывать определенную часть витаминов, которые необходимы им для своего метаболизма, но с помощью своих молекулярных механизмов используют витамины, синтезированные почвенными микроорганизмами, в том числе ризобиями [11–13].

Испанский ученый J.J. Ravillas с соавт. предположил, что синтез витаминов группы В почвенными микроорганизмами и их экзогенное влияние на клеточные функции растений являются одним из положительных факторов воздействия этих бактерий на растение [14, 15]. Наиболее известный фактор — это выработка кобаламина (витамина B_{12}) ризобиями и их связь с ростом бобовых [16, 17].

Кобаламин участвует в процессе азотфиксации, необходим для выработки хлорофилла, обеспечивает нормальное усваивание веществ и метаболизм, ускоряет рост, насыщает клетки кислородом, приходит на помощь в длительные дождливые или пасмурные периоды, когда растения страдают от недостатка солнечного света [18, 19].

Витамин B_9 (фолиевая кислота) играет важную роль в метаболических процессах растений. Участвует в синтезе нуклеиновых кислот и аминокислот, а также в процессах деления и роста клеток, играет решающую роль в процессе фотосинтеза, стимулирует рост растений, повышает их устойчивость к стрессу и болезням. Кроме того, фолиевая кислота способствует развитию крепкой и здоровой растительной ткани, улучшает качество урожая [20, 21].

Многими исследователями установлено, что штаммы одного и того же вида микроорганизма могут различаться по количеству выработки витаминов [22–24].

Цель исследований — изучить культурально-физиологические свойства чистых культур штаммов *Sinorhizobium fredii* и их способность синтезировать витамины B_{12} и B_9 .

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Микробиологические исследования проводили в лаборатории биологических исследований Всероссийского научно-исследовательского института сои в 2020–2023 гг. в соответствии с рекомендациями С.А. Бегуна (2005 г.)¹ с использованием классификатора бактерий

Берджи². Объектом исследования были штаммы ризобий вида *S. fredii* (ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, ЗБ-79, 062), взятые из коллекции чистых культур ризобий ФНЦ ВНИИ сои³. В качестве стандарта использовали типовой штамм 5851 *S. fredii* из коллекции микроорганизмов и клеточных культур Института Лейбница (DSMZ, Германия). Изучение различных свойств этих бактерий проводили на питательной среде МДА (маннито-дрожжевой агар) следующего состава, г/л: K_2HPO_4 — 0,5; $MgSO_4$ — 0,2; $CaCO_3$ — 0,1; NaCl — 0,1; маннит — 10,0; агар-агар — 20,0; дрожжевой экстракт — 2,0; на минерально-растительной среде (МРС) с соевой мукой следующего состава, г/л: K_2HPO_4 — 0,5; KH_2PO_4 — 0,5; $MgSO_4$ — 0,1; $CaSO_4$ — 0,1; NaCl — 0,2; соль молибдена — следы; маннит — 20,0; соевая мука — 10,0; агар-агар — 20,0; на производственных микробиологических средах Rhizobium Medium (RM) следующего состава, г/л: маннитол — 10,0; K_2HPO_4 — 0,50; $MgSO_4$ — 0,20; NaCl — 0,10; агар — 20,0; дрожжевой экстракт 1,0 и Tryptone Glucose Yeast Extract Agar (TY) (HIMEDIA, Индия).

Для контроля чистоты бактериальной культуры использовали мясопептонный агар (МПА) следующего состава, г/л: агар сухой питательный — 20,0; агар-агар — 10,0. Каждый штамм оценивали визуально по показателям интенсивности роста, окраске и консистенции штриха. Интенсивность роста штриха ризобий определяли по 4-балльной шкале: 0 — нет роста; 1 — слабый; 2 — умеренный; 3 — хороший; 4 — обильный⁴.

Для определения каталазной активности в пробирке с культурой ризобий, выросшей на среде МРС, вносили 1 мл 3%-ной перекиси водорода и смотрели за образованием пузырьков. По интенсивности образования пузырьков кислорода в пробирках с чистой культурой ризобий оценивали каталазную активность штамма — высокая (+++), средняя (++) , умеренная (+) и ее отсутствие (–)⁴.

Определение чувствительности штаммов *S. fredii* к антибиотикам проводили диско-диффузным методом⁵, содержание в бактериальной массе ризобий витаминов B_{12} и B_9 — хемилюминесцентным иммунным методом с использованием парамагнитных частиц, с использованием иммунохимических систем Access (США) на хемилюминесцентном анализаторе Access2 фирмы Beckman Coulter (США) в клинико-диагностической лаборатории Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания (ДНЦ ФПД).

Статистическую обработку проводили с помощью программы BioStat, версия 7.6.5 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В серии лабораторных опытов в 2023 году изучали способность чистых культур *S. fredii* синтезировать витамины группы В, в частности B_9 , B_{12} . Для исследования были взяты штаммы ББ-49, СБ-39, СБ-43, ТБ-422, ТБ-488, ТБ-490, ТБ-496, ЗБ-79, 062, показавшие обильный рост бактериальной массы на различных питательных средах.

В качестве стандарта использовали типовой штамм 5851 *S. fredii* из коллекции микроорганизмов и клеточных

¹ Бегун С.А. Способы, приемы изучения и отбора эффективных штаммов клубеньковых бактерий сои. Методы аналитической селекции: метод рекомендации. Благовещенск: ПКИ «Зоя». 2005; 70.

² Identification of bacteria Bergii: V 2-Kh t. [Text]: Transl. from Engl / M.: The world. 1997; 2: 368.

³ Коллекция чистых культур ризобий ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои входит в состав структурного подразделения (лаборатории биологических исследований) и специализируется на поддержании непатогенных клубеньковых бактерий сои — симбионтов сои. Официальный акроним коллекции ARSRIS_MIC, регистрационный номер в информационной системе «Парус» 820.00.У5615.

⁴ МР 2.3.2.2327-08 Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности (с атласом значимых микроорганизмов) МР (Методические рекомендации) от 07.02.2008 № 2.3.2.2327-08.

⁵ Клинические рекомендации. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам. Версия-2015-02.

культур Института Лейбница (DSMZ, Германия). Все изучаемые штаммы росли на МПА, имели обильный или хороший рост на различных питательных средах и были каталазоположительными, за исключением штаммов ТБ-422 и ТБ-496 (табл. 1). Все штаммы не сильно различались между собой окраской и консистенцией штриха и в основном имели прозрачно-белый или прозрачно-кремовый цвет штриха маслообразной, сметанообразной или сливкообразной консистенции.

Проведенная оценка чувствительности штаммов к антибиотикам показала, что штаммы 062, СБ-39 и СБ-43 имели высокую степень антибиотикорезистентности. Штамм 062 был устойчив к 6 антибиотикам, а штаммы СБ-39 и СБ-43 — к 5 (табл. 2). Остальные изучаемые штаммы имели среднюю степень чувствительности к антимикробным препаратам.

Все изучаемые штаммы, включая типовой, продуцировали витамины B_9 , B_{12} . Концентрация витамина B_9 в бактериальной массе типового штамма *S. fredii* 5851 составила 7,9 пг/мл (рис. 1).

По количеству производимого витамина B_9 аборигенные штаммы превзошли типовой. И если концентрация витамина B_9 в биомассе штамма ТБ-496 была на 2 пг/мл выше, чем у типового, то в биомассе остальных изучаемых штаммов этот показатель превысил типовой в 4 (ЗБ-79) — 9,6 (СБ-39) раза. Так, концентрация витамина B_9 в биомассе штамма ББ-49 составляла 66,6 пг/мл, что выше концентрации этого витамина у типового штамма в 8,4 раза. В биомассе штамма ТБ-490 количество

Таблица 2. Чувствительность штаммов ризобий сои *S. fredii* к антибиотикам, 2023 г.

Table 2. Sensitivity of soybean rhizobia strains *S. fredii* to antibiotics, 2023

Штамм	Антибиотические препараты					
	Налидиксовая кислота	карбенциллин	стрептомицин	эритромицин	рифампицин	тетрациклин
5851 типовой	R	R	S	R	I	HS
СБ-39	R	R	R	R	R	S
СБ-43	R	R	R	R	R	S
ТБ-422	S	S	R	S	R	S
ББ-49	R	I	R	S	R	S
ТБ-488	I	I	R	R	R	I
ТБ-490	R	R	I	S	R	R
ТБ-496	R	I	R	R	I	S
062	R	R	R	R	R	R
ЗБ-79	S	R	I	I	R	I

Примечание: R — резистентные, I — умеренно резистентные, S — чувствительные, HS — высокочувствительные.

Таблица 1. Отдельные физиолого-биохимические свойства штаммов ризобий сои *S. fredii*, 2020–2023 гг.

Table 1. Selected physiological and biochemical properties of soybean rhizobia strains *S. fredii*, 2020–2023

Штамм	Происхождение, культура, сроки выделения	Активность каталазы	Показатели роста штамма на 7-е сутки после посева на питательную среду				Рост на МПА	Культуральная характеристика штаммов, 180-е сутки после посева на МДА	
			МДА	МРС	RM	TY		Окраска штриха	Консистенция штриха
5851 типовой	Германия, Институт Лейбница, DSMZ, 2020 г.	+	4	3	4	2	+	прозрачно-белая	маслообразная
СБ-39	Амурская обл., Свободненский р-н, с. Буссе, сорт Октябрь 70, 1991 г.	+++	4	4	4	3	+	топленое молоко	маслообразная
СБ-43	Амурская обл., Свободненский р-н, с. Буссе, сорт Октябрь 70, 1991 г.	++	4	4	3	3	+	Прозрачно-бесцветная	вязкая
ББ-49	Амурская обл., Благовещенск, дикая соя, 1992 г.	+++	4	4	4	3	+	прозрачно-кремовая	сметанообразная
ТБ-422	Амурская обл., Тамбовский р-н, с. Садовое, соя Гибрид 260, 1994 г.	-	4	4	4	3	+	молочно-белая	маслообразная
ТБ-488	Амурская обл., Тамбовский р-н, с. Садовое, сорт Октябрь 70, 1998 г.	++	4	4	4	4	+	прозрачно-кремовая	маслообразная
ТБ-490	Амурская обл., Тамбовский р-н, с. Садовое, сорт Октябрь 70, 1998 г.	+++	4	4	4	3	+	молочно-белая	сливкообразная
ТБ-496	Амурская обл., Тамбовский р-н, с. Садовое, сорт Октябрь 70, 1998 г.	-	4	4	4	3	+	молочно-белая	сливкообразная
062	Китай, г. Удалянци, культурная соя, 2005 г.	+	4	4	3	3	+	прозрачно-кремовая	сметанообразная
ЗБ-79	Амурская обл., г. Зяя, дикая соя, 2007 г.	+	4	4	3	3	+	прозрачно-кремовая	маслообразная

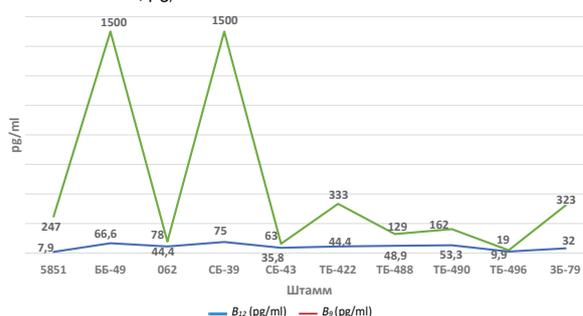
Примечание: активность каталазы: +++ — высокая, ++ — средняя, + — умеренная, - — отсутствует; рост штриха (баллы): 4 — обильный, 3 — хороший, 2 — умеренный, 1 — слабый, 0 — нет роста.

вырабатываемого витамина B_9 по сравнению с типовым было выше в 6,8 раза (53,3 пг/мл), в биомассе штамма ТБ-488 — в 6,2 раза (48,9 пг/мл), в биомассе штамма ТБ-422 и ТБ-062 — в 5,6 раза (44,4 пг/мл).

Показатели концентрации витамина B_{12} в бактериальной массе изучаемых штаммов варьировали в более широких пределах. Минимальная концентрация витамина B_{12} (19 пг/мл) отмечена у штамма ТБ-496. У типового штамма *S. fredii* 5851 количество вырабатываемого витамина составило 247 пг/мл. У штаммов ТБ-422 и ЗБ-79 синтез витамина B_{12} был выше в среднем в 1,4 раза, чем у типового (333 пг/мл и 323 пг/мл

Рис. 1. Концентрация витаминов B_9 и B_{12} в биомассе изучаемых штаммов *S. fredii*, пг/мл

Fig. 1. Concentration of vitamins B_9 and B_{12} in the biomass of the studied *S. fredii* strains, pg/ml



соответственно). Наибольшую концентрацию B_{12} в биомассе (1500 пг/мл) показали штаммы ББ-49, СБ-39.

Выводы/Conclusions

В результате исследований установлено, что изучаемые штаммы *S. fredii* представляют собой однородную группу микроорганизмов, имеют хороший или обильный рост бактериальной массы на питательных средах

МРС, МДА, РМ и ТУ, высокую и среднюю устойчивость к антибактериальным препаратам и являются каталазо-положительными.

Все исследуемые штаммы *S. fredii*, включая типовой, синтезируют витамины B_9 и B_{12} . Наибольшая концентрация витамина B_9 отмечена в биомассе штаммов СБ-39 (75,0 пг/мл), ББ-49 (66,6 пг/мл), ТБ-488 (48,9 пг/мл), витамина B_{12} — штаммов ББ-49, СБ-39 (по 1500 пг/мл).

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 / REFERENCES

- Singh D., Ghosh P., Kumar J., Kumar A. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPRs): Functions and Benefits. Singh D., Gupta V., Prabha R. (eds.). *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*. Singapore: Springer. 2019; 2: 205–227. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8383-0_7
- Palacios O.A., Bashan Y., de-Bashan L.E. Proven and potential involvement of vitamins in interactions of plants with plant growth-promoting bacteria — an overview. *Biology and Fertility of Soils*. 2013; 50(1): 140–158. <https://doi.org/10.1007/s00374-013-0894-3>
- Cronan J.E., Littell K.J., Jackowski S. Genetic and biochemical analyses of pantothenate biosynthesis in *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*. *Journal of Bacteriology*. 1982; 149(3): 916–922. <https://doi.org/10.1128/jb.149.3.916-922.1982>
- Balabanova L., Averianova L., Marchenok M., Son O., Tekutyeva L. Microbial and Genetic Resources for Cobalamin (Vitamin B_{12}) Biosynthesis: From Ecosystems to Industrial Biotechnology. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(9): 4522. <https://doi.org/10.3390/ijms22094522>
- Bernhardt C., Zhu X., Schütz D., Fischer M., Bisping B. Cobalamin is produced by *Acetobacter pasteurianus* DSM 35099. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019; 103(9): 3875–3885. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09704-3>
- Acevedo-Rocha C.G., Gronenberg L.S., Mack M., Commichau F.M., Genee H.J. Microbial cell factories for the sustainable manufacturing of B vitamins. *Current Opinion in Biotechnology*. 2019; 56: 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2018.07.006>
- Zhang Y., Li X., Wang Z., Wang Y., Ma Y., Su Z. Metabolic Flux Analysis of Simultaneous Production of Vitamin B_{12} and Propionic Acid in a Coupled Fermentation Process by *Propionibacterium freudenreichii*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2021; 193(10): 3045–3061. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03584-y>
- Oh S., Cave G., Lu C. Vitamin B_{12} (Cobalamin) and Micronutrient Fortification in Food Crops Using Nanoparticle Technology. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 668819. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.668819>
- de-Bashan L.E., Bashan Y. Joint Immobilization of Plant Growth-Promoting Bacteria and Green Microalgae in Alginate Beads as an Experimental Model for Studying Plant-Bacterium Interactions. *Applied and Environmental Microbiology*. 2008; 74(21): 6797–6802. <https://doi.org/10.1128/AEM.00518-08>
- de-Bashan L.E., Antoun H., Bashan Y. Cultivation factors and population size control uptake of nitrogen by the microalgae *Chlorella vulgaris* when interacting with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *FEMS Microbiology Ecology*. 2005; 54(2): 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.femsec.2005.03.014>
- Marek-Kozaczuk M., Skorupska A. Production of B-group vitamins by plant growth-promoting *Pseudomonas fluorescens* strain 267 and the importance of vitamins in the colonization and nodulation of red clover. *Biology and Fertility of Soils*. 2001; 33(2): 146–151. <https://doi.org/10.1007/s003740000304>
- Matamoros M.A. et al. Biosynthesis of Ascorbic Acid in Legume Root Nodules. *Plant Physiology*. 2006; 141(3): 1068–1077. <https://doi.org/10.1104/pp.106.081463>
- Kang B.G., Kim W.T., Yun H.S., Chang S.C. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to control stress responses of plant roots. *Plant Biotechnology Reports*. 2010; 4(3): 179–183. <https://doi.org/10.1007/s11816-010-0136-1>
- Tazoe M., Ichikawa K., Hoshino T. Purification and Characterization of Pyridoxine 5'-Phosphate Phosphatase from *Sinorhizobium meliloti*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2005; 69(12): 2277–2284. <https://doi.org/10.1271/bbb.69.2277>
- Revillas J.J., Rodelas B., Pozo C., Martínez-Toledo M.V., González-López J. Production of B-group vitamins by two *Azotobacter* strains with phenolic compounds as sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology*. 2000; 89(3): 486–493. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01139.x>
- Martínez-Viveros O., Jorquera M.A., Crowley D.E., Gajardo G., Mora M.L. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of soil science and plant nutrition*. 2010; 10(3): 293–319. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162010000100006>
- Nakei M.D., Venkataramana P.B., Nkaidemi P.A. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022; 6: 824444. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.824444>
- Jaiswal S.K., Mohammed M., Iby FY.I., Dakora F.D. Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021; 4: 619676. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.619676>
- Moore S.J., Warren M.J. The anaerobic biosynthesis of vitamin B_{12} . *Biochemical Society Transactions*. 2012; 40(3): 581–586. <https://doi.org/10.1042/BST20120066>
- Mastella L. et al. First report on Vitamin B_9 production including quantitative analysis of its vitamins in the yeast *Scheffersomyces stipitis*. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*. 2022; 15: 98. <https://doi.org/10.1186/s13068-022-02194-y>
- Yadav A.N. et al. Biodiversity, and biotechnological contribution of beneficial soil microbiomes for nutrient cycling, plant growth improvement and nutrient uptake. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021; 33: 102009. <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2021.102009>
- Babalola O.O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology Letters*. 2010; 32(11): 1559–1570. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
- Cesco S. et al. Plant-borne flavonoids released into the rhizosphere: impact on soil bio-activities related to plant nutrition. A review. *Biology and Fertility of Soils*. 2012; 48(2): 123–149. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0653-2>
- Mukherjee T., Hanes J., Tews I., Ealick S.E., Begley T.P. Pyridoxal phosphate: Biosynthesis and catabolism. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Proteins and Proteomics*. 2011; 1814(11): 1585–1596. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2011.06.018>

ОБ АВТОРАХ

Мария Владимировна Якименко

ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией биологических исследований, кандидат биологических наук
yamv@vniisoi.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Игорь Юрьевич Татаренко,

старший научный сотрудник лаборатории биологических исследований, кандидат сельскохозяйственных наук
tigy@vniisoi.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0098-3484>

Арина Игоревна Сорокина

ведущий научный сотрудник лаборатории биологических исследований, кандидат ветеринарных наук
aziradot@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои (ФБГНУ ФНЦ ВНИИ сои),
Игнатьевское шоссе, 19, Благовещенск, Амурская обл., 675000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Maria Vladimirovna Yakimenko

Leading researcher, Head of the Laboratory of Biological Research, Candidate of Biological Sciences
yamv@vniisoi.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1141-1900>

Igor Yurievich Tatarenko

Senior Researcher at the Laboratory of Biological Research, Candidate of Agricultural Sciences
tigy@vniisoi.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0098-3484>

Arina Igorevna Sorokina

Leading Researcher at the Laboratory of Biological Research, Candidate of Veterinary Sciences
aziradot@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4611-767x>

All-Russian Scientific Research Institute of Soybean (FSBSI FRC ARSRI of Soybean),
19 Ignatievskoe highway, Blagoveshchensk, Amur region, 675000, Russia

И. М. Чанов

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ chanovi2000@mail.ru

Поступила в редакцию:
21.05.2024Одобрена после рецензирования:
02.06.2024Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-170-178

Ilya M. Chanov

South Ural State University, Chelyabinsk,
Russia

✉ chanovi2000@mail.ru

Received by the editorial office:
21.05.2024Accepted in revised:
02.06.2024Accepted for publication:
17.06.2024

Применение методов *in silico* при направленном гидролизе сывороточных белков

РЕЗЮМЕ

Актуальность. С одной стороны, молочная сыворотка является отходом молочной промышленности, образующимся в больших объемах, с другой, данное сырье — ценный источник полноценного белка и предшественник белковых гидролизатов, содержащих биоактивные пептиды. Технологию целевого получения определенных биоактивных пептидов при гидролизе белков можно совершенствовать, используя методы *in silico*.

