

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

8
2023

Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Продбезопасность

Дефицита зерна
в этом году не будет

16

Ветеринария

Цирковироз как фактор,
контролирующий
эффективность беременности
у свиноматок

27

Агрономия

Оценка биохимического
состава и товарных качеств
интродуцированных сортов
яблони в условиях Дагестана

131

КормВет ^{ЭКСПО} 2023

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ**

24 - 26 ОКТЯБРЯ

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



**МИНСЕЛЬХОЗ
РОССИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
КОРМОВОЙ СОЮЗ**



РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР



FEEDVET-EXPO.RU

НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!

**ТЕЛ.: +7 (499) 236-72-20, +7 (499) 236-72-50, 8-800-100-72-50,
E-MAIL: INFO@FEEDVET-EXPO.RU**

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



XVII
БАЛТИЙСКИЙ ФОРУМ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ



PROGROUP
progroup-vet.ru

ВЕТПРОМ



Tofflon ВЕТБИОХИМ

GLOBALVET



XVII встреча специалистов крупнейшего ветеринарного события в Санкт-Петербурге БАЛТИЙСКИЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ ФОРУМ 21 – 22 сентября 2023

Уважаемые коллеги, партнеры, друзья!

Оргкомитет БАЛТВЕТФОРУМА готовит программу с самыми актуальными темами всего ветеринарного пространства.

В 2023 году Балтветфорум принимает у себя масштабное мероприятие Ассоциации «НВА» – **Научно-практическую конференцию «Вопросы национальной биобезопасности» и круглый стол на актуальную тему «Бешенство»**. В ходе конференции ключевыми докладами ведущих отечественных экспертов биологической фарминдустрии будут охвачены следующие темы:

- Актуальная информация по современным технологическим и ветеринарным решениям в промышленном животноводстве;
- Прогрессивные стратегии борьбы с зоонозами и инвазиями сельскохозяйственных животных;
- Передовые решения в сфере лабораторной диагностики;
- Вопросы антимикробной резистентности;
- Инновации в законодательстве. Круглый стол «Импортонезависимость и технологический суверенитет».
- Молочное и мясное животноводство в эпоху глобальных изменений: вызовы, точки опоры, практические решения, драйверы развития

В рамках Балтветфорума 21 сентября пройдет традиционный Международный Форум Птицеводов с ведущими специалистами птицефабрик, фирм-производителей и ведущих экспертов птицеводства! Одной из ключевых тем заявлена «ГРИПП ПТИЦ – ГЛАВНАЯ ПРОБЛЕМА ПТИЦЕВОДСТВА»

22 сентября пройдет Круглый стол «Ветеринарная интернатура: что? где? когда?» Обсуждение перечня специальностей ветеринарной интернатуры – кадров высшей квалификации. Подготовка ветеринарных специалистов в интернатуре впервые в истории страны будет проходить в форме пятилетнего образовательного эксперимента запущенного Постановлением Правительства Российской Федерации №1013 от 21 июня 2023 года в двух вузах страны. В качестве спикеров приглашены инициаторы появления интернатуры и признанные ветеринарные специалисты.

Ветеринария мелких домашних животных. Теория и практика. Обмен опытом, новые достижения, дискуссии. Два дня – восемь секций, один выездной практический мастер-класс по Анестезиологии.

В период проведения Балтветфорума будет организована выставка современных образцов медицинского и лабораторного оборудования, лекарственных препаратов, вакцин, лечебных и диетических кормов.

Лучшая площадка в Санкт-Петербурге для встречи специалистов!!!

Контактное лицо по общим вопросам: **Дмитрий Алексеев**, +7 921 433 94 51, dmitry@forumtoday.ru

По вопросам участия в выставке обращайтесь: **Светлана Яковлева**, +7 921 953 55 74, fondvet@yandex.ru

По вопросам участия в НПК «Вопросы национальной биобезопасности»: **Екатерина Микаэльян**, +7 968 760 57 66



КОМПАНИОН
МОСКОВСКИЙ
ПРАКТИЧЕСКИЙ
ФОРУМ
ONLINE



Подробная информация, регистрация и бронирование номеров
на сайте WWW.BALTVETFORUM.COM