Методы. Объектами исследований методом *in silico* являлись сывороточные белки — β -лактоглобулин и α -лактальбумин. Для анализа воздействия ферментов на биотехнологические свойства сывороточных белков использовалась база данных BIOPEP-UWM.

Результаты. Проведенные исследования сывороточных белков методом *in silico* позволили выявить наиболее эффективные ферменты для проведения гидролиза с целью получения биоактивных пептидов. Использование баз данных белков позволило установить ферменты, не расщепляющие изучаемые белки. В целом методы *in silico* способствуют совершенствованию технологии ферментативного гидролиза и на этапе разработки позволяют прогнозировать получение заданных активных пептидов, регулируя выбор фермента.

Ключевые слова: молочная сыворотка, активные пептиды, биоактивность, метод *in silico*

Для цитирования: Чанов И.М. Применение методов *in silico* при направленном гидролизе сывороточных белков. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 170–178.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-170-178>

© Чанов И.М.

Application of *in silico* methods for targeted hydrolysis of whey proteins

ABSTRACT

Relevance. On the one hand, whey is a waste product of the dairy industry, generated in large volumes. On the other hand, this raw material is a valuable source of complete protein and a precursor to protein hydrolysates containing bioactive peptides. The technology for the targeted production of certain bioactive peptides from protein hydrolysis can be improved using *in silico* methods.

Methods. The objects of research using the *in silico* method were whey proteins — β -lactoglobulin and α -lactalbumin. The BIOPEP-UWM database was used to analyze the effects of enzymes on the biotechnological properties of whey proteins.

Results. The conducted *in silico* studies of whey proteins made it possible to identify the most effective enzymes for hydrolysis in order to obtain bioactive peptides. The use of protein databases made it possible to identify enzymes that do not break down the proteins being studied. In general, *in silico* methods contribute to the improvement of enzymatic hydrolysis technology and, at the development stage, make it possible to predict the production of given active peptides by regulating the choice of enzyme.

Key words: whey, active peptides, bioactivity, *in silico* method

For citation: Chanov I.M. Application of *in silico* methods for targeted hydrolysis of whey proteins. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 170–178 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-170-178>

© Chanov I.M.

Введение/Introduction

Пищевые отходы благодаря своей органической природе и массовому производству обладают большим потенциалом для вторичной переработки. Однако они требуют новых подходов к управлению и переработке. Внимание мирового сообщества к проблеме переработки малоценного сельскохозяйственного сырья [1–4], непищевых органических отходов [5] и пищевых отходов резко возросло, что усугубляется экономическим развитием и увеличением численности населения [6]. Перенаселение, миграция людей в городские районы, развитие и экспансия городов привели к увеличению потребления продуктов питания, в том числе с заданными характеристиками (повышенными потребительскими свойствами) [7–11], и, следовательно, к увеличению количества различных видов отходов, в том числе пищевых.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, основными отходами молочной промышленности являются пахта, обезжиренное молоко, молочная сыворотка. В настоящее время лишь четверть произведенной молочной сыворотки направляется на промышленную обработку [12–14]. Большая часть ее, к сожалению, утекает в канализационную систему, приводя к загрязнению природных вод. Молочное производство в России обладает значительными запасами сыворотки, что подчеркивает необходимость разработки новых технологий и методов ее использования.

Сыворотка — это источник сывороточных белков, богатый минералами, витаминами и другими полезными веществами. Кроме того, исследования показывают, что сывороточные белки обладают защитной антиоксидантной активностью [15].

Первоначально молочную сыворотку рассматривали как загрязняющий элемент, восприятие ее изменилось после того, как были раскрыты ее многочисленные полезные и биологически активные характеристики [16]. Под воздействием ферментативного катализа получают белковые гидролизаты сыворотки, которые обладают рядом уникальных функций, обусловленных присутствием биологически активных пептидов [17].

Биоактивные пептиды — это фрагменты белка, которые полезны для систем организма и здоровья человека в целом. Большинство биоактивных пептидов имеют молекулярную массу от двух (дипептидов) до 20 аминокислотных остатков и молекулярную массу до 6000 Да. Биоактивные пептиды обладают рядом важных функций, таких как антиоксидантное, противовоспалительное, противоопухолевое, противомикробное и иммуномодулирующее действие в живом организме [18].

Для получения биоактивных пептидов они должны быть высвобождены из исходного белка, в состав которого входят и находятся в неактивной форме. Существуют различные методы, которые отвечают за выполнение этого действия посредством специфических механизмов, влияющих на состав, последовательность и длину аминокислот, входящих в состав пептида, вызывая изменение биологической активности в соответствии с используемым методом.

Многочисленные исследования показали, что биологическая активность пептидов связана с улучшением общего состояния здоровья и снижением риска определенных хронических заболеваний, таких как рак, диабет и болезни сердца [19, 20].

В настоящее время одним из методов теоретического прогнозирования активности

ферментов является использование молекулярного моделирования для изучения взаимодействия ферментов с субстратами. Для проведения таких исследований в виртуальной среде *in silico* применяются трехмерные структуры белков [21].

Использование компьютерного моделирования позволяет значительно сократить время, необходимое для обнаружения потенциальных биологических эффектов новых модификаций различных органических соединений [22].

Одно из направлений исследований, касающихся биоактивных пептидов, связано с использованием инструментов *in silico* для их анализа.

Методы *in silico*

1) Метод ADMET, который является инструментальным методом прогнозирования, базируется на создании обширных баз данных о существующих лекарственных веществах. Это уменьшает риски на последующих этапах испытаний и ускоряет процесс поиска благодаря прогнозированию на основе имеющихся данных. Данный метод помогает прогнозировать информацию об оптимальной дозе активной фармацевтической субстанции, частоте применения, наиболее эффективном способе введения, биодоступности, выведении, метаболизме и других характеристиках.

2) Молекулярное моделирование представляет собой метод, который показывает, как лекарственные препараты и другие химические вещества взаимодействуют с рецепторами клеток.

3) Моделирование целостной клетки: исследователи создали компьютерную модель переполненной внутренней части бактериальной клетки, которая в тестах по реакции на сахар в окружающей среде с точностью имитирует поведение настоящих клеток [23].

Инструменты *in silico* включают, например, базы данных белковых и пептидных последовательностей, программы для прогнозирования физико-химических свойств пептида и его биологической активности и программы, позволяющие осуществлять теоретический гидролиз белка с целью получения пептидов.

Технологии биоинформатики достаточно часто используются для изучения биологически активных пептидов, полученных из белков пищевых продуктов. Это возможно благодаря предоставленной информации о конформации, потенциальной активности, механизмах молекулярного воздействия и функциональных свойств пептида.

Наиболее распространенные базы данных и инструменты биоинформатики для анализа биоактивных пептидов *in silico* представлены в таблице 1.

Основные этапы применения подходов *in silico* представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Основные этапы применения подходов *in silico* [25]

Fig. 1. Key steps for *in silico* approaches [25]



Таблица 1. Инструменты *in silico*, используемые для обнаружения биоактивных пептидов из пищевых белков [24]
 Table 1. *In silico* tools used for the detection of bioactive peptides from food proteins [24]

База данных	Веб-сайт
UniProtKB	http://www.uniprot.org/
NCBI Protein	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein
BIOPEP-UWM	http://www.uwm.edu.pl/biochemia/
PepBank	http://pepbank.mgh.harvard.edu/
BioPD	http://biopd.bjmu.edu.cn/
SwePep	http://www.swepep.org/
EROP-Moscow	http://erop.inbi.ras.ru/
MilkAMP	http://milkampdb.org/
PeptideDB	http://www.peptides.be/
AMPer	http://marray.cmdr.ubc.ca/cgi-bin/amp.pl
PeptideCutter	http://web.expasy.org/peptide_cutter/
PoPS	http://pops.csse.monash.edu.au/pops.cgi/index.php
Enzyme Predictor	http://bioware.ucd.ie/~enzpred/Enzpred.php
PeptideRanker	http://bioware.ucd.ie/~compass/biowareweb/
AntiBP2	http://www.imtech.res.in/raghava/antibp2/
PeptideLocator	http://bioware.ucd.ie/
ToxinPred	http://www.imtech.res.in/raghava/toxinpred/
ProPeppe	https://propepper.net/
SORTALLER	http://sortaller.gzhmu.edu.cn/
BRENDA	https://www.brenda-enzymes.org/
CAZy	http://www.cazy.org/Welcome-to-the-Carbohydrate-Active.html
OmicTools	https://omictools.com

Цель работы — анализ воздействия ферментов на биотехнологические свойства белков молочной сыворотки методом *in silico* с использованием базы данных BIOPEP-UWM.

**Материалы и методы исследования /
 Materials and methods**

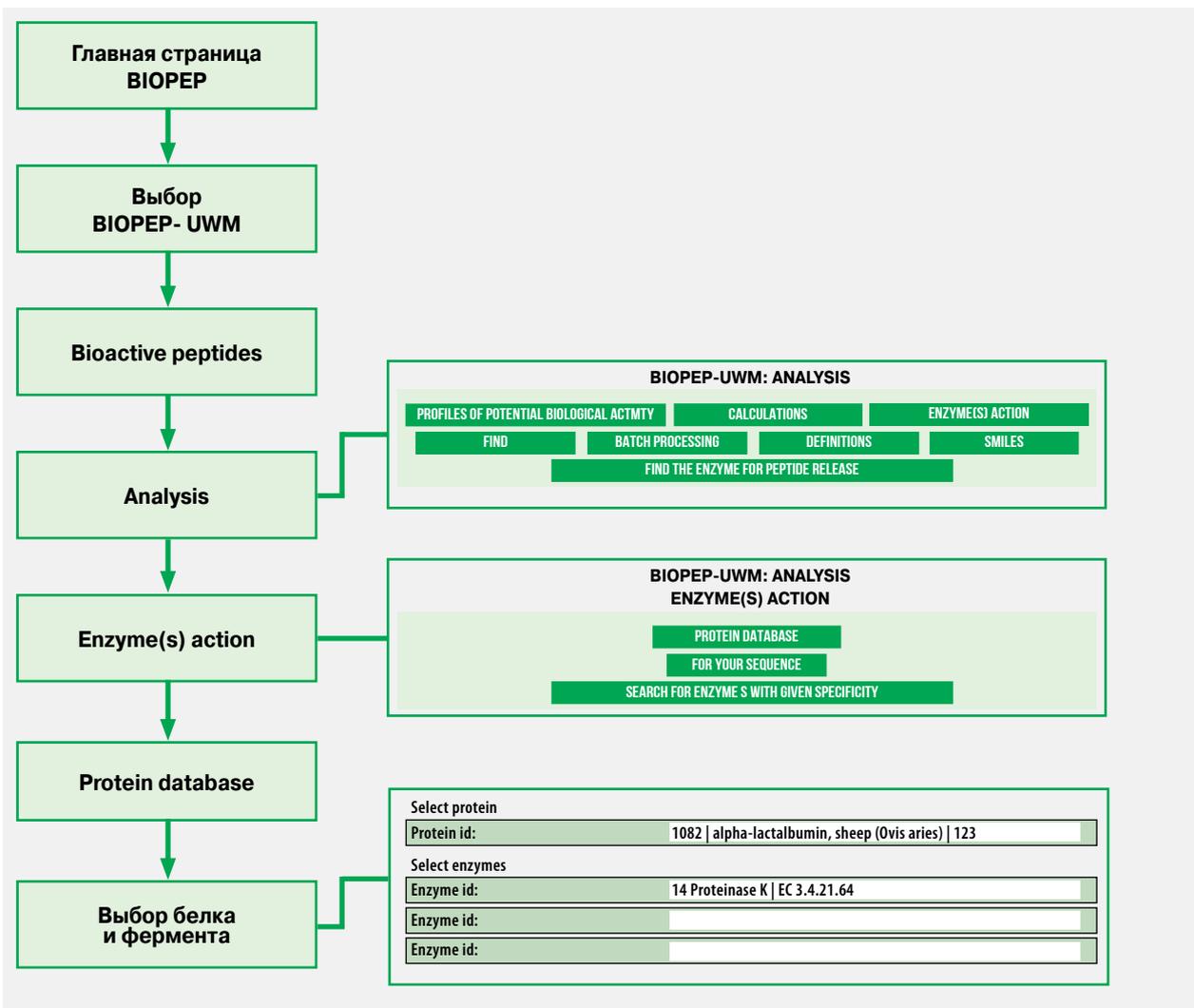
Объектами исследований методом *in silico* являлись сывороточные белки β -лактоглобулин и α -лактальбумин. Для анализа воздействия ферментов на биотехнологические свойства сывороточных белков использовалась база данных BIOPEP-UWM. Методология работы с базой данных BIOPEP-UWM представлена на рисунке 2.

Для выбора ферментов использовалась база данных Peptide Cutter. Peptide Cutter предсказывает потенциальные места расщепления протеазами или химическими веществами в данной последовательности белка.

Для работы с базами данных соответствующие последовательности аминокислот для β -лактоглобулина и α -лактальбумина были загружены из базы данных белков UniProtKB или InterPro.

При помощи базы данных BIOPEP-UWM можно рассчитать биологическую активность высвобожденных пептидов, а именно теоретическую степень гидролиза (DH_t), частоту высвобождения фрагментов с заданной активностью выбранными ферментами (A_E) и относительную частоту высвобождения фрагментов с заданной активностью выбранными ферментами (W).

Рис. 2. Работа с базой данных BIOPEP-UWM
 Fig. 2. Methodology for working with the BIOPEP-UWM database



Расчет проводится базой данных по формулам (1) и (2):

$$A_E = d / N, \tag{1}$$

$$W = A_E / A, \tag{2}$$

где: d — количество фрагментов, высвобождаемых ферментами с заданной активностью из данной белковой последовательности; N — общее количество аминокислотных остатков в белковой цепи; A — частота встречаемости биологически активных фрагментов в белковой последовательности [25].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

База данных в соответствии с запросом выводит список ферментов, которые расщепляют указанную аминокислотную последовательность, указывает количество расщеплений и их участки (рис. 3) и выводит список ферментов, которые не расщепляют последовательность (рис. 4).

Рис. 3. Список ферментов, расщепляющих указанную аминокислотную последовательность

Fig. 3. List of enzymes that cleave a specified amino acid sequence

These enzymes cleave the sequence:

Name of enzyme	No. of cleavages	Positions of devage sites
Ang-C proteinase	1	90
Asp-N endopeptidase	14	33 36 56 65 82 83 97 101 102 103 106 107 116 135
Asp-N endopeptidase + N-terminal Glu	21	20 26 30 33 36 44 56 65 68 82 83 97 101 102 103 106 107 116 132 135 140
BNPS-Skatole	4	46 80 124 138
CNBr	3	12 110
Chymotrypsin-high specificity (C-term to [FYW], not before P)	14	4 15 29 38 46 51 56 70 73 80 100 123 124 138
Chymotrypsin-low specificity (C-term to [FYWML], not before P)	38	1 2 4 7 8 9 10 14 15 16 23 29 32 35 38 46 51 52 56 70 72 73 80 88 100 101 105 110 116 123 124 125 127 130 135 138 139 143
Clostripain	1	90
Formic acid	14	34 37 57 66 83 84 98 102 103 104 107 108 117 136
Gutamyl endopeptidase	7	21 27 31 45 69 133 141
Iodosobenzoic acid	4	46 80 124 138
LysC	12	25 33 36 78 82 99 113 114 118 128 134 142
LysN	12	24 32 35 77 81 98 112 113 117 127 133 141
NTCB (2-nitro-5-thiocyanobenzoic acid)	8	25 47 80 92 96 110 130 139
Pepsin (pH 1.3)	35	3 4 6 7 8 9 10 13 14 15 22 23 28 29 31 32 34 43 50 51 71 72 73 99 100 104 105 124 125 134 135 138 139 142 143
Pepsin (pH > 2)	45	3 4 6 7 8 9 10 11 13 14 15 17 18 20 21 23 24 27 28 29 31 32 35 38 41 43 45 46 47 49 50 51 53 56 58 60 61 62 68 69 70 72 72 75 79 80 92 95 100 101 105 106 109 112 115 116 119 121
Proteinase K	69	123 124 125 126 129 130 133 135 138 139 141 143
Staphylococcal peptidase I	7	21 27 31 45 69 133 141
Thermolysin	43	1 3 4 6 7 8 9 10 12 13 14 16 19 22 28 40 46 49 50 59 60 61 71 72 74 78 91 94 99 100 109 111 114 115 118 120 124 125 128 129 134 138 142
Trypsin	12	25 33 36 78 90 99 113 114 118 128 134 142

Таблица 2. Результаты действия ферментов на β-лактоглобулин

Table 2. Results of the action of enzymes on β-lactoglobulin

Фермент	Результат действия ферментов и высвобождаемые пептиды
протеиназа К	<p>Results of enzyme action</p> <p>I - I - V - TQTM - KGL - DI - QKV - AGTW - Y - SL - AM - AASDI - SL - L - DAQSAP - L - RV - Y - V - EEL - KP - TP - EGNL - EI - L - L - QKW - ENGECQKQI - I - AEKTKI - P - AV - F - KI - DAL - NENKV - L - V - L - DTDY - KKY - L - L - F - CM - ENSAEP - EQSL - ACQCL - V - RTP - EV - DNEAL - EKF - DKAL - KAL - P - M - HI - RL - AF - NP - TQL - EGQCHV</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_0, W, B_E, V</p>
	<p>Location of released peptides</p> <p>[1-1],[2-2],[3-3],[4-7],[8-10],[11-12],[13-15],[16-19],[20-20],[21-22],[23-24],[25-29],[30-31],[32-32],[33-38],[39-39],[40-41],[42-42],[43-43],[44-46],[47-48],[49-50],[51-54],[55-56],[57-57],[58-58],[59-61],[62-71],[72-72],[73-78],[79-79],[80-81],[82-82],[83-84],[85-87],[88-92],[93-93],[94-94],[95-95],[96-99],[100-102],[103-103],[104-104],[105-105],[106-107],[108-113],[114-117],[118-122],[123-123],[124-126],[127-128],[129-133],[134-136],[137-140],[141-143],[144-144],[145-145],[146-147],[148-149],[150-151],[152-153],[154-156],[157-162]</p>

Для последующего анализа из представленных расщепляющих ферментов были выбраны с наибольшим количеством расщеплений: протеиназа К, термолизин, пепсин (pH 1.3), пепсин (pH > 2), трипсин, химотрипсин А, химотрипсин С.

Результаты действия ферментов на β-лактоглобулин и α-лактальбумин, а также активность этих ферментов, приведены в таблицах 2, 3.

Рис. 4. Список ферментов, не расщепляющих заданную аминокислотную последовательность

Fig. 4. List of enzymes that do not cleave a given amino acid sequence

These chosen enzymes do not cut:			
№		№	
1	Caspase1	10	Caspase9
2	Caspase10	11	Enterokinase
3	Caspase2	12	Factor Xa
4	Caspase3	13	GranzymeB
5	Caspase4	14	Hydroxylamine
6	Caspase5	15	Proline-endopeptidase
7	Caspase6	16	Thrombin
8	Caspase7	17	Tobacco etch virus protease
9	Caspase8		

(Продолжение таблицы 2.)

термолизин	<p>Results of enzyme action I - I - VTQTMKG - LD - IQK - V - AGTW - YS - L - AM - A - ASD - IS - L - LD - AQS - AP - LR - V - Y - VEE - LKPTPEGN - LE - I - L - LQKWENGEC - AQKK - I - I - AEKTK - IP - A - V - FK - ID - A - LNENK - V - L - V - LDTD - YKK - Y - L - L - FCMENS - AEPEQS - L - ACQC - L - VRTPE - VDNE - A - LEK - FDK - A - LK - A - LPMH - IR - L - A - FNPTQ - LEGQCH - V</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-1],[2-2],[3-9],[10-11],[12-14],[15-15],[16-19],[20-21],[22-22],[23-24],[25-25],[26-28],[29-30],[31-31],[32-33],[34-36],[37-38], [39-40],[41-41],[42-42],[43-45],[46-53],[54-55],[56-56],[57-57],[58-66],[67-70],[71-71],[72-72],[73-77],[78-79],[80-80],[81-81], [82-83],[84-85],[86-86],[87-91],[92-92],[93-93],[94-94],[95-98],[99-101],[102-102],[103-103],[104-104],[105-110],[111-116], [117-117],[118-121],[122-122],[123-127],[128-131],[132-132],[133-135],[136-138],[139-139],[140-141],[142-142],[143-146], [147-148],[149-149],[150-150],[151-155],[156-161],[162-162]</p>
пепсин pH 1,3	<p>Results of enzyme action IIVTQTMKGL - DIQKVAGTWYSL - AMAASDISL - L - DAQSAPL - RVYVEEL - KPTPEGNL - EIL - L - QKWENGEC AQKIIAEKTKIPAVF - KIDAL - NENKVL - VL - DTDYKKYL - L - F - CMENSAEPEQSL - ACQCL - VRTPEVDNEAL - EKf - DKAL - KAL - PMHIRL - AF - NPTQL - EGQCHV</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-10],[11-22],[23-31],[32-32],[33-39],[40-46],[47-54],[55-57],[58-58],[59-82],[83-87],[88-93],[94-95],[96-103],[104-104],[105- 105],[106-117],[118-122],[123-133],[134-136],[137-140],[141-143],[144-149],[150-151],[152-156],[157-162]</p>
пепсин pH > 2	<p>Results of enzyme action I - I - VT - Q - T - M - K - G - L - D - IQ - K - VA - G - T - WY - SL - A - M - A - A - SD - ISL - L - D - A - Q - SA - PL - R - VY - VE - E - L - K - PT - PE - G - N - L - E - IL - L - Q - K - WE - N - G - E - CA - Q - K - K - I - IA - E - K - T - K - IPA - VF - K - ID - A - L - N - E - N - K - VL - VL - D - T - D - Y - K - K - Y - L - L - F - CM - E - N - SA - E - PE - Q - SL - A - CQ - CL - VRT - PE - VD - N - E - A - L - E - K - F - D - K - A - L - K - A - L - PM - H - IRL - A - F - N - PT - Q - L - E - G - Q - CH - V</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-1],[2-2],[3-4],[5-5],[6-6],[7-7],[8-8],[9-9],[10-10],[11-11],[12-13],[14-14],[15-16],[17-17],[18-18],[19-20],[21-22],[23-23],[24-24], [25-25],[26-26],[27-28],[29-31],[32-32],[33-33],[34-34],[35-35],[36-37],[38-39],[40-40],[41-42],[43-44],[45-46],[46-46],[47-47], [48-49],[50-51],[52-52],[53-53],[54-54],[55-55],[56-57],[58-58],[59-59],[60-60],[61-62],[63-63],[64-64],[65-65],[66-67],[68-68], [69-69],[70-70],[71-71],[72-73],[74-74],[75-75],[76-76],[77-77],[78-80],[81-82],[83-83],[84-85],[86-86],[87-87],[88-88],[89-89], [90-90],[91-91],[92-93],[94-95],[96-96],[97-97],[98-98],[99-99],[100-100],[101-101],[102-102],[103-103],[104-104],[105-105], [106-107],[108-108],[109-109],[110-111],[112-112],[113-114],[115-115],[116-117],[118-118],[119-120],[121-122],[123-125],[126- 127],[128-129],[130-130],[131-131],[132-132],[133-133],[134-134],[135-135],[136-136],[137-137],[138-138],[139-139],[140- 140],[141-141],[142-142],[143-143],[144-145],[146-146],[147-149],[150-150],[151-151],[152-152],[153-154],[155-155],[156- 156],[157-157],[158-158],[159-159],[160-161],[162-162]</p>
трипсин	<p>Results of enzyme action IIVTQTMK - GLDIQK - VAGTWYSLAMAASDISLLDAQSAPLR - VYVEELK - PTPEGNLEILLQK - WENGECQK - K - IIAEK - TK - IPAVFK - IDALNENK - VLVDTDYK - K - YLLFCMENSAEPEQSLACQCLVR - TPEVDNEALEK - FDK - ALK - ALPMHIR - LAFNPTQLEGQCHV</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-8],[9-14],[15-40],[41-47],[48-60],[61-69],[70-70],[71-75],[76-77],[78-83],[84-91],[92-100],[101-101],[102-124],[125-135],[136- 138],[139-141],[142-148],[149-162]</p>
химотрипсин А	<p>Results of enzyme action IIVTQTM - KGL - DIQKVAGTW - Y - SL - AM - AASDISL - L - DAQ - SAP - L - RVY - VEEL - KPTPEGN - L - EIL - L - QKW - EN - GECQKIIAEKTKIPAVF - KIDAL - N - EN - KVL - VL - DTDY - KKY - L - L - F - CM - EN - SAEPEQSL - ACQCL - VRTPEVDN - EAL - EKf - DKAL - KAL - PM - H - IRL - AF - N - PTQL - EGQCH - V</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-7],[8-10],[11-19],[20-20],[21-22],[23-24],[25-31],[32-32],[33-39],[40-42],[43-46],[47-53],[54-54],[55-57],[58-58],[59-61],[62- 63],[64-82],[83-87],[88-88],[89-90],[91-93],[94-95],[96-99],[100-102],[103-103],[104-104],[105-105],[106-107],[108-109],[110- 117],[118-122],[123-130],[131-133],[134-136],[137-140],[141-143],[144-145],[146-146],[147-149],[150-151],[152-152],[153- 156],[157-161],[162-162]</p>
химотрипсин С	<p>Results of enzyme action IIVTQ - TM - KGL - DIQ - KVAGTW - Y - SL - AM - AASDISL - L - DAQ - SAP - L - RVY - VEEL - E - L - KP - TP - E - GN - L - E - IL - L - Q - KW - E - N - GE - CAQ - KIIAE - KTKIP - AVFKIDAL - N - E - N - KVL - VL - DTDY - KKY - L - L - FCM - E - N - SAE - P - E - Q - SL - ACQ - CL - VRTPE - E - VDN - E - AL - E - KFDKAL - KAL - P - M - HIRL - AFN - P - TQ - L - E - G - Q - CHV</p> <p style="text-align: center;"> <input type="button" value="Search for active fragments"/> <input type="button" value="CALCULATE A<sub>E</sub>, DH<sub>r</sub>, W, B<sub>E</sub>, V"/> </p> <p>Location of released peptides [1-5],[6-7],[8-10],[11-13],[14-19],[20-20],[21-22],[23-24],[25-31],[32-32],[33-35],[36-38],[39-39],[40-42],[43-44],[45-45],[46-46], [47-48],[49-50],[51-51],[52-53],[54-54],[55-55],[56-57],[58-58],[59-59],[60-61],[62-62],[63-63],[64-65],[66-68],[69-74],[75-79], [80-87],[88-88],[89-89],[90-90],[91-93],[94-95],[96-99],[100-102],[103-103],[104-104],[105-107],[108-108],[109-109],[110-112], [113-113],[114-114],[115-115],[116-117],[118-120],[121-122],[123-126],[127-127],[128-130],[131-131],[132-133],[134-134], [135-140],[141-143],[144-144],[145-145],[146-149],[150-152],[153-153],[154-155],[156-156],[157-157],[158-159],[160-162]</p>

Таблица 3. Результаты действия ферментов на α -лактальбумин

Table 3. The results of the action of enzymes on α -lactalbumin

Фермент	Результат действия ферментов и высвобождаемые пептиды
протеиназа К	<p>Results of enzyme action EQL - TKCEAF - QKL - KDL - KDY - GGV - SL - P - EW - V - CTAF - HTSGY - DTQAI - V - QNNDSTHEY - GL - F - QI - NNKI - W - CKDDQNP - HSRNI - CNI - SCDKF - L - DDDL - TDDI - V - CAKKI - L - DKV - GI - NY - W - L - AHKAL - CSEKL - DQW - L - CEKL</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-3],[4-9],[10-12],[13-15],[16-18],[19-21],[22-23],[24-24],[25-26],[27-27],[28-31],[32-36],[37-41],[42-42],[43-50],[51-52],[53-53],[54-55],[56-59],[60-60],[61-67],[68-72],[73-75],[76-80],[81-81],[82-85],[86-89],[90-90],[91-95],[96-96],[97-99],[100-101],[102-103],[104-104],[105-105],[106-110],[111-115],[116-118],[119-119],[120-123]</p>
термолизин	<p>Results of enzyme action EQ - LTKCE - A - FQK - LKD - LKD - YGG - VS - LPEW - VCT - A - FHTSG - YDTQ - A - I - VQNNDSSTE - YG - L - FQ - INNK - IWCKDDQNP - HSRN - ICN - ISCDK - F - LDDD - LTDD - I - VC - AKK - I - LDK - VG - IN - YW - L - AHK - A - LCSEK - LDQW - LCEK - L</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-2],[3-7],[8-8],[9-11],[12-14],[15-17],[18-20],[21-22],[23-26],[27-29],[30-30],[31-35],[36-39],[40-40],[41-41],[42-49],[50-51],[52-52],[53-54],[55-58],[59-71],[72-74],[75-79],[80-80],[81-84],[85-88],[89-89],[90-91],[92-94],[95-95],[96-98],[99-100],[101-102],[103-104],[105-105],[106-108],[109-109],[110-114],[115-118],[119-122],[123-123]</p>
пепсин pH > 2	<p>Results of enzyme action E - Q - L - T - K - CE - A - F - Q - K - L - K - D - L - K - D - Y - G - G - VSL - PE - W - VCT - A - F - HT - SG - Y - D - T - Q - A - I - VQ - N - N - D - ST - E - Y - G - L - F - Q - IN - N - K - IWCK - D - D - Q - N - PHSRN - ICN - ISCD - K - F - L - D - D - D - L - T - D - D - I - VCA - K - K - IL - D - K - VG - IN - Y - WL - A - HK - A - L - CSE - K - L - D - Q - WL - CE - K - L</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-1],[2-2],[3-3],[4-4],[5-5],[6-7],[8-8],[9-9],[10-10],[11-11],[12-12],[13-13],[14-14],[15-15],[16-16],[17-17],[18-18],[19-19],[20-20],[21-23],[24-25],[26-26],[27-29],[30-30],[31-31],[32-33],[34-35],[36-36],[37-37],[38-38],[39-39],[40-40],[41-41],[42-43],[44-44],[45-45],[46-46],[47-48],[49-49],[50-50],[51-51],[52-52],[53-53],[54-54],[55-56],[57-57],[58-58],[59-62],[63-63],[64-64],[65-65],[66-66],[67-71],[72-74],[75-78],[79-79],[80-80],[81-81],[82-82],[83-83],[84-84],[85-85],[86-86],[87-87],[88-88],[89-89],[90-92],[93-93],[94-94],[95-96],[97-97],[98-98],[99-100],[101-102],[103-103],[104-105],[106-106],[107-108],[109-109],[110-110],[111-113],[114-114],[115-115],[116-116],[117-117],[118-119],[120-121],[122-122],[123-123]</p>
трипсин	<p>Results of enzyme action EQLTK - CEAFQK - LK - DLK - DYGGVSLPEWVCTAFHTSGYDTQAIQNNDSSTEYGLFQINN - IWCK - DDQNP - HSRN - NICNISCDK - FLDDDLTDDIVCAK - K - ILDK - VGINYWLAHK - ALCSEK - LDQWLCEK - L</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-5],[6-11],[12-13],[14-16],[17-58],[59-62],[63-70],[71-79],[80-93],[94-94],[95-98],[99-108],[109-114],[115-122],[123-123]</p>
химотрипсин А	<p>Results of enzyme action EQL - TKCEAF - QKL - KDL - KDY - GGVSL - PEW - VCTAF - H - TSGY - DTQAIQVN - N - DSTHEY - GL - F - QIN - N - KIW - CKDDQN - PH - SRN - ICN - ISCDKF - L - DDDL - TDDIVCAKIL - DKVGIN - Y - W - L - AH - KAL - CSEKL - DQW - L - CEKL</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-3],[4-9],[10-12],[13-15],[16-18],[19-23],[24-26],[27-31],[32-32],[33-36],[37-44],[45-45],[46-50],[51-52],[53-53],[54-56],[57-57],[58-60],[61-66],[67-68],[69-71],[72-74],[75-80],[81-81],[82-85],[86-96],[97-102],[103-103],[104-104],[105-105],[106-107],[108-110],[111-115],[116-118],[119-119],[120-123]</p>
химотрипсин С	<p>Results of enzyme action E - Q - L - TKCE - AFQ - KL - KDL - KDY - GGVSL - P - E - W - VCTAFHTSGY - DTQ - AIVQ - N - N - DSTE - Y - GL - FQ - IN - N - KIW - CKDDQ - N - P - HSRN - ICN - ISCDKFL - DDDL - TDDIVCAKIL - DKVGIN - Y - W - L - AHKAL - CSE - KL - DQ - W - L - CE - KL</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-1],[2-2],[3-3],[4-7],[8-10],[11-12],[13-15],[16-18],[19-23],[24-24],[25-25],[26-26],[27-36],[37-39],[40-43],[44-44],[45-45],[46-49],[50-50],[51-52],[53-54],[55-56],[57-57],[58-60],[61-65],[66-66],[67-67],[68-71],[72-74],[75-81],[82-85],[86-96],[97-102],[103-103],[104-104],[105-105],[106-110],[111-113],[114-115],[116-117],[118-118],[119-119],[120-121],[122-123]</p>
трипсин	<p>Results of enzyme action IIVTQTMK - GLDIQK - VAGTWYSLAMAASDISLLDAQSAPLR - VYVEELK - PTEGNEILLQK - WENGECQAK - K - IIAEK - TK - IPAVFK - IDALNENK - VLVDTDYK - K - YLLFCMENSAPPEQSLACQCLVR - TPEVDNEALEK - FDK - ALK - ALPMHIR - LAFNPTQLEGQCHV</p> <p>Search for active fragments CALCULATE A_E, DH_t, W, B_E, V</p> <p>Location of released peptides [1-8],[9-14],[15-40],[41-47],[48-60],[61-69],[70-70],[71-75],[76-77],[78-83],[84-91],[92-100],[101-101],[102-124],[125-135],[136-138],[139-141],[142-148],[149-162]</p>

(Продолжение таблицы 3.)

Results of enzyme action
 IIVTQTM - KGL - DIQKVAGTW - Y - SL - AM - AASDISL - L - DAQSAPL - RVY - VEEL - KPTPEGN - L - EIL - L - QKW - EN - GECQAQKIIAEKTKIPAVF - KIDAL - N - EN - KVL - VL - DTDY - KKY - L - L - F - CM - EN - SAEPEQSL - ACQCL - VRTPEVDN - EAL - EKF - DKAL - KAL - PM - H - IRL - AF - N - PTQL - EGQCH - V

Location of released peptides
 [1-7],[8-10],[11-19],[20-20],[21-22],[23-24],[25-31],[32-32],[33-39],[40-42],[43-46],[47-53],[54-54],[55-57],[58-58],[59-61],[62-63],[64-82],[83-87],[88-88],[89-90],[91-93],[94-95],[96-99],[100-102],[103-103],[104-104],[105-105],[106-107],[108-109],[110-117],[118-122],[123-130],[131-133],[134-136],[137-140],[141-143],[144-145],[146-146],[147-149],[150-151],[152-152],[153-156],[157-161],[162-162]

Теоретическая степень гидролиза, частота высвобождения фрагментов с заданной активностью выбранными ферментами и относительная частота высвобождения фрагментов с заданной активностью выбранными ферментами для α-лактальбумина представлены в таблице 4, для β-лактоглобулина — в таблице 5.