Реклама

8 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 373, номер 8, 2023

Volume 373, number 8, 2023

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»
© авторы

DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

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

Шеф-редактор Костромичева И.В.
Научный редактор Долгая М.Н.
Дизайн и верстка Полунин Д.А.
Корректор Кузнецова Г.М.
Библиограф Нерозник Д.С.
Журналист Седова Ю.Г.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спасская, д. 20
Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 7
Тел. редакции: +7 (968) 934-91-42
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 журнал можно подписаться в любом отделении «Почты России».
Подписка — с любого очередного месяца по каталогу Агентства «Роспечать» во всех отделениях связи России и СНГ.
Подписной индекс издания: 71756 (годовой); 70126 (полугодовой).
По каталогу ОК «Почта России» подписной индекс издания: 42307.
Подписной индекс «УралПресс».
Подписку на электронные копии журнала «Аграрная наука», а также на отдельные статьи вы можете оформить на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) — www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.
Подписано в печать 23.08.2023
Дата выхода в свет 30.08.2023

Отпечатано в типографии ООО «ВИВА-СТАР»: 107023, г. Москва, ул. Электrozаводская, д. 20, стр. 3
Тел. +7 (495) 780-67-06, +7 (495) 780-67-05
www.vivastar.ru

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

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

Издатель:

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

Главный редактор:

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

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дахели Маджид Джавамард, 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, 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.

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

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

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

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

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

Годсвилл 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.

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

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

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

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

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

Казахмудов 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, доктор философии, 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, доктор философии, профессор, Сельчукский университет, г. Сельчук-Конья, Турция.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Фавзи М. Махомуллы, доктор философии, профессор, Маврикийский университет, г. Редут, Маврикий.

Хан Мухаммад Усман, доктор 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, доктор философии, доцент, Исследовательский институт возделывания засушливых земель (ALCRI), Город научных исследований и технологических приложений (SRTA City), г. Каир, Египет.

Эль-Сохайми Собхи Ахмед, доктор философии, 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.

8 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 373, номер 8, 2023
Volume 373, number 8, 2023

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 Polunin D.A.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

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

Postal address: 109147, Russian Federation,
Moscow, st. Marxistskaya, 3 build. 7

Editorial phone: +7 (968) 934-91-42

E-mail: agrovetpress@inbox.ru

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

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

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

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

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

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 23.08.2023
Release date 30.08.2023

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

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

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

Publisher:

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

Editor-in-chief:

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

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kushaliev 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, 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 (ROSBIOTECH), Moscow, Russia.

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

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

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

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

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

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

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

AGRONOMY

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

Godswill Ntombob Ntsefong, Doctor PhD, University of Yaoundé I, Yaounde, Cameroon.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

8

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Три вопроса эксперту. Адьюванты в сельском хозяйстве	9
Производство продукции АПК в ЕАЭС в 2022 году выросло более чем на 9%	10
Алексей Майоров: «Производство без сбыта бесперспективно»	12
Молочная отрасль России: тренды, итоги, прогнозы	13
Искусственный интеллект на службе АПК: приоритеты, цели и задачи	14
Евгений Лещенко: «Дефицита зерна в этом году не будет»	16
Импортозамещение в российском семеноводстве: проблемы и перспективы	18
На Среднем Урале в текущем сезоне засеяно около 500 тысяч гектаров сельхозземель	19

ИНТЕРВЬЮ

Екатерина Ижмулкина: «Предпринимательская Точка кипения» – территория развития студенческих стартапов	20
---	----

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Абрамов С.В., Головин В.В., Тихонова Е.А., Балышев А.В. Изучение биозквивалентности ветеринарных препаратов на основе оклацитиниба «Нициалле» и «Апоквел» в организме собак	22
Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербаков П.Н. Цирковирус как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок	27
Явников Н.В., Кугелев И.М., Капай Н.А., Москвина А.Л. Изучение чувствительности полевых штаммов <i>Str. agalactiae</i> и <i>Str. uberis</i> — возбудителей мастита коров к препарату на основе марбофлоксацина	36
Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Сермягин А.А. Анализ взаимосвязи компонентного состава молока и биомаркеров крови голштинизированных коров	41
Мурадян А.М. Сравнительная оценка морфофункциональных свойства вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов	48
Максимчук М.Г., Левина Г.Н. Молочная продуктивность и функция воспроизводства коров черно-пестрой породы разных генотипов	53
Левина Е.Ю., Забашта Н.Н., Головкин Е.Н., Лисицкая Е.П., Синельщикова И.А. Опыт применения кормовой добавки «Бонака-АПК-N» для молодняка свиней	58
Лакота Е.А., Воронцова О.А. Экстерьерно-продуктивные показатели овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев при внутривидовом отборе	65
Дускаев Г.К., Кван О.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Левахин Г.И. Влияние веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба, на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров.	72