Таблица 4. Активность ферментов на α-лактальбумин

Table 4. Enzyme activity on α-lactalbumin

Протеиназа К		
DH _t	31,9672	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0325	0,0740
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0488	0,0834
Ингибитор ГМГ — КоА-редуктазы	0,0081	1,0000
Регулирующая	0,0081	0,3320
Термолизин		
DH _t	32,7869	
Активность	A _E	W
Иммунomodулирующая	0,0163	0,5015
Ингибитор АПФ	0,0488	0,1112
Антиоксидантная	0,0081	0,0996
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0488	0,0834
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0081	0,1424
Противовоспалительная	0,0081	1,0000
Пепсин (pH > 2)		
DH _t	72,1311	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0569	0,1296
Стимулирующая	0,0081	0,1990
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0650	0,1110
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0163	0,2865
Ингибитор альфа-глюкозидазы	0,0081	0,4969
Нейропептид	0,0081	1,0000
Трипсин		
DH _t	11,4754	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0081	0,0185
Антибактериальная	0,0163	0,5015
Антиоксидантная	0,0163	0,2005
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0081	0,0138
Химотрипсин А		
DH _t	28,6885	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0244	0,0556
Антибактериальная	0,0081	0,2492
Антиоксидантная	0,0081	0,0996
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0244	0,0417
Химотрипсин С		
DH _t	35,2459	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0407	0,0927
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0325	0,0555

Таблица 5. Активность ферментов на β-лактоглобулин

Table 5. Enzyme activity on β-lactoglobulin

Протеиназа К		
DH _t	38,5093	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0432	0,0752
Антиоксидантная	0,0185	0,0681
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0741	0,1111
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0062	0,0628
Регулирующая	0,0123	0,4980
Термолизин		
DH _t	39,7516	
Активность	A _E	W
Ингибитор ренина	0,0123	0,6649
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0247	0,0370
Ингибитор АПФ	0,0370	0,0644
Антиоксидантная	0,0123	0,0453
CaMPDE ингибитор	0,0062	0,5041
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0062	0,0628
Ингибитор альфа-глюкозидазы	0,0062	0,1676
Пепсин (pH 1,3)		
DH _t	15,5280	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0062	0,0108
Стимулирующий	0,0062	0,0773
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0123	0,0184
Пепсин (pH > 2)		
DH _t	75,7764	
Активность	A _E	W
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,1235	0,1852
Ингибитор АПФ	0,0617	0,1075
Антиоксидантная	0,0123	0,0453
Стимулирующая	0,0185	0,2307
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0247	0,2500
Ингибитор альфа-глюкозидазы	0,0247	0,6676
Регулирующая	0,0123	0,4980
Нейропептид	0,0062	0,1435
Ингибитор Хаа-рго	0,0062	1,0000
Ингибитор лактоцепина	0,0062	1,0000
Трипсин		
DH _t	11,1801	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0309	0,0538
Антибактериальная	0,0123	0,4980
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0185	0,0277
Гипохолестеринемическая	0,0062	0,5041
Химотрипсин А		
DH _t	27,3292	
Активность	A _E	W
Ингибитор АПФ	0,0185	0,0322
Стимулирующая	0,0062	0,0773
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0247	0,0370
Антиоксидантная	0,0123	0,0453
Регулирующая	0,0062	0,2510

(Продолжение таблицы 5.)

Химотрипсин С		
DN _i	43,4783	
Активность	A _E	W
Нейропептид	0,0185	0,4282
Ингибитор АПФ	0,0617	0,1075
Гипохолестеринемическая	0,0062	0,5041
Антиоксидантная	0,0309	0,1138
Стимулирующая	0,0123	0,1534
Ингибитор дипептидилпептидазы IV	0,0741	0,1111
Ингибитор дипептидилпептидазы III	0,0062	0,0628
Ингибитор альфа-глюкозидазы	0,0062	0,1676
Регулирующая	0,0123	0,4980

Все данные, полученные из базы данных BIOPEP-UWM, необходимы для создания собственной базы данных, на основе которой планируется разработка

программы для поддержки принятия решений, то есть для выбора необходимого фермента для расщепления белков α -лактальбумина и β -лактоглобулина с получением активных пептидов.

Выводы/Conclusions

Результаты работы показали, что применение методов *in silico* позволяет быстро установить целесообразность ферментации сывороточных белков тем или иным ферментом, а также выявить возможные биоактивные пептиды при направленном гидролизе белков. Современные базы данных белков и пептидов значительно повышают эффективность проведения исследований в области получения биоактивных пептидов с определенной активностью

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. Тарасова И.В., Ребезов М.Б., Зинина О.В., Максимюк Н.Н. Подбор микроорганизмов для обработки коллагенсодержащего сырья. Научное обеспечение инновационного развития животноводства. *Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции*. Жодино: Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. 2013; 470–472. <https://www.elibrary.ru/mfjpy>
2. Бекешова Г.Б., Ибрагимов Н.К., Какимов А.К., Суйчинов А.К., Есимбеков Ж.С., Ребезов М.Б. Влияние комбинированного измельчения на технологические характеристики мясного фарша. *Все о мясе*. 2022; 5: 32–37. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2022-5-32-37>
3. Ребезов М.Б. Биотехнологические решения переработки отходов зерноперерабатывающих предприятий. *Наука ЮУрГУ. Материалы 66-й научной конференции*. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2014; 294–298. <https://www.elibrary.ru/ssqpyx>
4. Зинина О.В., Меренкова С.П., Ребезов М.Б., Вишнякова Е.А. Исследование свойств белковых гидролизатов, полученных из желудков цыплят-бройлеров, как потенциального компонента биоактивных пленочных покрытий. *Пищевые системы*. 2024; 7(1): 44–51. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
5. Максимюк Н.Н., Некрасов А.В., Трофимова В.А., Ребезов М.Б. Разработка технологии переработки непищевых органических отходов. *Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания. Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2010; 1: 82–83. <https://www.elibrary.ru/zadzxs>
6. Rasaq W.A. *et al.* Food waste recycling to Yarrowia biomass due to combined hydrothermal carbonization and biological treatment. *Journal of Cleaner Production*. 2024; 456: 142385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142385>
7. Abilmazhinov Y., Rebezov M., Fedoseeva N., Nikolaeva N., Sepiashvili E. Enhancing Nutritional Value and Safety in Horse Meat Cutlets with Pumpkin Additives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242: 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012023>
8. Kalibekkyzy Z., Neverova O., Rebezov M., Fedoseeva N., Vasilievich N. Improved Organoleptic Properties in Cooked Sausages through a Mutton-Poultry Blend: An Analytical Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242: 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012026>
9. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
10. Нургазезова А.Н., Спанова А.М., Ребезов М.Б., Жакупбекова Ш.К., Кабаева К. Использование мяса кролика и шрота расторопши в низкокалорийном мясном продукте. *Вестник Университета Шакарима. Серия: Технические науки*. 2024; 1: 208–216 (на казах. яз.). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-26](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-26)
11. Махмудов Ф.А., Азимова С.Т., Ребезов М.Б., Изтаев А.И., Конарбаева З.К. Технология производства и качество выпеченного хлеба из цельнозерновой пшеничной муки. *Вестник Университета Шакарима. Серия: Технические науки*. 2024; 1: 165–173. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
12. Коростелева Л.А., Баймишев Р.Х., Романова Т.Н., Долгошева Е.В., Сухова И.В., Канаев М.А. Разработка биопродуктов функционального назначения на основе побочных продуктов переработки молока (сыворотки). Монография. Кинель: Самарский государственный аграрный университет. 2022; 152. ISBN 978-5-88575-679-2 <https://www.elibrary.ru/yubdws>

REFERENCES

1. Tarasova I.V., Rebezov M.B., Zinina O.V., Maksimuk N.N. Selection of microorganisms for processing collagen-containing raw materials. *Scientific support for innovative development of livestock farming. Collection of scientific papers based on proceedings of the International scientific and practical conference*. Zhodino: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry. 2013; 470–472 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mfjpy>
2. Bekeshova G.B., Ibragimov N.K., Kakimov A.K., Suychinov A.K., Yesimbekov Zh.S., Rebezov M.B. The effect of combined grinding on the technological characteristics of ground meat. *Vsyo o myase*. 2022; 5: 32–37 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2022-5-32-37>
3. Rebezov M.B. Biotechnological solutions for processing waste from grain processing enterprises. *SUSU Science. Proceedings of the 66th scientific conference*. Chelyabinsk: South Ural State University. 2014; 294–298 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ssqpyx>
4. Zinina O.V., Merenkova S.P., Rebezov M.B., Vishnyakova E.A. Research of the properties of protein hydrolysates obtained from the broiler chicken gizzards as a potential component of bioactive film coatings. *Food systems*. 2024; 7(1): 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-1-44-51>
5. Maksimuk N.N., Nekrasov A.V., Trofimova V.A., Rebezov M.B. Development of technology for processing non-food organic waste. *Current state and prospects for the development of the food industry and public catering. Collection of proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Chelyabinsk: South Ural State University. 2010; 1: 82–83 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zadzxs>
6. Rasaq W.A. *et al.* Food waste recycling to Yarrowia biomass due to combined hydrothermal carbonization and biological treatment. *Journal of Cleaner Production*. 2024; 456: 142385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142385>
7. Abilmazhinov Y., Rebezov M., Fedoseeva N., Nikolaeva N., Sepiashvili E. Enhancing Nutritional Value and Safety in Horse Meat Cutlets with Pumpkin Additives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242: 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012023>
8. Kalibekkyzy Z., Neverova O., Rebezov M., Fedoseeva N., Vasilievich N. Improved Organoleptic Properties in Cooked Sausages through a Mutton-Poultry Blend: An Analytical Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242: 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012026>
9. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; 13(2): e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
10. Nurgazezova A.N., Spanova A.M., Rebezov M.B., Zhakupbekova Sh.K., Kabaeva K.M. The use of rabbit meat and milk thistle meal in a low-calorie meat product. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 208–216 (in Kazakh). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-26](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-26)
11. Makhmudov F.A., Asimov S.T., Rebezov M.B., Iztaev A.I., Konarbayeva Z.K. Technology for production and quality of bread baked from whole grind wheat flour. *Bulletin of Shakarim University. Technical Sciences*. 2024; 1: 165–173 (in Russian). [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1\(13\)-21](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2024-1(13)-21)
12. Korosteleva L.A., Baimishev R.Kh., Romanova T.N., Dolgoшева E.V., Sukhova I.V., Kanaev M.A. Development of functional bioproducts based on by-products of milk processing (whey). Monograph. Kinel: Samara State Agrarian University. 2022; 152 (in Russian). ISBN 978-5-88575-679-2 <https://www.elibrary.ru/yubdws>

13. Ребезов М.Б., Зинина О.В., Нурымхан Г.Н., Нургазезова А.Н., Смольникова Ф.Х. Вторичное сырье молочной отрасли: современное состояние и перспективы использования. *АПК России*. 2016; 23(2): 482–487. <https://www.elibrary.ru/wcfffsh>
14. Наурзбаева Г.К., Смольникова Ф.Х., Ребезов М.Б. Исследование сливочного масла с растительными наполнителями. *Наука. Образование. Инновации. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции*. Мелеуз: Башкирский институт технологий и управления (филиал) Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первого казачьего университета). 2020; 74–78. <https://www.elibrary.ru/wbfcc>
15. Гнездилова А.И. Концентрированные молочные продукты на основе молочной сыворотки. *Устойчивое развитие науки и образования*. 2019; 11: 258–262. <https://www.elibrary.ru/bmcyrh>
16. Николина А.Д., Баландина В.А., Зинина О.В. Разработка и исследование ферментированного напитка для школьного питания. *Вестник биотехнологии*. 2023; 4: 12. <https://www.elibrary.ru/yzvxha>
17. Агаркова Е.Ю., Рязанцева К.А., Кручинин А.Г. Белки молочной сыворотки как источник антиоксидантных пептидов. *Сыроделие и маслоделие*. 2020; 2: 57–58. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-2-55-56>
18. Zaky A.A., Simal-Gandara J., Eun J.-B., Shim J.-H., Abd El-Aty A.M. Bioactivities, Applications, Safety, and Health Benefits of Bioactive Peptides From Food and By-Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 815640. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.815640>
19. Зинина О.В., Николина А.Д., Хвостов Д.В., Ребезов М.Б., Завьялов С.Н., Ахмедзянов Р.В. Белковый гидролизат как источник биоактивных пептидов в пищевой продукции диабетического питания. *Пищевые системы*. 2023; 6(4): 440–448. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-440-448>
20. Иванов Н.В. Молекулярный *in silico* скрининг и докинг потенциальных ингибиторов активности ферментов растительного сырья. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023; 1: 117–135. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.399>
21. Zinina O., Neverova O., Sharaviev P., Neverova E., Aleksandrina E. Determination of the functional properties of protein hydrolysates by the *in silico* method. *E3S Web of Conferences*. 2023; 395: 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339503004>
22. Чиряпкин А.С., Глушко А.А., Чиряпкин В.С., Гендугов Т.А. Методы и достижения компьютерного моделирования клетки. *Бюллетень науки и практики*. 2019; 5(5): 128–135. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/17>
23. Barati M. *et al.* Techniques, perspectives, and challenges of bioactive peptide generation: A comprehensive systematic review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020; 19(4): 1488–1520. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12578>
24. Mora L., Gallego M., Toldrá F. ACEI-Inhibitory Peptides Naturally Generated in Meat and Meat Products and Their Health Relevance. *Nutrients*. 2018; 10(9): 1259. <https://doi.org/10.3390/nu10091259>
25. Du X., Jing H., Li Wang, Huang X., Wang X., Wang H. Characterization of structure, physicochemical properties, and hypoglycemic activity of goat milk whey protein hydrolysate processed with different proteases. *LWT – Food Science and Technology*. 2022; 159: 113257. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113257>
13. Rebezov M.B., Zinina O.V., Nurymkhan G.N., Nurgazezova A.N., Smolnikova F.H. Secondary raw for milk industry: current state and prospects. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2016; 23(2): 482–487 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wcfffsh>
14. Naurzbayeva G.K., Smolnikova F.H., Rebezov M.B. The study of butter with vegetable fillers. *Science. Education. Innovation. Collection of proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Meleuz: Bashkir Institute of Technology and Management (branch) of K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University). 2020; 74–78 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wbfcc>
15. Gnezdilova A.I. Concentrated dairy products with milk whey. *Ustoychivoye razvitiye nauki i obrazovaniya*. 2019; 11: 258–262 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bmcyrh>
16. Nikolina A.D., Balandina V.A., Zinina O.V. Development and research of a fermented whey drink for school meals. *Bulletin of biotechnology*. 2023; 4: 12 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yzvxha>
17. Agarkova E.Yu., Ryazantseva K.A., Kruchinin A.G. Whey proteins as a source of antioxidant peptides. *Cheesemaking and buttermaking*. 2020; 2: 57–58 (in Russian). <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2020-2-55-56>
18. Zaky A.A., Simal-Gandara J., Eun J.-B., Shim J.-H., Abd El-Aty A.M. Bioactivities, Applications, Safety, and Health Benefits of Bioactive Peptides From Food and By-Products: A Review. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 815640. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.815640>
19. Zinina O.V., Nikolina A.D., Khvostov D.V., Rebezov M.B., Zavyalov S.N., Akhmedzyanov R.V. Protein hydrolysate as a source of bioactive peptides in diabetic food products. *Food systems*. 2023; 6(4): 440–448 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-4-440-448>
20. Ivanov N.V. Molecular *in silico* screening and docking of potential inhibitors of enzyme activity of plant raw materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2023; 1: 117–135 (in Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.399>
21. Zinina O., Neverova O., Sharaviev P., Neverova E., Aleksandrina E. Determination of the functional properties of protein hydrolysates by the *in silico* method. *E3S Web of Conferences*. 2023; 395: 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339503004>
22. Chiryapkin A., Glushko A., Chiryapkin V., Gendugov T.A. Methods and achievements of computer simulation of cell. *Bulletin of Science and Practice*. 2019; 5(5): 128–135 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/42/17>
23. Barati M. *et al.* Techniques, perspectives, and challenges of bioactive peptide generation: A comprehensive systematic review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020; 19(4): 1488–1520. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12578>
24. Mora L., Gallego M., Toldrá F. ACEI-Inhibitory Peptides Naturally Generated in Meat and Meat Products and Their Health Relevance. *Nutrients*. 2018; 10(9): 1259. <https://doi.org/10.3390/nu10091259>
25. Du X., Jing H., Li Wang, Huang X., Wang X., Wang H. Characterization of structure, physicochemical properties, and hypoglycemic activity of goat milk whey protein hydrolysate processed with different proteases. *LWT – Food Science and Technology*. 2022; 159: 113257. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113257>

ОБ АВТОРАХ

Илья Михайлович Чанов

студент

<https://orcid.org/0000-0001-7484-3252>

chanovi2000@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет,
пр. им. Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ilya Mikhailovich Chanov

Student

<https://orcid.org/0000-0001-7484-3252>

chanovi2000@mail.ru

South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia

УДК 311.2; 338.43

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186

Л.В. Улыбина

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

✉ 13.larisa@mail.ru

Поступила в редакцию:
02.03.2024Одобрена после рецензирования:
02.06.2024Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186

Larisa V. Ulybina

Chuvash State Agrarian University,
Cheboksary, Russia

✉ 13.larisa@mail.ru

Received by the editorial office:
02.03.2024Accepted in revised:
02.06.2024Accepted for publication:
17.06.2024

Современное состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса РФ в контексте экономической безопасности

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Агропромышленный комплекс в силу целого ряда причин занимает важное место в отечественной экономике. Его определяющая роль — в обеспечении продовольственной безопасности государства, а также межотраслевой характер, определяющий тот факт, что успешность функционирования смежных с АПК отраслей в значительной степени обуславливается его состоянием, выводит вопросы устойчивого развития АПК и обеспечения защищенности его экономических интересов в ряд наиболее важных общегосударственных проблем. Данное обстоятельство служит актуализации исследований в отмеченной предметной области и свидетельствует о необходимости их интенсификации.

Методы. В ходе выполнения работы использовались общелогические и эмпирические методы анализа, синтеза, аналогии, формализации, обобщения и сравнения.

Результаты. По результатам исследования сделан вывод о том, что темпы увеличения уровня износа основных фондов в сельскохозяйственной отрасли остаются ниже, чем по национальной экономике в целом, однако показывают и негативную динамику. Указанное обстоятельство свидетельствует о том, что модернизация материальной базы сельскохозяйственной отрасли происходит неудовлетворительными темпами. Одной из важных причин низких темпов развития АПК России является невысокий уровень внутреннего платежеспособного спроса на производимые им товары. Падение доли РФ в общемировой валовой добавленной стоимости сельского хозяйства свидетельствует о наметившемся отставании развития национального АПК и активном замещении ранее производимой им продукции странами восточного региона (Индия, Китай), что в среднесрочной перспективе способно негативно сказаться на уровне продовольственной безопасности России.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, экономическая безопасность, растениеводство, животноводство, урожайность, валовой сбор, внесение минеральных удобрений, инфраструктура АПК

Для цитирования: Улыбина Л.В. Современное состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса РФ в контексте экономической безопасности. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 179–186.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186>

© Улыбина Л.В.