АГРОНОМИЯ

Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П. Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы от уровня минерального питания на фоне последствий известкования в условиях Нижегородской области	80
Казиев М.Р.А., Магомедов Н.Р., Теймуров С.А. Совершенствование системы обработки почвы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции	86
Соловьев О.Ю., Швидченко В.К., Евсеев И.А. Влияние минеральных удобрений на формирование сухого вещества и урожайность ярового рапса в условиях Северного Казахстана	93
Кудрявцев Н.А. Испытание фунгицидных обработок семян и посевов льна	98
Пухальский Я.В., Лоскутов С.И., Воробьев Н.И., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П. Особенности развития уникальной бобово-ризобияльной симбиосистемы в условиях металл-индуцированного стресса	106
Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В. Оценка образцов сорго зернового, сахарного и травянистого на устойчивость к низким положительным температурам	115
Пролётова Н.В. Реакция льна-долгунца (<i>Linum usitatissimum</i> L.) на содержание ионов алюминия в культуре <i>in vitro</i>	120
Кокорева В.Г., Гладышева О.В., Барковская Т.А. Исследование хлебопекарных качеств нового сорта яровой мягкой пшеницы Маэстро в зависимости от уровня минерального питания	126
Шахмизов Р.А. Оценка биохимического состава и товарных качеств интродуцированных сортов яблони в условиях Дагестана	131

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Рустомова А.Ж., Ребезов М.Б. Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий	137
Орлова Е.С., Аль-Сурайми С.А., Ребезов М.Б. Оценка антиоксидантной и антимикробной активности растительных биоактивных соединений в качестве натуральных консервантов	143

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Улыбина Л.В., Алексеева Н.В., Семенов А.А. Тенденции развития аграрного сектора экономики Приволжского федерального округа	151
--	-----

CONTENTS

NEWS

8

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Three questions for an expert. Adjuvants in agriculture.....	9	ADS
Agricultural production in the EAEU increased by more than 9% in 2022.....	10	
Production without sales is futile.....	12	
Russian dairy industry: trends, results, forecasts.....	13	
Artificial intelligence in the service of the agro-industrial complex: priorities, goals and objectives.....	14	
There will be no shortage of grain this year.....	16	
Import substitution in Russian seed production: problems and prospects.....	18	
In the Middle Urals, about 500 thousand hectares of agricultural land have been sown this season.....	19	

INTERVIEW

Ekaterina Izhmulkina: "Entrepreneurial Boiling Point" is a territory for the development of student startups".....	20	ADS
--	----	-----

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Abramov S.V., Golovin V.V., Tikhonova E.A., Balyshov A.V. Bioequivalence study of veterinary drugs based on oclacitinib «Nicialle» and «Apoquel» in dogs.....	22
Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N. Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows.....	27
Yavnikov N.V., Kugelev I.M., Kapay N.A., Moskvina A.L. To study the sensitivity of field strains of <i>Str. agalactiae</i> and <i>Str. uberis</i> — causative agents of cow mastitis to a drug based on marbofloxacin.....	36
Karlikova G.G., Lashneva I.A., Sermiyagin A.A. Analysis of the relationship between the component composition of milk and blood biomarkers of Holsteinized cow.....	41
Muradyan A.M. Comparative assessment of morphofunctional properties of the udder of the first-calf cows the caucasian brown breed of various genotypes.....	48
Maksimchuk M.G., Levina G.N. Milk productivity and reproduction function of black-and white holland cows of different genotypes.....	53
Levina E.Yu., Zabashta N.N., Golovko E.N., Lisovitskaya E.P., Sinelshchikova I.A. Experience of using the feed additive «Bonaka-APK-N» for young pigs.....	58
Lakota E.A., Vorontsova O.A. Exterior-productive indicators of Stavropol breed sheep aged 13–14 months with inbreeding selection.....	65
Duskaev G.K., Kvan O.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Levakhin G.I. The effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark on the concentration of chemical elements in the body of broiler chickens.....	72