Current state and problems of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of economic security

ABSTRACT

Relevance. The agro-industrial complex, for a number of reasons, occupies an important place in the domestic economy. Its defining role in ensuring the food security of the state, as well as its intersectoral nature, which determines the fact that the success of the functioning of industries related to the agro-industrial complex is largely determined by its condition, brings the issues of sustainable development of the agro-industrial complex and ensuring the protection of its economic interests to a number of the most important national problems. This circumstance serves to actualize research in the mentioned subject area and indicates the need for their intensification.

Methods. In the course of the work, general logical and empirical methods of analysis, synthesis, analogy, formalization, generalization and comparison were used.

Results. According to the results of the study, it was concluded that the rate of increase in the level of depreciation of fixed assets in the agricultural sector remains lower than in the national economy as a whole, however, they also show negative dynamics. This circumstance indicates that the modernization of the material base of the agricultural sector is taking place at an unsatisfactory pace. One of the important reasons for the low pace of development of the Russian agro-industrial complex is the low level of domestic effective demand for the goods produced by it. The decline in the share of the Russian Federation in the global gross value added of agriculture indicates the emerging lag in the development of the national agro-industrial complex and the active substitution of products previously produced by it by the countries of the eastern region (India, China), which in the medium term can negatively affect the level of food security in Russia.

Key words: agro-industrial complex, economic security, crop production, livestock production, productivity, gross harvest, application of mineral fertilizers, agro-industrial complex infrastructure

For citation: Ulybina L.V. Current state and problems of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of economic security. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 179–186 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-179-186>

© Ulybina L.V.

Введение/Introduction

Агропромышленный комплекс (далее — АПК) в силу целого ряда причин занимает важное место в экономике Российской Федерации [1]. Важная роль данного сектора в обеспечении продовольственной безопасности государства, а также его межотраслевой характер, определяющий тот факт, что успешность функционирования смежных с АПК отраслей в значительной степени обуславливается его состоянием, выводят вопросы устойчивого развития АПК и обеспечения защищенности его экономических интересов в ряд наиболее важных общегосударственных проблем.

Современное состояние российского агропромышленного производства сложно охарактеризовать однозначно. Если в начале XXI в. АПК представлял собой наиболее быстро растущий сектор национальной экономики, демонстрируя устойчивое повышение ключевых материальных показателей своей деятельности, то ситуация, складывающаяся в последнее десятилетие в результате повышения градуса международной напряженности, реализации пандемических вызовов и ряда других опасностей системного свойства, уже не дает оснований для столь оптимистичных выводов.

Так, согласно информации, публикуемой ФГС РФ, множество ключевых показателей, характеризующих состояние АПК РФ, внутреннее потребление его продукции и соответствующие разделы внешней торговли, начиная с 2014 г. демонстрируют выраженные негативные тренды. В частности, незначительная доля экономически активного населения страны, занятого в сельскохозяйственном производстве (такая доля по состоянию на 2023 г. составляла немногим менее 6% и была на порядок меньше доли населения, занятого в сфере услуг), последовательно сокращается, демонстрируя снижение с 5,07 млн. человек в 2017 г. до 4,27 млн. в 2021-м¹. Аналогичное снижение показывает и такой индикатор, как объем посевной площади сельскохозяйственных культур. С 2000 по 2021 г. относительное сокращение совокупной используемой посевной площади составило 29,8% (с 74,2 млн га до 52,1 млн га), а с 2017 по 2021 г. — 4,2%².

В указанных условиях очевидной представляется необходимость целенаправленного, грамотного и эффективного государственного регулирования развития АПК. При этом адекватность и эффективность такого регулирования в существенной мере будут обусловлены тем, насколько всесторонними и соответствующими реальному положению вещей в отрасли будут результаты оценки деятельности и развития АПК.

Оценка современного состояния АПК в национальном масштабе, наблюдаемых в его развитии тенденций и проблемных зон является неотъемлемым этапом обеспечения экономической безопасности АПК в самом широком смысле, поскольку сведения, получаемые в процессе реализации перечисленных процедур, составляют информационную основу управления экономической безопасностью, фундамент, без которого такое управление невозможно в принципе. Данное обстоятельство служит актуализации исследований в отмеченной предметной области и свидетельствует о необходимости их интенсификации.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В ходе исследования применялись общелогические и эмпирические методы анализа, синтеза, аналогии, формализации, обобщения и сравнения, статистического анализа.

Работа выполнялась на базе официально опубликованных данных Федеральной службы государственной статистики РФ, в частности статистических сборников, характеризующих современное состояние и тенденции развития АПК РФ, а также на выводах исследований ряда авторов. Материал для исследования обобщен за 2005–2023 гг.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Сложносоставной характер агропромышленного комплекса, разнородность входящих в него элементов, а также их связанность с целым рядом внешних социально-экономических систем диктуют необходимость комплексного подхода к осуществлению соответствующих оценочно-аналитических мероприятий [2]. В связи с этим в первую очередь представляется необходимым выделить играющие наибольшую роль в обеспечении бесперебойного функционирования и устойчивого развития АПК аспекты его деятельности и характеризующие их индикаторы (рис. 1).

Приведенная система индикаторов, по мнению автора, отвечает требованию комплексности, поскольку включает в себя показатели, характеризующие состояние всех ключевых сфер АПК [3]. Необходимо отметить, что ее состав в зависимости от конкретной цели оценочных мероприятий может варьироваться путем ее дополнения новыми показателями либо, напротив, исключения показателей, необходимость в которых в контексте таких мероприятий представляется сомнительной.

Следует отметить, что вопросы поэлементного состава и структуры АПК являются дискуссионными, единого мнения в научной среде по таким вопросам не существует. Вместе с тем наиболее значимыми в контексте исследования проблем экономической безопасности рассматриваемого межотраслевого комплекса представляются показатели, отражающие условия и результаты функционирования его производящей части. Данное обстоятельство служит необходимости выделения такой группы индикаторов, как макроэкономические показатели, отражающие совокупный итог функционирования АПК в разрезе базовых эконометрических характеристик, а также комплекс показателей материальной стороны сельскохозяйственного производства. Такие показатели характеризуют основополагающие аспекты материальной базы производства сельскохозяйственной продукции (например, посевные площади), его продуктивность (например, урожайность) и конечные результаты (например, объем годового производства молока).

Одно из важнейших источников вызовов и угроз экономической безопасности АПК — состояние конъюнктуры внутреннего и внешнего рынка агропродовольственных товаров. Реализация произведенной продукции, безусловно, является неотъемлемым этапом

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели 2022 г. Статистический сборник ФГС РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf (дата обращения: 20.02.2024).

² Сельское хозяйство в России 2022 г. Статистический сборник ФГС РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа. — URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2022.pdf (дата обращения: 22.02.2024).

Рис. 1. Система индикаторов оценки состояния АПК**Fig. 1.** System of indicators for assessing the state of the agro-industrial complex

Группы показателей, характеризующих состояние АПК

1. Макроэкономические показатели: ВРП, продукция сельского хозяйства, сальдированный финансовый результат предприятий АПК, рентабельность продаж предприятий АПК, инвестиции в основной капитал, стоимость основных фондов, оборот организаций АПК, степень износа основных фондов, валовая добавленная стоимость в сельском хозяйстве, удельный вес полностью изношенных основных фондов

2. Показатели материальной стороны сельскохозяйственного производства: посевные площади, урожайность и валовый сбор основных сельскохозяйственных культур, поголовье скота и птицы, производство скота и птицы на убой, производство яиц и молока

3. Индикаторы состояния внутреннего агропродовольственного рынка: оборот внутренней торговли продукцией АПК, показатели структуры внутренней торговли продукцией АПК, оборот общественного питания

4. Показатели, характеризующие материальную инфраструктуру АПК: показатели обеспеченности сельхозтехникой, показатели обеспеченности удобрениями и сельскохозяйственной химией, показатели энерговооруженности отрасли

5. Прочие показатели: индикаторы внешней торговли продукцией АПК, показатели, характеризующие социально-демографическую обстановку и уровень жизни населения, и др.

агропромышленного воспроизводственного цикла, от особенностей которого самым непосредственным образом зависит благополучие всего АПК. В связи с этим считаем необходимым выделить в системе индикаторов оценки состояния АПК показатели внутреннего агропродовольственного рынка и внешней торговли продукцией АПК.

Не менее важную роль в жизнедеятельности АПК играют обеспечивающее его основную деятельность инфраструктурное окружение и социально-демографическая ситуация на национальном уровне. Наличие и состояние мощностей по хранению и переработке сельхозпродукции, уровень обеспеченности средствами производства, состояние и пропускная способность транспортной сети, обеспеченность отрасли квалифицированными кадрами и необходимым объемом человеческих ресурсов являются факторами, способными как существенно повысить эффективность деятельности агропромышленного комплекса, так и полностью парализовать таковую. В связи с этим в качестве одного из важнейших компонентов системы индикаторов оценки состояния АПК с позиций его экономической безопасности рассматривается группа показателей, характеризующих материальную инфраструктуру АПК.

К показателям, отражающим социально-демографическую обстановку и уровень жизни населения, предлагаются такие индикаторы, как численность населения трудоспособного возраста, уровень занятости населения, долю занятых в АПК и смежных отраслях, реальные денежные доходы населения, долю расходов, связанных с приобретением продуктов питания, а также индексы цен на продовольствие. Показатели данной группы способны охарактеризовать такие важные для состояния экономической безопасности АПК аспекты, как уровень внутреннего платежеспособного спроса на объекты рынка продовольствия и уровень обеспеченности агропромышленных производств трудовыми ресурсами.

С учетом наблюдаемой в последнее десятилетие значительной волатильности курсов российского рубля к основным резервным валютам [4], а также проистекающих из существенной импортозависимости отечественной экономики и несовершенства существующих методических подходов сложности реалистичной оценки интенсивности инфляционных процессов в стране [5] считаем необходимым производить оценку показателей, имеющих денежное выражение, в долларах США (далее — USD) по среднегодовому курсу ЦБ РФ, имевшему место в течение рассматриваемых периодов. Кроме того, в целях повышения объективности сравнительного анализа и лучшего понимания трендов, наблюдаемых в изменении таких показателей, полагаем целесообразным учитывать официальный уровень инфляции USD (табл. 1).

Оценка представленных в таблице 1 сведений, отражающих динамику изменения важнейших аспектов производственной базы отечественных сельскохозяйственных предприятий, позволяет констатировать, что объем средств, инвестированных в основной капитал сельхозпредприятий в течение 2005–2022 гг., изменился несущественно. Так, в 2005 г. суммарный размер инвестиций в основной капитал таких предприятий составил 4,94 млрд USD, а в 2022-м, показав прирост на 0,6 млрд USD, или 12,1%, по отношению к аналогичному значению 2005 г., достиг 5,54 млрд USD. При этом доля инвестиций в основной капитал сельскохозяйственных предприятий в общеотраслевом объеме инвестиций показала снижение с максимальных за весь период наблюдений (2005–2022 гг.) 3,96% в 2005 г. до 3,55% в 2022-м. Указанное обстоятельство, по-видимому, явилось причиной того, что темпы роста стоимости основных фондов и ввода таких фондов в действие для сельхозпредприятий в рамках общеотраслевой картины

Таблица 1. Значения ряда показателей основных фондов АПК в 2005–2022 гг., млн USD в ценах 2005 г.³

Table 1. Values of a number of indicators of fixed assets of the agro-industrial complex in 2005–2022, million USD in 2005 prices

Показатель	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2022 г.
Инвестиции в основной капитал сельхозпредприятий	4943,9	8729,2	6724,8	5078,4	5543,9
Доля инвестиций в основной капитал сельхозпредприятий в общеотраслевом объеме инвестиций, %	3,96	3,34	3,70	3,58	3,55
Общеотраслевая стоимость основных фондов	1 466 722,1	2 657 492,9	2 008 802,1	3 326 239,6	3 530 184,8
Стоимость основных фондов сельхозпредприятий	50 904,4	81 558,7	53 557,1	63 453,9	70 616,3
Общеотраслевой ввод в действие основных фондов	–	178 978,8	133 995,9	170 095,7	204 196,2
Ввод в действие основных фондов сельхозпредприятий	–	8865,7	5616,9	6302,1	9249,4

³ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2024).

продemonстрировали существенное отставание (рис. 2).

В частности, совокупный прирост общеотраслевой стоимости основных фондов с 2005 по 2022 г. составил 140,7%, а увеличение стоимости основных фондов предприятий сельского хозяйства — лишь 38,7%; объем введенных в действие основных фондов по всем отраслям народного хозяйства за указанный период продемонcтрировал рост на 14,1%, а аналогичный показатель по виду деятельности «сельское хозяйство» — лишь 4,3%⁴.

С учетом того что степень износа основных фондов и удельный вес полностью изношенной их части для предприятий сельскохозяйственной отрасли показывают значительно более низкие значения, чем в среднем по экономике РФ (рис. 3), можно говорить о том, что относительно небольшой прирост стоимости основных фондов сельскохозяйственного производства является следствием того, что одним из важнейших факторов сельскохозяйственного производства, в отличие от большинства других отраслей, является земля, что определяет специфику основных фондов рассматриваемой отрасли и в конечном счете делает возможным достаточно эффективное их использование в условиях меньших по сравнению с другими отраслевыми группами финансовых вложений.

Анализ динамики изменения сальдированного финансового результата организаций растениеводства и животноводческих (рис. 4) позволяет констатировать последовательное увеличение совокупного сальдированного результата сельхозпредприятий, составившее в 2022 г. по сравнению с 2005-м 3,83 млрд USD.

Указанное обстоятельство, способное в целом характеризовать такую динамику как положительную в отношении состояния экономической безопасности АПК России, необходимо рассматривать в совокупности с изменениями удельного вклада в сальдированный финансовый результат организаций растениеводческого и животноводческого профиля, а также рядом других сведений. Здесь можно отметить, что доля предприятий растениеводства в общем сальдированном финансовом результате сельскохозяйственных организаций с 2005 по 2022 г. значительно выросла: ее вес в таком результате в 2022 г. составил 65,0%, увеличившись с 2005 г. более чем вдвое⁶.

В целом аналогичные тренды, способные свидетельствовать о ряде важных с позиций концептуального развития АПК и экономической безопасности конгломерата сельхозпроизводителей качественных изменений

Рис. 2. Относительное изменение стоимости общеотраслевых основных фондов и стоимости основных фондов сельхозпредприятий в 2005–2022 гг., %
Fig. 2. Relative change in the value of industry-wide fixed assets and the value of fixed assets of agricultural enterprises in 2005–2022, %



Рис. 3. Динамика изменения степени износа и удельного веса полностью изношенных основных фондов в сельском хозяйстве и в среднем по экономике РФ в 2005–2022 гг., %⁵

Fig. 3. Dynamics of changes in the degree of wear and tear and the share of completely worn-out fixed assets in agriculture and on average in the Russian economy in 2005–2022, %

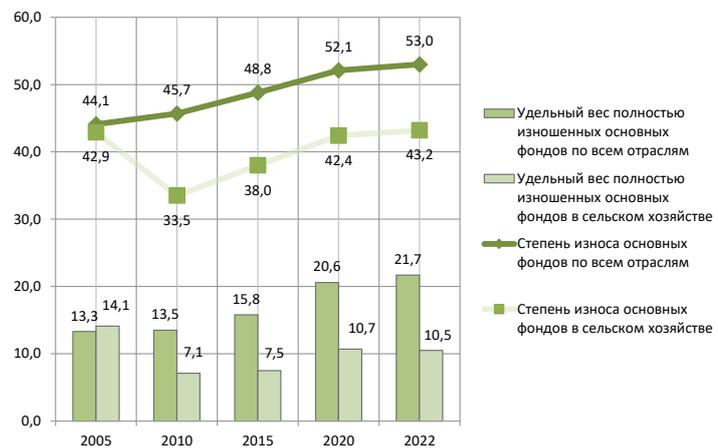
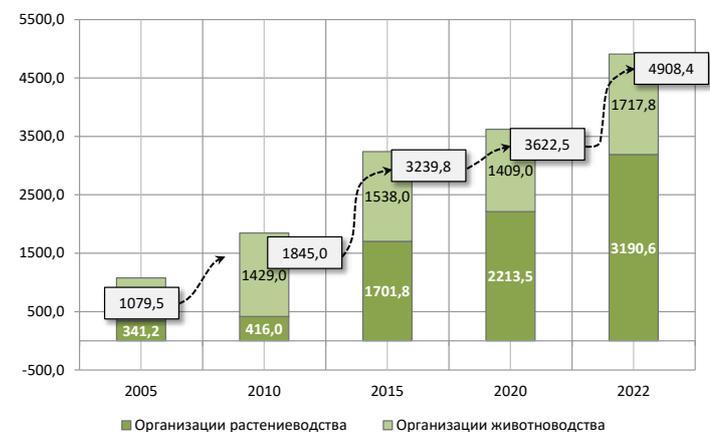


Рис. 4. Сальдированный финансовый результат сельскохозяйственных организаций в 2005–2022 гг., млн USD⁷

Fig. 4. Balanced financial result of agricultural organizations in 2005–2022, million USD.



⁴ Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gks.ru/> (дата обращения: 19.02.2024).

⁵ Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gks.ru/> (дата обращения: 19.02.2024).

⁶ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2024).

⁷ Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gks.ru/> (дата обращения: 19.02.2024).

в рассматриваемой сфере, прослеживаются и в отношении показателей рентабельности (рис. 5).

Рентабельность организаций растениеводства с 2005 по 2022 г. демонстрировала устойчивый рост, начавшийся с 6,4 п. п. в 2005 г. и к 2022-му послуживший причиной повышения рентабельности таких организаций до отметки в 48,5%. При этом рентабельность животноводческих предприятий в России столь существенного увеличения не продемонстрировала. Ее значение в 2022 г. составило 12,6%, что лишь на 3,1% выше значения аналогичного показателя 2005 г.⁹

Повышение рентабельности растениеводства, по-видимому, обусловлено множеством факторов, имеющих различную природу. Важнейшими из таких факторов, на взгляд автора, стали рыночная конъюнктура в отношении цен на зерновые культуры и существенное повышение показателей урожайности и валового сбора основного драйвера отечественного растениеводства — зерновых культур (табл. 2).

При этом второй из отмеченных факторов, являющийся объективным драйвером роста рентабельности, безусловно, играет в формировании описанных тенденций более выраженную роль. Об этом можно судить, например, исходя из того, что среднегодовая биржевая стоимость пшеницы, рассчитанная на отрезках 2005–2009, 2010–2014, 2015–2019 и 2020–2022 гг., в отличие от показателя рентабельности организаций растениеводства, демонстрировавшего (повторимся) устойчивый рост на протяжении всего наблюдаемого периода, в течение отрезка 2015–2019 гг. составляла 475,8 USD за 100 бушелей, что на 184,8 USD ниже ее средневзвешенной стоимости за 2010–2014 гг.

Вообще необходимо отметить, что граница значения показателя рентабельности растениеводства, при достижении которой появляется объективная возможность обеспечения непрерывного и качественного развития соответствующих предприятий, по мнению ряда крупнейших отечественных сельхозпроизводителей, проходит по уровню в 40%. Исходя из этого, можно заключить, что приемлемый с позиций обеспечения устойчивого инновационного развития и, соответственно, экономической безопасности уровень рентабельности был достигнут лишь в 2022 г.