AGRONOMY

Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P. The change in agrochemical parameters of light gray forest soil from the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the Nizhny Novgorod region.....	80
Kaziev M.-R.A., Magomedov N.R., Teymurov S.A. Improvement of the tillage system in the conditions of irrigation of the Tersko-Sulak substructure.....	86
Soloviev O.Yu., Shvidchenko V.K., Yevseyenko I.A. The influence of mineral fertilizers on the formation of dry matter and the yield of spring rapeseed in the conditions of Northern Kazakhstan.....	93
Kudryavtsev N.A. Testing of fungicidal treatments of flax seeds and crops.....	98
Puhalsky J.V., Loskutov S.I., Vorobyov N.I., Laktionov Yu.V., Kozhemyakov A.P. Features of the development of a unique legume-rhizobium symbiosystem under conditions of metal-induced stress.....	106
Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V. Estimation of the grain, sweet and grass sorghum samples for resistance to low above zero temperatures.....	115
Proletova N.V. The reaction of fiber flax (<i>Linum usitatissimum</i> L.) to the content of aluminum ions <i>in vitro</i> culture.....	120
Kokoreva V.G., Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A. Study of the baking qualities of a new variety of spring soft wheat Maestro depending on the level of mineral nutrition.....	126
Shakmirzoev R.A. Evaluation of the biochemical composition and commercial qualities of introduced apple varieties in the conditions of Dagestan.....	131

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Rustemova A.Z., Rebezov M.B. The use of leguminous mixture for bakery products.....	137
Orlova E.S., El-Sohaimy S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of plant bioactive compounds as natural preservatives.....	143

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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.....	151
---	-----



ЗАКОНОДАТЕЛИ ВНОСЯТ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНЫ «О БЕЗОПАСНОМ ОБРАЩЕНИИ С ПЕСТИЦИДАМИ И АГРОХИМИКАТАМИ» И «О ПЧЕЛОВОДСТВЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

В ходе заседания Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию первый заместитель председателя Комитета Сергей Митин сообщил о внесении изменений в законы «О пчеловодстве в Российской Федерации» и «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» в части уточнения сроков оповещения о проведении работ по применению пестицидов и агрохимикатов. Документ был внесен Тюменской областной Думой.

Законодатель отметил, что закон вносит изменения в статью 16 Федерального закона «О пчеловодстве в Российской Федерации», направленные на совершенствование правового регулирования отношений по предотвращению негативного воздействия пестицидов на пчел.

(Источник: официальный сайт Совета Федерации Федерального собрания Российской Федерации)

В КФУ РАЗРАБАТЫВАЮТ БИОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ГЕРБИЦИДЫ

Ученые Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского разрабатывают биологически безопасные гербициды. Уникальность новых препаратов, синтезированных на основе модифицированного соединения 2,4-Д — производного дихлорфеноксиуксусной кислоты (входящего в состав многих гербицидов), в том, что при сохранении активности они проявляют меньшую токсичность.

В ходе исследований были получены новое органическое производное 2,4-Д и цинковые производные на его основе. Ученые провели анализ общей токсичности, который показал, что многие микроорганизмы воспринимают это соединение как фактор роста, а некоторые микроорганизмы начинают в нем активно размножаться. Эти новые соединения наиболее эффективно работают в борьбе с двудольными сорняками.

Исследования продлятся в течение нескольких лет. Специалисты проверят, как препарат воздействует на микроорганизмы в почве, как отразится на урожайности, пояснили в вузе. Проект реализуется в рамках «Приоритет 2030».

(Источник: официальный сайт КФУ им. В.И. Вернадского)

В РОССИИ ВПЕРВЫЕ В ВЕТПРАКТИКЕ ИСПОЛЬЗОВАНО БЕСШОВНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ЗАКРЫТИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ РАН У СЕЛЬХОЗЖИВОТНЫХ

Старший преподаватель кафедры морфологии, хирургии и акушерства Алтайского ГАУ к. вет. н. Наталья Кочетыгова получила грант ученого совета для молодых ученых на тему «Разработка новых методов закрытия операционных ран матки у жвачных животных при кесаревом сечении на примере коз» в размере 200 тыс. рублей.

Молодым ученым впервые применено бесшовное соединение раны матки при помощи клеевой композиции у сельскохозяйственных — коз. В настоящий момент уже сформированы и прооперированы три группы животных. «Все прооперированные животные клинически здоровы, наблюдается стопроцентная регенерация послеоперационных ран», — отметила Наталья Кочетыгова. По ее словам, в дальнейшем будет проведен мониторинг животных, участвующих в научном исследовании, с целью определения сроков восстановления репродуктивной функции и особенностей течения последующих беременностей и родов.