Оценка характеризующих динамику поголовья ключевых видов сельскохозяйственных животных сведений (рис. 6) приводит к выводу о том, что численность поголовья крупного рогатого скота с 2005 по 2022 г. претерпела существенное снижение (с 21,62 млн в 2005 г. до 17,65 млн в 2022-м), при этом процесс такого снижения являлся последовательным, а его темп находился примерно на одном уровне.

В экспертном сообществе имеется мнение, что основными причинами, обуславливающими такую динамику, являются низкая рентабельность данной

Рис. 5. Рентабельность организаций растениеводства и животноводства в 2005–2022 гг., %⁸

Fig. 5. Profitability of crop and livestock production organizations in 2005–2022, %

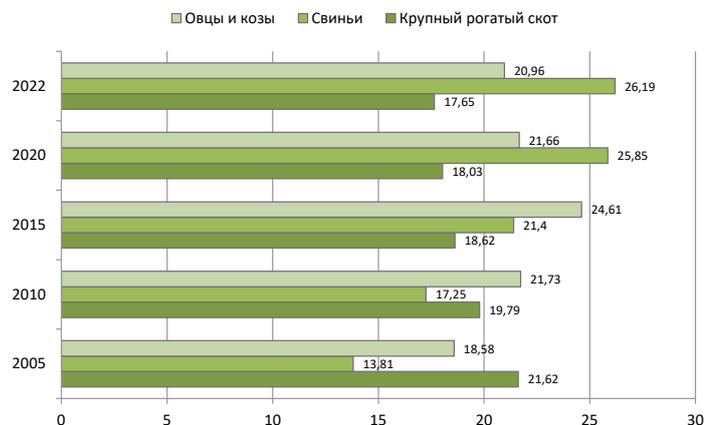


Таблица 2. Значения ряда индикаторов растениеводства в 2005–2022 гг.⁹
Table 2. Values of a number of crop production indicators in 2005–2022

Наименование показателя	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2022 г.
Посевные площади всех сельскохозяйственных культур, млн га	77,5	75,2	79,3	79,9	80,4
Посевные площади зерновых, млн га	43,8	43,2	46,6	47,9	47,0
Валовый сбор зерна, млн т	78,3	61,0	104,8	133,5	121,4
Урожайность зерновых культур, ц/га	18,5	18,3	23,7	28,6	26,7
Внесение минеральных удобрений, кг/га	24,7	38,0	42,2	68,6	74,6
Внесение органических удобрений, т/га	0,9	1,1	1,3	1,6	1,6

Рис. 6. Динамика изменения поголовья ключевых видов сельскохозяйственных животных в 2005–2022 гг., млн голов⁹

Fig. 6. Dynamics of changes in the number of key species of farm animals in 2005–2022, million heads



подотрасли животноводства и складывающаяся в ее итоге неконкурентоспособность продукции большинства соответствующих производств¹⁰. В качестве еще одного важного фактора, оказывающего негативное влияние на конъюнктуру внутреннего рынка мяса говядины, а значит, и на рентабельность его производства, по мнению автора, выступает значительная продовольственная инфляция, наблюдаемая в РФ в последнее десятилетие и вызывающая последовательное снижение внутреннего спроса на говядину ввиду сокращения ее доступности.

О низкой рентабельности отечественного производства мяса КРС и конкурентоспособности соответствующей продукции свидетельствует тот факт, что в структуре импорта всех видов мяса в РФ говядина по состоянию на 2022 г. занимает значительную долю (39,1%), уступая лишь мясу птицы (44,2%),

⁸ Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://gks.ru/> (дата обращения: 19.02.2024).

⁹ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2024).

¹⁰ https://www.testfirm.ru/keyrates/01_rasteniyevodstvo-i-zhivotnovodstvo-okhota-i-predostavlenie-sootvetstvuyushchikh-uslug-v-etikh-oblastyakh (дата обращения: 18.02.2024)

а в структуре экспорта из РФ такая доля, напротив, составляет лишь немногим более 6%¹¹.

Ключевыми импортерами мяса в РФ в 2022 г. стали Беларусь (37,8% всего объема импорта мяса в денежном выражении), Бразилия (24,0%), Парагвай (16,6%), Аргентина (8,2%) и Казахстан (4,4%). Доля остальных стран незначительна и в совокупности не превышает 9%.

Основными покупателями производимого отечественным АПК мяса по итогам 2022 г. стали Китай (более 27% общего объема экспорта), Узбекистан (19,1%), Украина (12,8%) и Казахстан (8,4%) [6]. При этом свиноводческая отрасль, напротив, показала существенный прирост производимой продукции, выразившийся в увеличении поголовья свиней с 13,81 млн голов в 2005 г. до 26,19 млн голов в 2022-м. Указанное обстоятельство в полной мере коррелирует с отмеченным выше изменением структуры внутреннего спроса на мясную продукцию, а также тем, что свинина занимает одно из ведущих мест в общем объеме экспорта мяса РФ.

Оценка изменения численности парка ключевых видов сельскохозяйственной техники, находящейся в распоряжении сельхозпроизводителей, позволяет сделать вывод о том, что с 2005 по 2022 г. количество единиц такой техники с небольшими отклонениями по отдельным позициям сократилось более чем вдвое (табл. 3). При этом наибольшие темпы спада технической вооруженности отечественного АПК пришлось на 2005–2015 гг., в дальнейшем сокращение числа сельхозтехники

замедлилось, а по некоторым направлениям, например по машинам для внесения минеральных и органических удобрений, изменило тренд.

Общее количество основных видов сельхозтехники, находящейся в распоряжении предприятий АПК РФ, также существенно уменьшилось, сократившись с 1064,7 тыс. ед. в 2005 г. до 450,3 тыс. ед. в 2022-м. Вместе с тем темп такого сокращения последовательно уменьшался. Так, на отрезке 2005–2010 гг. он в среднем годовом выражении составил 7,3%, с 2010 по 2015 г. — 4,6%, с 2015 по 2020 г. — 2,3%, с 2020 по 2022 г. — 1,5%.

Отмеченная выше отрицательная динамика совокупного количества основных технических средств производства непосредственно сельскохозяйственной части АПК, несомненно, является фактором, указывающим на наличие в рассматриваемой отрасли системных проблем, способных представлять непосредственную угрозу ее экономической безопасности. Однако при оценке данного тренда в совокупности с приведенными ранее сведениями о существенном приросте урожайности и валового сбора основных сельскохозяйственных культур, имевшем место с 2005 г. по настоящее время, отрицательное действие данной группы факторов уже не представляется столь выраженным, а показатели, отражающие лишь объемные характеристики парка сельскохозяйственных машин АПК, — достаточными для вынесения обоснованных суждений о наличии либо отсутствия негативных эффектов такого сокращения.

Важным элементом материальной составляющей производственной инфраструктуры АПК является обеспеченность отрасли удобрениями, а также рациональное использование агроклиматических ресурсов, имеющихся в распоряжении данной отрасли. Здесь необходимо отметить, что обеспеченность отечественных сельхозпредприятий удобрениями является достаточно высокой, их внутреннее производство находится на уровне, позволяющем не только практически полностью покрывать потребности АПК, но и делающим такие удобрения одной из важных экспортных статей.

Отмеченное в 2022 г. уменьшение объема минеральных удобрений, произведенных на российских предприятиях, имело своей причиной не какие-либо значительные изменения внутреннего спроса на них, а возникшие в результате реализации направленной против интересов России санкционной политики ряда западных стран логистические проблемы. Так, фактический объем экспортных перевозок минеральных удобрений в 2022 г. по сравнению с аналогичным показателем 2021 г. снизился более чем на 22% (рис. 7).

Доля удобренной площади в общем объеме сельскохозяйственных посевов в России (начиная с 2000 г.) демонстрирует устойчивый рост, приведший к тому, что в 2020 г. размер такой доли впервые в постсоветской истории превысил соответствующий показатель 1990 г., что также, на взгляд автора, является одним из положительно

Таблица 3. Динамика изменения количества основных видов сельхозтехники, находящейся в распоряжении предприятий АПК РФ в 2005–2022 гг., тыс. шт.¹²

Table 2. Dynamics of changes in the number of main types of agricultural machinery at the disposal of agricultural enterprises of the Russian Federation in 2005–2022, thousand units

Показатель	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2022 г.	Изменение 2005–2022, %
Тракторы	480,3	310,3	233,6	205,3	203,7	-57,6
Плуги	148,8	81,9	64,1	55,8	53,1	-64,3
Культиваторы	175,5	119,8	93,2	82,0	80,9	-53,9
Комбайны зерноуборочные	129,2	80,7	61,4	54,5	53,6	-58,5
Косилки	63,9	41,3	32,2	29,6	29,3	-54,1
Машины для внесения удобрений	16,7	10,4	8,4	8,6	8,9	-46,7
Доильные установки	50,3	31,4	25,1	21,5	20,8	-58,6

Рис. 7. Производство минеральных удобрений в России в 2017–2022 гг., тыс. т¹³

Fig. 7. Production of mineral fertilizers in Russia in 2017–2022, thousand tons



¹¹ Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. Режим доступа. — URL: <https://www.fao.org/statistics/ru/> (дата обращения: 16.02.2024).

¹² Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.02.2024).

¹³ Богачев А.И., Дорощева Л.Н. Российский рынок минеральных удобрений: особенности функционирования в новых реалиях и метаморфозы развития. Вестник аграрной науки. 2022; 3(96):78–91.

характеризующих развитие отечественного сельскохозяйственного производства индикатором [7].

Необходимо отметить, что в России наряду с вопросами рационального применения удобрений и использования наиболее рентабельных сортов соответствующих культур весьма остро стоит проблема восстановления плодородия сельскохозяйственных земель. В настоящее время результатом последовательной деградации почв, используемых в растениеводстве, а также ставшего следствием экстенсивного земледелия уплотнения структуры сельскохозяйственного производства совокупный объем посевных площадей РФ к уровню 1992 г. сократился на 40%. При этом уменьшение площадей кормовых культур к уровню 1992 г. составило 60%, овощных культур и картофеля — 30%. Площади, занятые зерновыми культурами, напротив, увеличились на 25% и превысили отметку в 50% от всех используемых в отечественном растениеводстве земель. Одновременно с этим структура производства зерновых культур претерпела существенные изменения. Наибольшую долю в такой структуре за счет сжатия площадей остальных сельскохозяйственных культур стали занимать озимая пшеница и кукуруза на зерно. Данное обстоятельство, по-видимому, стало следствием произошедшего разворота отечественного растениеводства в экспортном направлении, что в перспективе способно генерировать существенные угрозы не только экономической безопасности рассматриваемой отрасли народного хозяйства (обусловленные, например, резким изменением рыночной конъюнктуры либо введением каких-либо ограничивающих санкций в отношении экспортируемой Россией продукцией растениеводства), но и продовольственной безопасности в общенациональном масштабе.

Ряд негативных тенденций наблюдается и в отношении обеспеченности сельхозпредприятий России органическими удобрениями. Согласно некоторым данным, ежегодная потребность РФ в удобрениях, принадлежащих к данной группе, составляет величину порядка 1,0 млрд т, при этом удовлетворяется такая потребность лишь на 5–6% [8]. В течение 2015–2022 гг. внесение органических удобрений производилось менее чем на 10% всех земель, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур [2]. Необходимо отметить, что данная тенденция напрямую связана с резким сокращением поголовья скота, отходы от выращивания которого традиционно применялись в качестве органических удобрений.

Выводы/Conclusion

Таким образом, характеризуя развитие и текущее состояние АПК РФ, можно выделить следующие основные тенденции и проблемы.

Несмотря на то что темпы увеличения уровня износа основных фондов в сельскохозяйственной отрасли остаются ниже, чем по национальной экономике в целом, в данном отношении наблюдается негативная динамика, выразившаяся в росте уровня износа таких фондов с 42,9% в 2005 г. до 43,2% в 2022-м. Между тем удельный вес полностью изношенных основных фондов рассматриваемой отрасли снизился с 14,1 до 10,5%. Указанное обстоятельство свидетельствует о том, что

модернизация материальной базы сельскохозяйственной отрасли происходит несколько более успешно, чем в масштабах всего народного хозяйства страны, однако темпы такой модернизации всё еще являются неудовлетворительными.

Рентабельность животноводческих организаций в течение наблюдаемого периода повысилась незначительно и по состоянию на 2022 г. остается на уровне, не позволяющем осуществлять активное развитие данной отрасли экономики. Тренды, наблюдаемые в этом отношении в растениеводстве, представляются значительно более позитивными, но при этом, судя по имевшему месту в последние годы резкому росту мировых цен на основные виды растениеводческой продукции, во многом обуславливаются именно совокупностью рыночных факторов, что в свою очередь указывает на повышение зависимости отечественного растениеводческого комплекса от конъюнктуры мирового агропродовольственного рынка, на что, в частности, указывает и существенное повышение доли продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в совокупной стоимости экспорта РФ (с 1,8% в 2005 г. до 8,4% в 2022-м).

Одновременно с этим, несмотря на достаточно высокий уровень самообеспеченности основными группами продовольственных товаров, уровень внутреннего платежеспособного спроса на товары, производимые АПК, в целом по стране остается достаточно невысоким, что обусловлено отсутствием выраженной и устойчивой положительной динамики в изменении среднедушевых доходов и уровня жизни населения. Данное обстоятельство, на взгляд автора, является фактором, ингибирующим качественное развитие отечественного АПК и обуславливающим ограниченность предлагаемых им товаров.

Еще одним важным следствием низкого уровня внутреннего платежеспособного спроса может стать наблюдаемое уплотнение структуры предложения продовольственных товаров, которое по мере снижения показателей, отражающих доходы населения страны, демонстрирует смещение в сторону наиболее дешевых базовых продуктов питания.

Протекающее параллельно с указанными процессами последовательное увеличение совокупного объема сельскохозяйственного производства, доли такого производства в национальном ВВП, а также существенный рост рентабельности отдельных его секторов (в частности, растениеводства) закономерно приводят к переориентации национального рынка продовольственных товаров на экспортную модель, сокращению объемов импорта продовольствия. При этом важнейшими факторами, обусловившими активное импортозамещение целого ряда групп сельскохозяйственных сырьевых и продовольственных товаров, стали геополитическая конъюнктура и непрерывно нарастающее санкционное давление в отношении Российской Федерации.

Падение доли РФ в общемировой валовой добавленной стоимости сельского хозяйства свидетельствует о наметившемся отставании развития национального АПК и активном замещении ранее производимой им продукции странами восточного региона (Индия, Китай), что в среднесрочной перспективе способно негативно сказаться на уровне продовольственной безопасности России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хадужева Я.А., Ильясова К.Х. Агропромышленный комплекс (АПК) как экономическая категория и объект исследования в экономике страны. *ФГУ Science*. 2020; 3: 146–154. <https://elibrary.ru/njhxhe>
2. Трифонов Ю.В., Брыкалов С.М., Трифонов В.Ю. Оценка состояния экономических систем по различным критериям. *Фундаментальные исследования*. 2020; 3: 107–112. <https://doi.org/10.17513/fr.42708>
3. Улыбина Л.В., Алексеева Н.В., Семенов А.А. Тенденции развития аграрного сектора экономики Приволжского федерального округа. *Аграрная наука*. 2023; 8: 151–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156>
4. Мальсагова Р.Г., Лисковецкая Т.П., Ленков И.Н. Изменение курса рубля в условиях экономического кризиса: последствия и эффективность предпринятых мер. *Финансы и кредит*. 2021; 27(1): 113–128. <https://doi.org/10.24891/fc.27.1.113>
5. Бурцева Т.А., Френкель А.А., Тихомиров Б.И., Сурков А.А. Достоверная оценка инфляции как объективная необходимость. *Вопросы статистики*. 2021; 28(6): 18–29. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-6-18-29>
6. Узун В.Я., Фомин А.А., Логинова Д.А. Место России на агропродовольственной карте мира. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018; 1: 68–76. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2018-11016>
7. Богачев А.И., Дорофеева Л.Н. Российский рынок минеральных удобрений: особенности функционирования в новых реалиях и метаморфозы развития. *Вестник аграрной науки*. 2022; 3: 78–92. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.3.78>
8. Лукин С.М. Экологические проблемы производства и применения органических удобрений в земледелии России. Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Владимир: ПресСто. 2015; 19–28. <https://elibrary.ru/vnrvpcr>

ОБ АВТОРАХ

Лариса Витальевна Улыбина

доцент, кандидат экономических наук
13.larisa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6688-4433>

Чувашский государственный аграрный университет,
ул. им. Карла Маркса, 29, Чебоксары, 428000, Россия

REFERENCES

1. Khadueva Ya.A., Ilyasova K.Kh. Agroindustrial complex (AIC) as an economic category and an object of research in the economy of the country. *FGU Science*. 2020; 3: 146–154 (in Russian). <https://elibrary.ru/njhxhe>
2. Trifonov Yu.V., Brykalov S.M., Trifonov V.Yu. Assessment of the state of economic systems by various criteria. *Fundamental research*. 2020; (3): 107–112 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/fr.42708>
3. Ulybina L.V., Alekseeva N.V., Semenov A.A. Trends in the development of the agricultural sector of the economy of the Volga Federal District. *Agrarian science*. 2023; 8: 151–156 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156>
4. Malsagova R.G., Liskovetskaya T.P., Lenkov I.N. Changes in the ruble exchange rate during the economic crisis: Consequences and effectiveness of the efforts undertaken. *Finance and Credit*. 2021; 27(1): 113–128 (in Russian). <https://doi.org/10.24891/fc.27.1.113>
5. Burtseva T.A., Frenkel A.A., Tikhomirov B.I., Surkov A.A. Reliable Assessment of Inflation as an Objective Necessity. *Voprosy statistiki*. 2021; 28(6): 18–29 (in Russian). <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2021-28-6-18-29>
6. Uzun V.Ya., Fomin A.A., Loginova D.A. Position of Russia on the world agro-food map. *International Agricultural Journal*. 2018; 1: 68–76 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2018-11016>
7. Bogachev A.I., Dorofeeva L.N. The Russian market of mineral fertilizers: features of functioning in the new realities and metamorphoses of development. *Bulletin of agrarian science*. 2022; 3: 78–92 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.3.78>
8. Lukin S.M. Environmental problems in the production and use of organic fertilizers in Russian agriculture. *Environmental problems of using organic fertilizers in agriculture. Proceedings of the all-Russian scientific and practical conference with international participation*. Vladimir: PresSto. 2015; 19–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/vnrvpcr>

ABOUT THE AUTHORS

Larisa Vital'evna Ulybina

Associate Professor, Candidate of Economic Sciences
13.larisa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6688-4433>

Chuvash State Agrarian University,
29 K. Marx Str., Cheboksary, 428000, Russia

18-19 ИЮЛЯ

Научно-практический форум

АГРОПОЛИГОН

2024



Организаторы:

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» при официальной поддержке Министерства сельского хозяйства и продовольствия Московской области

- Научно-практические сессии по актуальным вопросам комплексного применения удобрений и средств защиты растений;
- Презентации новейших разработок в области агротехнологий;
- Выставка сельскохозяйственной техники;
- Цифровые платформы для ведения сельскохозяйственного производства.

МО, г.о. Домодедово,
мкр. Барыбино,
с. Щербанцево



ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
<https://vniia-pr.ru/agropoligon-2024/>
agropoligon@vniia-pr.ru
info@vniia-pr.ru
+7 (499) 976-37-50

Реклама

УДК 338.32.053.4

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192

Л. В. Кузнецова¹ ✉А. В. Лавров²

¹Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального исследовательского центра картофеля им. А. Г. Лорха, Калуга, Россия

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ torg.kniish@mail.ru

Поступила в редакцию:
27.03.2024

Одобрена после рецензирования:
02.06.2024

Принята к публикации:
17.06.2024

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192

Lyubov V. Kuznetsova¹ ✉Alexander V. Lavrov²

¹Kaluga Research Institute of Agriculture — branch of the Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Kaluga, Russia

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

✉ torg.kniish@mail.ru

Received by the editorial office:
27.03.2024

Accepted in revised:
02.06.2024

Accepted for publication:
17.06.2024

Анализ обеспеченности тракторами аграрного сектора экономики Калужской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Машинно-тракторный парк хозяйств области призван обеспечивать выполнение всех механизированных работ с высоким качеством и в обоснованные сроки с возможно наименьшими расходами на его эксплуатацию, с высокой годовой наработкой на каждый трактор и равномерной занятостью механизаторов в период полевых работ. При недостаточном численном составе МТП нарушаются агротехнические сроки выполнения полевых работ и, соответственно, уменьшается урожайность сельскохозяйственных культур при одновременном снижении качества продукции.

Методы. Исследования проведены в соответствии с методиками А.Ю. Измайлова, В.П. Елизарова, Н.М. Антышева, Я.П. Лобачевского, В.Г. Шевцова, В.М. Бейлиса, Э.В. Жалнина и др.

Результаты. В ходе проведенных расчетов установлено, что в аграрном секторе Калужской области сложился дефицит колесных тракторов (959 шт.), гусеничных тракторов (303 шт.). Фактическое наличие тракторов в расчете на 1000 га пашни составляет 7,36 эт. ед., что ниже нормативного показателя (10,1 эт. ед.) на 27,2%. Обеспеченность тракторами в эт. ед. — 72,8%. Энергообеспеченность (л. с.) на 1000 га пашни составляет 952,9 л. с., или от нормы (1212 л. с.) 78,6%. За сроком амортизации из имеющегося наличия тракторов находятся 63,4%, средний их возраст выше срока амортизации в 2 раза и составляет 17 лет.

Ключевые слова: тракторный парк АПК, количественный состав, норматив потребности, обеспеченность, энергооснащенность

Для цитирования: Кузнецова Л.В., Лавров А.В. Анализ обеспеченности тракторами аграрного сектора экономики Калужской области. *Аграрная наука*. 2024; 384(7): 187–192.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192>

© Кузнецова Л.В., Лавров А.В.

Analysis of the supply of tractors in the agricultural sector of the Kaluga region economy

ABSTRACT

Relevance. The machine and tractor fleet of the region's farms is designed to ensure that all mechanized work is performed with high quality and within a reasonable time frame with the lowest possible operating costs, with a high annual operating time for each tractor and uniform employment of machine operators during field work. If the number of machine and tractor fleets is insufficient, the agrotechnical deadlines for completing field work are violated and, accordingly, the yield of agricultural crops decreases while the quality of products decreases.

Methods. The research was carried out in accordance with the methods of A.Y. Izmailov, V.P. Elizarov, N.M. Antyshev, Ya.P. Lobachevsky, V.G. Shevtsov, V.M. Beilis, E.V. Zhalnin, etc.

Results. During the calculations carried out, it was found that in the agricultural sector of the Kaluga region there was a shortage of wheeled tractors (959 units) and tracked tractors (303 units). The actual availability of tractors per 1000 hectares of arable land is 7.36 fl units, which is 27.2% lower than the standard indicator (10.1 fl units). The availability of tractors in these units is 72.8%. The energy supply (hp) per 1000 hectares of arable land is 952.9 hp, or 78.6% of the norm (1,212 hp). 63.4% of the available tractors are beyond the depreciation period, their average age is 2 times higher than the depreciation period and is 17 years.

Key words: tractor fleet of the agro-industrial complex, quantitative composition, standard requirements, security, power supply

For citation: Kuznetsova L.V., Lavrov A.V. Analysis of the supply of tractors in the agricultural sector of the Kaluga region economy. *Agrarian science*. 2024; 384(7): 187–192 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-187-192>

© Kuznetsova L.V., Lavrov A.V.

Введение/Introduction

Важные условия эффективного сельскохозяйственного производства — оптимальное формирование и рациональное использование материально-технической базы сельского хозяйства — основа получения выращенного урожая без потерь [1].

За последние три десятилетия в стране произошло значительное сокращение количества сельскохозяйственных машин и оборудования, поступающих на село, что повлекло за собой абсолютное и относительное сокращение численности машинно-тракторного парка (МТП), его моральное и физическое старение, ухудшение технического состояния, отклонение структуры парка техники от оптимальных параметров [2]. Согласно данным Росстата Калужской области¹, наблюдалась следующая динамика обеспеченности тракторами сельскохозяйственных организаций (табл. 1).

Данные таблицы 1 свидетельствуют о снижении численности тракторов в расчете на 1000 га пашни за последние 30 лет в 4 раза — с 12,4 до 3,0 шт.

Из общего числа сельхозтоваропроизводителей только 10% могут позволить себе новую технику, 25–30% эксплуатируют отечественную технику, ранее приобретенную, более половины используют изношенную технику [3]. По данным статистики, ежегодно парк тракторов в РФ сокращается в среднем на 3%, является устаревшим — почти 70%, в связи с чем ежегодные потери зерна достигают 15 млн т. [4].

Стабильное сокращение МТП, начиная с 1990 года, приводит и к сокращению энергетической мощности, нагрузка на один трактор (по состоянию на 2021 г.) составила 363 га [5]. Сегодня ограничения коснулись и импорта сельскохозяйственной техники, и запасных частей из ряда зарубежных стран. Необходимо отметить, что данная ситуация способствует развитию отечественного сельскохозяйственного машиностроения [6]. Состояние МТП является одним из ключевых параметров, которые напрямую влияют на эффективность работы производителей сельскохозяйственной продукции [7]. Поддержка технической и технологической модернизации сельского хозяйства является единой взаимосвязанной цепочкой «государство — сельхозтоваропроизводители» [8].

Конкурентные преимущества новых ресурсосберегающих сельскохозяйственных машин способны увеличивать объемы производимой продукции, значительно снизить сроки выполнения агротехнических мероприятий, расход материальных ресурсов, повысить экономическую эффективность производства [9]. Низкий уровень технической оснащенности, который стал сдерживающим фактором для дальнейшего развития сельскохозяйственного производства, требует приоритетного внимания [10]. Сегодня перед экономикой РФ стоит задача развития отечественного производства сельскохозяйственной техники, уменьшая зависимость от импортной продукции [11].

В настоящее время в аграрном секторе экономики Калужской области наблюдается нехватка тракторов в

Таблица 1. Обеспеченность тракторами сельскохозяйственных организаций Калужской области

Table 1. Provision of tractors for agricultural organizations in the Kaluga region

Год	Наличие тракторов, тыс. шт.	Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт.	Год	Наличие тракторов, тыс. шт.	Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт.
1992	11,4	12,4	2008	2,8	6,7
1993	10,8	12,3	2009	2,5	6,7
1994	9,6	11,1	2010	2,3	7,3
1995	8,5	9,8	2011	2,2	7,0
1996	7,4	8,6	2012	2,1	6,8
1998	5,6	8,5	2013	2,0	6,6
1999	5,5	7,4	2014	2,0	6,4
2000	5,2	7,1	2015	1,8	6,1
2001	4,6	6,6	2016	1,6	6,0
2002	4,3	6,3	2017	1,6	5,9
2003	3,8	5,9	2018	1,7	5,3
2004	3,4	5,6	2019	1,7	5,0
2005	3,1	5,3	2020	1,6	5,0
2006	2,9	5,7	2021	1,4	4,0
2007	2,7	5,4	2022	1,4	3,0

напряженные периоды работ. В связи с этим стало актуальным проведение анализа обеспеченности АПК Калужской области тракторами. Имеющиеся нормативные документы для определения потребности в основных видах техники позволяют дать объективную оценку сложившейся ситуации.

Цели работы — проведение анализа состояния тракторного парка АПК Калужской области, расчет нормативной потребности, наличия и дефицита тракторов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в Калужском НИИСХ — филиале ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха» в 2023 году.

Объекты исследований — наличие и фактическое состояние тракторного парка КО. Исследования проведены согласно методикам В.П. Елизарова² и др., В.Н. Кузьмина и др.³, А.Ю. Измайлова и др.⁴.

Для расчета состава МТП использовали нормативный метод [12].

Источники получения информации для расчета показателей — формы внутриведомственной отчетности Министерства сельского хозяйства Калужской области и Государственной инспекции по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники по состоянию на 19.06.2023, разработки Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, находящиеся в доработке в региональном разрезе технических средств различных областей РФ.

В целях автоматизации расчетов технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах региона была использована специально разработанная «Программа расчета технологической потребности регионов России в сельскохозяйственной технике»⁵.

¹ Сельское хозяйство Калужской области. Статистические сборники. Калуга: Росстат. 1992–2022.

² Елизаров В.П., Пилюгин Л.М., Бейлис В.М., Беленов А.Т. и др. Нормативы потребности АПК в технике для растениеводства и животноводства. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М.: Росинформагротех. 2003; 84.

³ Кузьмин В.Н., Королькова А.П., Митракова В.Д., Хатунцова В.С., Горелова И.И., Гольяпин В.Я. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве. Сборник. М.: Росинформагротех. 2008; 316.

⁴ Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Антышев Н.М. и др. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов в эталонные единицы при определении нормативов их потребности. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Росинформагротех). Москва. 2009; 56.

⁵ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программа расчета технологической потребности регионов России в сельскохозяйственной технике» № 2023680456: заявл. 09.10.2023; опубл. 15.11.2023 / З.А. Годжаев, И.И. Габитов, С.Г. Мударисов и др.; заявитель — Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

За нормативную потребность в тракторах принялось рассчитанное число тракторов, приходящихся на 1000 га площади пашни. Значения этих нормативов определяются на основании технических характеристик типоразмерного ряда тракторов. Для определения потребности в тракторах в расчетах использовались условные коэффициенты согласно разработанным ВИМ нормативам типоразмерного ряда тракторов, которые подходят по техническим характеристикам. Они предназначены для приведения разнообразной техники в сопоставимое эталонное количество.

В качестве эталонной единицы в нормативах принят условный трактор ТЭ-120 (трактор гусеничный, эксплуатационная мощность — 88,2 кВт, ширина захвата пахотного агрегата — 2,24 м, коэффициент использования времени смены — 0,79, производительность в час сменного времени — 1,15 га).

Для моделей тракторов, по которым условные коэффициенты не определены, но имеются нормы выработки и их технические характеристики, производится расчет коэффициентов для перевода фактической техники в эталонные единицы с учетом этих норм и имеющихся условных коэффициентов у машин-аналогов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Применяемые в настоящее время нормативы потребности и условные коэффициенты, разработанные Федеральным научным агроинженерным центром ВИМ в 2009 году, нуждаются в существенной доработке вследствие появления новых технологий и сельскохозяйственных машин, изменения технических характеристик мобильных энергетических средств и производственных условий использования.

В 2020 году в ВИМ разработан и проходит апробацию в нескольких областях РФ проект «Методических рекомендаций оценки технологической потребности сельского хозяйства в технике и ее обновления», в котором излагаются расчеты и методы определения потребности и прогнозирования не только для России в целом, но и для всех типов хозяйств и субъектов регионов, представлены нормативы потребности в основных видах техники для всех агрозон России и коэффициенты перевода условных единиц различных марок техники в эталонные [13].

Исходная информация для определения нормативной потребности в сельскохозяйственных тракторах для АПК Калужской области включает: нормативы потребности в колесных и гусеничных тракторах всех тяговых классов (табл. 2); условные коэффициенты для каждой модели трактора; площади пашни; наличие различных моделей тракторов в АПК региона.

В целях автоматизации расчетов технологической потребности в сельскохозяйственных тракторах региона была использована специально разработанная программа для ЭВМ⁵ — «Программа расчета технологической потребности регионов России в сельскохозяйственной технике». Данная программа по оценке технических характеристик тракторов позволила более точно сформировать машинно-тракторный парк сельхозпроизводителей [14].

Разработанные в проекте «Методические рекомендации оценки технологической потребности сельского хозяйства в технике и ее обновления» нормативы отражают оптимальный по структуре и количественному составу парк тракторов, обеспечивающий выполнение годового объема механизированных работ в соответствии с прогрессивными технологиями в оптимальные

Таблица 2. Нормативные показатели потребности в сельскохозяйственных тракторах для ЦФО, агрозоны 1.1 (эталонный трактор ТЭ-120)

Table 2. Standard indicators of the need for agricultural tractors for the Central Federal District, agricultural zone 1.1 (reference tractor TE-120)

Тяговый класс	Масса эксплуатационная, кг	Мощность двигателя эксплуатационная, кВт (л. с.)	Норматив на 1000 га пашни, усл. ед.
<i>Тракторы колесные общего назначения</i>			
6	13580-18460	320-397 (436-540)	0,21
		244-320 (331-435)	
		201-243 (276-330)	
5	11540-13580	201-243 (276-330)	0,26
		151-200 (204-275)	
4	9231-11540	201-243 (276-330)	0,21
		151-200 (205-275)	
3	6921-9230	120-150 (163-204)	2,44
		120-150 (163-204)	
<i>Тракторы колесные универсальные</i>			
2	4621-6920	121-150 (164-204)	1,63
		95-120 (131-163)	
1,4	3231-4620	59-94 (81-130)	3,06
		41-58 (56-80)	
0,9	2081-3230	33-40 (45-54)	0,19
0,6	1390-2080	22-32 (30-44)	0,61
<i>Тракторы гусеничные общего назначения</i>			
5	9180-11020	171-200 (232-275)	0,29
		131-170 (178-231)	
		100-130 (136-177)	
3	5510-7350	101-130 (137-177)	1,08
		70-95 (95-136)	
<i>Тракторы гусеничные специального назначения</i>			
2	3670-5510	50-90 (68-122)	0,13
Итого	–	–	10,11

агротехнические сроки и с учетом пиковых нагрузок в напряженные периоды работ (табл. 2).

Для агрозоны 1.1, в которую входит Калужская область, нормативное количество тракторов в расчете на 1000 га пашни составляет 10,11 у. е., в том числе тракторов колесных — 8,61 у. е., тракторов гусеничных — 1,5 у. е.

Для осуществления анализа обеспеченности тракторами агропромышленного комплекса Калужской области полученные данные внутриведомственной отчетности Государственной инспекции по надзору за техническим состоянием самоходных машин были сгруппированы по установлению мощности, массы, энергонасыщенности, страны производителя, определению тягового класса каждой марки трактора.

Полученный тракторный парк модернизирован путем удаления из численного состава колесных и гусеничных тракторов количества тракторов, находящихся в неисправном состоянии (согласно форме 6 Мех внутриведомственной отчетности МСХ КО). Полученный тракторный парк был увеличен на 50 тракторов МТС КО, которые принимают участие в производстве продукции сельского хозяйства.

Для перевода в условные единицы тракторы были сгруппированы по году ввода в эксплуатацию, количеству и тяговому классу, определен условный коэффициент перевода для каждой марки трактора. В качестве примера приведены данные нескольких моделей

Таблица 3. Технические характеристики модернизированного парка тракторов аграрного сектора экономики Калужской области (пример)

Table 3. Technical characteristics of the modernized fleet of tractors in the agricultural sector of the Kaluga region (example)

Наименование сельскохозяйственной техники	Номинальная мощность, л. с.	Масса, кг	Энергонасыщенность	Тяговый класс	Страна	Итого, физ. ед.
1 K-701	300,00	12 000	1,84	5	Россия	21
2 K-735 (K-744P2)	355,00	14 790	1,76	6	Россия	19
3 Т-150К, ОПТЗ-150К	175,00	8200	1,57	3	Украина	48
4 Т-150 гусеничный	158,00	8200	1,42	4	Украина	4
5 ХТЗ-17221	240,00	8600	2,05	3	Украина	18
6 ДТ-75М, ДТ-75	94,00	7400	0,93	3	Россия	79
7 К-3180	180,00	6300	2,10	2	Россия	2
8 К-525	250,00	10 900	1,69	4	Россия	4
9 «Беларус 3022»	313,00	11 500	2,00	4	Беларусь	4
10 «Беларус 2022»	235,00	7220	2,39	3	Беларусь	4
11 «Беларус 1221.2», «Беларус 1221»	130,00	5570	1,72	2	Беларусь	185
12 «Беларус 1523», «Беларус 1523.2»	160,00	6250	1,88	2	Беларусь	35
13 AGROTRON X 720	262,00	9430	2,04	4	Германия	1
14 Т 6090 New Holland	165,00	5850	2,07	2	США	1
15 New Holland Т6050	113,00	6014	1,38	2	США	1
16 New Holland TL5060	100,00	3850	1,91	1,4	США	2
17 ARION 610	120,00	5719	1,54	2	Германия	1
18 TG 285 New Holland	275,00	14288	1,42	6	США	2
19 New Holland Т7050	212,00	6850	2,28	2	США	1
20 ARION 630С	145,00	5870	1,82	2	Германия	8
21 Т 8.390 New Holland	340,00	10900	2,29	4	США	4
22 AXION 930	310,00	12840	1,78	5	Германия	7
23 AXION 940	340,00	13060	1,91	5	Германия	10
24 «Джон Дир 7930»	215,00	7900	2,00	3	США	1
25 «Джон Дир 9430»	425,00	16116	1,94	6	США	2
26 MF6713	125,00	4090	2,25	1,4	США	6
27 MF470XTRA	120	4600	1,92	1,4	США	1
28 MT 685D Challenger	340	11000	2,27	4	США	1
29 BENASSI BT2002K	16,3	5250	2,28	0,2	Италия	1
30 GOLDONI WD 40	34	1100	2,27	0,2	Италия	1
31 AGROTRON 6205G	200	6657	2,21	2	Германия	1
32 Claas Xerion 4500	449	13 399	2,46	5	Германия	4
33 Claas Xerion 3300/3800	335	13 000	1,89	5	Германия	2
34 FOTON TG 1254	125	6700	1,37	2	Китай	3
35 VALTRA T191H	185	5951	2,29	2	Финляндия	4
36 FEND 412, 414	109	5400	1,48	2	Германия	3
37 FEND 930	300	10 260	2,15	4	Германия	1
38 ZOOMLION PL2304-1	230	8575	1,97	3	Китай	1

Рис. 1. Количественно-возрастной состав парка тракторов агропромышленного сектора экономики Калужской области
Fig. 1. Quantitative and age composition of the tractor fleet in the agro-industrial sector of the Kaluga region economy



тракторов из 145 моделей общего наличия тракторов агропромышленного сектора экономики (табл. 3).