После определения наиболее эффективного способа закрытия операционных ран новый усовершенствованный способ планируется использовать при проведении кесарева сечения у животных не только в козоводстве, но и у КРС, что позволит сохранить регенеративные функции продуктивных сельскохозяйственных и, как следствие, их поголовье.

(Источник: официальный сайт Алтайского ГАУ)

УЧЕНЫЕ ДОНСКОГО ГАУ ВЫИГРАЛИ ГРАНТ РНФ НА ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНОМА СВИНЕЙ ПОРОДЫ ДЮРОК

Проект молодых ученых Донского государственного аграрного университета победил в конкурсе президентской программы исследовательских проектов: научный коллектив получит трехлетнее (с возможностью продления до пяти лет) финансирование от РНФ. Тематика проекта связана с ускоренным развитием генетических и биотехнологий для сельского хозяйства и промышленности. Грантовые средства (6 млн руб. в год) будут направлены на проведение научных работ по теме «Исследование генома свиней породы дюрок в аспекте породообразования, внутривидовой стратификации и интенсивного отбора по селекционно-ценным признакам».

Как уточнили в вузе, впервые по результатам полногеномных исследований планируется определить вредоносные варианты, составляющие генетический груз племенных свиней породы дюрок в России.



(Источник: официальный сайт Донского ГАУ)

В РОССИИ УВЕЛИЧЕН МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ЛЬГОТНОГО КРЕДИТА ПО СЕЛЬСКОЙ ИПОТЕКЕ

Российское правительство расширяет параметры программы льготной сельской ипотеки. Постановление об этом подписал премьер-министр России Михаил Мишустин. Президент обращал внимание, что запрос на новое жилье (прежде всего на новое качество жизни) у людей колоссальный.

Максимальный размер кредита по ставке не более 3% годовых для участников программы (жителей всех регионов РФ) увеличен с 3 млн до 6 млн рублей. Взять льготную ипотеку можно на строительство жилого дома с использованием готовых домокомплектов своими силами, а в опорных населенных пунктах — на покупку жилья в многоквартирном доме высотой не более пяти этажей. В таких населенных пунктах в ускоренном темпе (в рамках реализации стратегической инициативы «Города больших возможностей и возрождение малых форм расселения») создадут востребованную гражданами инфраструктуру.

(Источник: официальный сайт Правительства России)

АДЬЮВАНТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет рубрику «Три вопроса эксперту». Продакт-менеджер ГК «Шанс» Василий Соннов — о рынке адьювантов, их ключевых особенностях и применении в сельском хозяйстве.



ШАНС
группа компаний

1 В настоящее время наблюдается значительный рост на рынке адьювантов. Расскажите, пожалуйста, подробнее, что такое адьюванты, их виды и где они применяются.

Действительно, рынок адьювантов достаточно большой, его ежегодный оборот составляет 1,5 миллиарда долларов. Но нужно учитывать, что адьюванты входят в состав готовых формуляций и лишь незначительная часть продается отдельно. Тем не менее на рынке наблюдается положительная динамика в сторону роста.

Можно найти много определений, что такое адьюванты. Если обобщить, то адьюванты — это вещества (либо смесь веществ), которые добавляются для полезного изменения характеристик пестицида или рабочего раствора.

Многие вещества могут применяться в качестве адьювантов.

Самая большая группа — сурфактанты (смачиватели, суперсмачиватели) — для увеличения покрытия обрабатываемой поверхности рабочими растворами, а также для усиления проникновения пестицидов в целевой объект.

Увлажнители (хьюмиктанты) — для уменьшения испарения.

Масла (минеральные или растительные) — для проникновения через восковой налет, снижения поверхностного натяжения.

Кондиционеры воды — для улучшения качества воды (кислотности, жесткости, примеси).

Препараты, уменьшающие снос, увеличивают вязкость рабочего раствора.

Вспомогательные препараты (антивспениватели) — для уменьшения пенообразования.

Адьюванты, повышающие дождестойкость.

Агенты совместимости позволяют несовместимым компонентам долгое время находиться в одном растворе.

2 Как правильно выбирать адьювант и на какие критерии следует обратить внимание?