Полученные в результате расчетов данные сведены в таблицу 4.

Исследования показали, что фактическое наличие тракторов составляет 1982 единицы, в расчете на 1000 га пашни — 7,36 эт. ед., что ниже нормативного показателя (10,11 эт. ед.) на 27,2%. Потребность в тракторах — 2911 у. е.

Количественно-возрастной состав парка тракторов представлен на рисунке 1.

Таблица 4. Количественно-возрастной состав модернизированного парка тракторов

Table 4. Quantitative and age composition of the modernized tractor fleet

Год ввода в эксплуатацию	Тракторы (тип), тяговый класс, шт.															
	0,6		0,9		1,4		2		3		4		5		6	
	«Беларус 320»	ЛТЗ-60А	МТЗ 80/82	МТЗ 1221	Т-70С	Т-150К	ДТ-75М	John Deere 8430	Т-150	К-701	«Беларус-1502»	John Deere 8320	л. с.	л. с.	л. с.	л. с.
	35	60	80	130	84	180	94	305	158	300	158	320	л. с.	л. с.	л. с.	л. с.
2023	0	0	5	7	0	0	0	0	0	2	0	2				
2022	1	1	18	10	0	7	0	4	0	1	0	8				
2021	1	1	29	7	0	6	0	0	0	4	0	6				
2020	0	1	24	12	0	6	0	4	0	5	0	5				
2019	1	0	21	22	0	5	0	1	0	4	0	16				
2018	0	0	25	25	0	16	0	4	0	7	0	28				
2017	0	0	25	10	0	22	0	1	0	25	0	8				
2016	2	0	12	21	0	18	0	0	0	1	0	13				
2015	2	0	18	6	0	14	0	1	0	2	0	4				
2014	1	0	31	31	0	11	0	1	0	8	1	1				
2013	1	0	52	16	0	1	0	2	0	6	0	5				
2012	2	0	43	26	0	8	3	3	0	3	0	0				
2011	1	0	28	15	0	4	0	1	0	1	0	2				
2010	0	1	19	10	0	7	1	1	0	0	0	1				
2009	0	0	14	8	0	0	2	0	0	1	0	0				
2008	0	4	58	37	0	17	2	6	0	0	0	6				
2007	0	4	49	22	0	13	1	7	0	0	0	3				
2006	1	1	40	18	0	9	1	0	0	1	0	4				
2005	0	0	19	7	0	10	4	4	0	0	0	1				
2004	1	1	29	15	0	1	3	0	0	3	0	3				
2003	0	0	15	1	1	1	0	2	0	2	0	2				
2002	0	0	25	3	0	3	3	1	0	0	0	1				
2001	0	1	28	4	0	6	1	0	0	0	0	0				
2000	0	0	21	0	0	5	2	0	0	1	0	0				
1999	0	0	34	0	0	2	3	0	0	0	0	0				
1998	1	0	17	0	0	2	1	0	0	0	0	0				
1997	1	2	14	0	0	0	2	0	0	0	0	0				
1996	0	0	13	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
1995	0	0	16	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
1994	0	0	21	0	0	1	7	0	1	0	0	0				
1993	3	2	53	0	0	4	4	0	0	1	0	0				
1992	0	0	27	0	0	3	11	0	0	3	0	0				
1991	2	0	63	0	0	13	13	0	2	3	0	0				
1990	4	2	38	0	0	11	13	0	2	6	0	0				
1989	1	0	63	0	0	3	6	0	0	4	0	0				
1988	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Σ	26	21	1025	333	1	229	84	43	5	95	1	119				
Всего													1982			
Общая площадь пашни, тыс. га													288,0			
Потребность всего в эт. ед.													2911			
Приходится тракторов на 1000 га пашни, у. е.													7,36			
Норматив, эт. ед.													10,11			

Представленные количественно-возрастные структуры (рис. 1) позволяют прогнозировать состояние тракторного парка при списании и закупке тракторов.

Анализ мощностной структуры парка тракторов показал абсолютное преимущество в парке тракторов от 50 до 100 л. с. Доля энергонасыщенных тракторов в парке составляет 7,4%, которые при необходимости за счет балластирования могут переходить в более высокий тяговый класс, тем самым компенсируя имеющийся дефицит в данном тяговом классе. В соответствии с наличием тракторов в каждом тяговом классе определен их дефицит физических единиц (табл. 5, 6).

В результате исследований выявлено, что наличие колесных тракторов в физ. ед. — 1891 шт., что составляет 66,4% от потребности по нормативу (2850 шт.), а их дефицит составил 959 шт. Наличие гусеничных тракторов — 91 шт., потребность — 394 шт., дефицит — 303 шт.

На основании полученных данных были рассчитаны показатели оценки фактического состояния модернизированного тракторного парка, которые представлены в таблице 7.

Таблица 6. Потребность, наличие и дефицит в гусеничных тракторах аграрного сектора Калужской области
Table 6. Demand, availability and shortage of tracked tractors in the agricultural sector of the Kaluga region

Показатель	Тяговый класс				Всего
	2	3	4	5	
Потребность, эт. ед.	37	311	0	84	432
Наличие, эт. ед.	0,9	86,5	8,0	1,6	97
Обеспеченность в эт. ед., %	2,4	27,8	800,0	2,0	22,5
Условный коэффициент перевода	0,92	1,03	1,60	1,63	—
Потребность в физ. ед.	41	302	0	51	394
Наличие, физ. ед.	1	84	5	1	91
Дефицит, физ. ед.	-40	-218	+5	-50	-303
Обеспеченность, %	2,4	27,8	500,0	2,0	23,1

Таблица 7. Основные показатели фактического состояния тракторного парка аграрного сектора Калужской области
Table 7. Main indicators of the actual state of the tractor fleet of the agricultural sector of the Kaluga region

Показатель	Значение
Количество, шт. (физ. ед.)	1982
Потребность, эт. ед.	2911
Наличие, эт. ед.	2121
Обеспеченность в эт. ед., %	72,8
Тракторооснащенность, шт. / 1000 га (эт. ед.)	7,36
Суммарная мощность, л. с.	274 440,3
Средняя мощность, л. с.	138,5
Энергообеспеченность, л. с. / 1000 га пашни	952,9
Максимальный возраст, лет	36
Средний возраст, лет	17
Соотношение колесных и гусеничных, %/шт	4,5/96,5
За сроком амортизации, %	63,4

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.

Таблица 5. Потребность, наличие и дефицит в колесных тракторах аграрного сектора Калужской области

Table 5. Demand, availability and shortage of wheeled tractors in the agricultural sector of the Kaluga region

Показатель	Тяговый класс								Всего
	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6	
Потребность в эт. ед.	176	55	881	469	703	60	75	60	2479
Наличие, эт. ед.	9,1	12,0	758,5	346,3	309,2	101,9	181,5	305,8	2024
Обеспеченность в эт. ед., %	5,2	21,8	86,1	73,8	44,0	169,8	242,0	5,1	81,6
Условный коэффициент перевода	0,35	0,57	0,74	1,04	1,35	2,37	1,91	2,57	1,496
Потребность в физ. ед.	502	96	1191	451	521	26	39	24	2850
Наличие, физ. ед.	26	21	1025	333	229	43	95	119	1891
Дефицит, физ. ед.	-476	-75	-166	-118	-292	+17	+56	+95	-959
Обеспеченность, %	5,2	21,9	86,1	73,8	43,9	165,4	243,6	495,8	66,4

Исследования показали, что обеспеченность тракторами АПК КО в эт. ед. составила 72,8% от норматива, энергообеспеченность (л. с.) на 1000 га пашни — 952,9 л. с. от норматива (1212 л. с.) 78,6%, средний возраст тракторов выше среднего срока амортизации в 2 раза и составляет 17 лет. За сроком амортизации находятся 63,4%, что указывает на высокий уровень износа тракторного парка.

Выводы/Conclusion

1. В результате исследований выявлено, что наличие колесных тракторов в физ. ед. составляет 1891 шт., или 66,4% нормативной потребности (2850 шт.), наличие гусеничных тракторов — 91 шт., или 23,1% нормативной потребности (394 шт.).

2. Результаты расчетов показали, что в сельскохозяйственном секторе АПК Калужской области сложился дефицит колесных тракторов (959 шт.) и гусеничных тракторов (303 шт.). Обеспеченность в колесных и гусеничных тракторах составляет: в физ. ед. — 66,4 (23,1%), в эт. ед. — 81,6 (22,55%) соответственно. Необходимо отметить, что некоторые хозяйства отказываются применять гусеничные тракторы по причине отсутствия в них необходимости, целесообразно их количество заменить тракторами колесными, общая сумма по нормативу должна быть приближена к 10,11 у. е.

3. В результате анализа выявлено, что фактическое наличие тракторов в расчете на 1000 га пашни составляет: в эт. ед. — 7,36, что ниже нормативного показателя (10,1 эт. ед.) на 27,2%; в физ. ед. — 6,9, что ниже норматива на 39%.

4. Энергообеспеченность на 1000 га пашни составляет 952,9 л. с., или от норматива (1212 л. с.) — 78,6%.

5. Средний возраст тракторов в 2 раза превышает срок амортизации и составляет 17 лет. За сроком амортизации находятся 63,4%, что указывает на высокий уровень износа тракторного парка.

6. Обеспеченность колесными тракторами 4-го, 5-го, 6-го тягового класса превышает норматив в 1,6–5 раз, что говорит о наличии преимущественно энергонасыщенных тракторов. Несмотря на то что обеспеченность гусеничными тракторами составляет 23%, хозяйства области не испытывают этого дефицита в производстве, заменяя их потребность на гусеничные тракторы.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках научно-исследовательской работы по Государственному контракту с МСХ Калужской области от 02.06.2023 № 0137200001223001633 «С целью совершенствования технологий выращивания различных сельскохозяйственных культур в Калужской области провести анализ наличия основных видов техники машинно-тракторного парка отрасли растениеводства, рассчитать их нормативное количество, на основе собственных исследований и имеющегося научного опыта разработать рекомендации по организации двухсменной работы для обеспечения оптимального функционирования отрасли».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Mizanbeko I., Bekbosyno S., Lytkina L. Analysis of the state of the machine and tractor fleet of Northern Kazakhstan. *Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы*. 2022; 3: 89–103. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2022-140-3-89-103>
- Дьяченко О.В. Машинно-тракторный парк сельскохозяйственных организаций Брянской области: состояние и обеспеченность. *Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Кокрино: Брянский государственный аграрный университет. 2022; 3: 213–217. <https://www.elibrary.ru/pusujm>
- Полухин А.А., Кибиров А.Я., Михайлов М.Р. Оценка промежуточных итогов выполнения программ поддержки воспроизводства материально-технической базы растениеводства в Российской Федерации. *Зернобобовые и крупные культуры*. 2022; 1: 5–12. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-1-5-12>
- Мальха Е.Ф., Катаев Ю.В. Экономическое обоснование оптимального состава машинно-тракторного парка в растениеводстве. *Экономика сельского хозяйства России*. 2019; 3: 76–80. <https://www.elibrary.ru/zadzmd>
- Косов П.Н., Чутчева Ю.В. Воспроизводство машинно-тракторного парка аграрного сектора в условиях ESG-трансформаций. *Экономика сельского хозяйства России*. 2022; 9: 25–30. <https://doi.org/10.32651/229-25>
- Косов П.Н., Чутчева Ю.В., Ягудаева Н.А. Государственная поддержка лизинга сельскохозяйственной техники: современное состояние и перспективы развития. *Modern economy success*. 2023; 1: 32–37. <https://www.elibrary.ru/ertkhd>
- Кузьмин В.Н. Условия для эффективного воспроизводства машинно-тракторного парка. *Агроинженерия*. 2021; 5: 48–52. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-48-52>
- Коротких Ю.С. Способы модернизации машинно-тракторного парка АПК в современных условиях экономики. *Наука без границ*. 2020; 5: 90–95. <https://www.elibrary.ru/jgderu>
- Холодов О.А. Факторы межотраслевой активности сельского хозяйства в вопросе технического обеспечения. *Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление*. 2019; 4: 55–61. <https://doi.org/10.18323/2221-5689-2019-4-55-61>
- Шарипов Ш.И., Гутуев М.Ш., Ибрагимова Б.Ш. Государственное стимулирование технической модернизации агросектора: региональный аспект. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2020; 16(6): 1101–1113. <https://doi.org/10.24891/ni.16.6.1101>
- Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Zubina V.A., Khamuev V.G. Improving the methodology for assessing the level of localization of production of agricultural mobile energy devices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 971: 052053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/971/5/052053>
- Тимошенко К.С., Перцев С.Н. Обзор и анализ методов расчета рационального состава машинно-тракторного парка хозяйства. *Вестник студенческого научного общества*. 2019; 10(2): 26–28. <https://www.elibrary.ru/jgixbv>
- Годжаев З.А., Бейлис В.М., Шевцов В.Г., Лавров А.В. Нормативы и прогнозирование потребности сельскохозяйственного производства в технике. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020; 67(4): 151–158. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-151-158>
- Izmailov A. et al. Evaluation of the Technical Level of Modern Agricultural Tractors Represented in the Russian Market. *SAE Technical Paper 2018-01-0657*. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0657>

ОБ АВТОРАХ

Любовь Васильевна Кузнецова¹

кандидат экономических наук
torg.kniish@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6225-1663>

Александр Владимирович Лавров²

кандидат технических наук
vimlavrov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9070-206X>

¹ Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха, ул. Центральная, 2, Калужская опытная сельскохозяйственная станция, Калужская обл., 2249142, Россия

² Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

FUNDING

The materials were prepared as part of the research work under the State Contract with the Ministry of Agriculture of the Kaluga Region dated 06/02/2023 No. 0137200001223001633 "In order to improve the technologies for growing various crops in the Kaluga region, to analyze the availability of the main types of machinery in the machine and tractor fleet of the crop industry, calculate their standard number, based on our own research and existing scientific experience, develop recommendations on the organization of two-shift work to ensure optimal functioning of the industry."

REFERENCES

- Mizanbeko I., Bekbosyno S., Lytkina L. Analysis of the state of the machine and tractor fleet of Northern Kazakhstan. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University Technical Science and Technology Series*. 2022; 3: 89–103. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2022-140-3-89-103>
- Dyachenko O.V. Machine and tractor fleet of agricultural organizations in the Bryansk region: condition and security. *Modern trends in the development of agricultural science. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference*. Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2022; 3: 213–217 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pusujm>
- Polukhin A.A., Kibirov A.Ya., Mikhailov M.R. Evaluation of the intermediate results of the implementation of support programs for renewal the material and technical base of crop production in the Russian Federation. *Legumes and groat crops*. 2022; 1: 5–12 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-1-5-12>
- Malykha E.F., Katayev Yu.V. Determining the optimal composition of machine-tractor park in crop production. *Economics of agriculture of Russia*. 2019; 3: 76–80 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zadzmd>
- Kosov P.N., Chutcheva Iu.V. Reproduction of the machine and tractor fleet of the agricultural sector in the conditions of ESG transformations. *Economics of agriculture of Russia*. 2022; 9: 25–30 (in Russian). <https://doi.org/10.32651/229-25>
- Kosov P.N., Chutcheva Yu.V., Yagudaeva N.A. State support for leasing agricultural machinery: current state and development prospects. *Modern economy success*. 2023; 1: 32–37 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ertkhd>
- Kuzmin V.N. Conditions for effective reproduction of the machine and tractor fleet. *Agricultural Engineering*. 2021; 5: 48–52 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-5-48-52>
- Korotkikh Yu.S. Ways to modernize the agricultural machinery and tractor fleet in modern economic conditions. *Nauka bez granits*. 2020; 5: 90–95 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jgderu>
- Kholodov O.A. Factors of intersectoral activity of rural economy in the aspect of technical support. *Science Vector of Togliatti State University. Series: Economics and Management*. 2019; 4: 55–61 (in Russian). <https://doi.org/10.18323/2221-5689-2019-4-55-61>
- Sharipov Sh.I., Gutuev M.Sh., Ibragimova B.Sh. Incentives of the State to promote the retrofitting of the agricultural sector: Regional considerations. *National Interests: Priorities and Security*. 2020; 16(6): 1101–1113 (in Russian). <https://doi.org/10.24891/ni.16.6.1101>
- Lavrov A.V., Shevtsov V.G., Zubina V.A., Khamuev V.G. Improving the methodology for assessing the level of localization of production of agricultural mobile energy devices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 971: 052053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/971/5/052053>
- Timoshchenko K.S., Pertsev S.N. Review and analysis of methods for calculating the rational composition of the farm's machine and tractor fleet. *Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva*. 2019; 10(2): 26–28 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jgixbv>
- Godzhaev Z.A., Beylis V.M., Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Standards and forecasting of agricultural production needs in machinery. *Electrical technology and equipment in the agro-industrial complex*. 2020; 67(4): 151–158 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-4-151-158>
- Izmailov A. et al. Evaluation of the Technical Level of Modern Agricultural Tractors Represented in the Russian Market. *SAE Technical Paper 2018-01-0657*. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0657>

ABOUT THE AUTHORS

Lyubov Vasilyevna Kuznetsova¹

Candidate of Economic Sciences
torg.kniish@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6225-1663>

Alexander Vladimirovich Lavrov²

Candidate of Economic Sciences
vimlavrov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9070-206X>

¹ Kaluga Scientific Research Institute of Agriculture — branch of the Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh,

2 Tsentralnaya Str., village of Kaluga Experimental Agricultural Station, Kaluga region, 2249142, Russia

² Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

Agros 2025 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

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

22-24 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

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

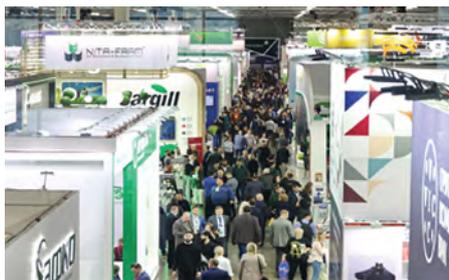
НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 СПИКЕРОВ:

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

НОВОЕ
В 2025г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
МЯСОПЕРЕРАБОТКИ

МУКОМОЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ



«Выставка Агрос - №1 в животноводстве в России и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов»

Алексей Гордеев, заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ

СОВМЕСТНО С

PotatoHorti
2025 agritechexpo

800+ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ
21 000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
80+ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОГРАММЫ
600+ ЭКСПЕРТОВ

AGROS-EXPO.COM



Больше информации об участии в наших выставках:

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

Е-Mail: agros@agros-expo.com

Организатор: ООО «Агрос Экспо Групп»



САМАЯ
АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
О ВЫСТАВКЕ



ШАНС
группа компаний

8 800 700-90-36
www.shans-group.com

Фузаирос колоса, прощай!



Фея[®], КЭ

125 г/л протиокназола + 125 г/л тебуконазола