Адьювант различают по составу либо принципу действия, поэтому при его выборе необходимо сле-

довать рекомендациям производителей пестицидов или ориентироваться на принципы, о которых я расскажу далее.

Адьюванты различаются (по пути проникновения) на липофильные и гидрофильные. Путь проникновения адьюванта должен соответствовать пути проникновения пестицида. Если у пестицида ярко выраженный липофильный путь проникновения, то чтобы ускорить его проникновение в растение, ПАВ должно совпадать с путем проникновения препарата. Как пример, действующие вещества гербицидов из класса сульфонилмочевины. Они обладают гидрофильным путем проникновения, где действующие вещества проникают через устьица и поры. Поэтому следует использовать ПАВы также с гидрофильным путем проникновения.

Чаще всего адьюванты для инсектицидов — это минеральные и растительные масла для преодоления кутикулярного слоя насекомого. Однако следует учитывать, что масла могут быть токсичными для культурных растений из-за УФ-лучей теплового эффекта.

Скорость проникновения адьюванта должна соответствовать скорости проникновения действующего вещества. Если ПАВ проникает в растение быстрее или медленнее, чем основное вещество, то оно вряд ли добавит эффективности. В среднем время проникновения препарата в лист составляет от 20 минут до нескольких часов.

3 Почему сразу не добавлять адьюванты в состав препарата?

ПАВ может использоваться отдельно или уже входить в состав препаратов. Есть такие формуляции, в которые невозможно добавить определенный ПАВ. В остальных формуляциях, как правило, ПАВ уже есть, но чаще всего это универсальные вещества. Как следствие, тех вспомогательных веществ, которые уже есть в препарате, не хватает. А сельское хозяйство — это цех под открытым небом с бесчисленным количеством особенностей и нюансов, и существуют ситуации, когда ПАВ просто необходимо добавить к пестициду. Для повышения эффективности препарата.

Читайте в следующем номере:
«Сушить или не сушить: десиканты
и особенности их применения»

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.



На правах рекламы

ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ АПК В ЕАЭС В 2022 ГОДУ ВЫРОСЛО БОЛЕЕ ЧЕМ НА 9%

Ведущие эксперты обсудили текущую ситуацию и приоритетные направления развития агропромышленного комплекса в ЕАЭС на сессии «Современная парадигма развития АПК: глобальные вызовы, открывающиеся возможности», прошедшей 24 мая в Москве в рамках II Евразийского экономического форума (ЕЭФ).



Сегодня, несмотря на сложную геополитическую обстановку, все участники Евразийского экономического союза (далее — ЕАЭС, Союз) активно работают в направлении обеспечения продовольственной безопасности, демонстрируя положительную динамику, отметила заместитель министра сельского хозяйства РФ Елена Фастова. Она сообщила, что в прошлом году (по сравнению с 2021-м) производство продукции АПК в целом в ЕАЭС выросло на 9,4%, средний уровень обеспеченности — на 1,5%, взаимная торговля — на 34,8%. Также отмечается рост экспорта, добавила замминистра. По ее данным, показатели внутри страны в большинстве превышают 100% объемов производства по самообеспечению и по основным продуктам: зерну, мясу, молоку, овощам. Согласно прогнозу, валовое производство сельхозпродукции в странах Союза (по сравнению с 2022 годом) увеличится к 2025 году еще на 17%, а к 2030-му — более чем на 30%, отметила Елена Фастова. Сельхозтоваропроизводители ЕАЭС научились качественно производить сельхозпродукцию, используя наиболее современные технологии, теперь необходимо научиться ее экспортировать, причем не только внутри Союза, но и в третьи страны, резюмировала она. «Считаю это одной из важнейших задач на сегодняшний день, если говорить про приоритеты», — сказала спикер. В качестве приоритетных направлений она также отметила транспортировку и хранение продукции, строительство сети оптово-распределительных центров и совместную работу в области селекции и семеноводства.

Сельское хозяйство стран — участниц ЕАЭС показывает положительные результаты работы. За последние пять лет рост объемов производства составил 114,4%, достигнут высокий уровень самообеспеченности по ос-

новым сельхозпродуктам, за исключением фруктов, сообщил член Коллегии (министр) по промышленности и агропромышленному комплексу Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) Артак Камалян. Вместе с тем страны ЕАЭС сталкиваются с серьезными вызовами, имея значительную импортную зависимость по материально-техническим ресурсам. В частности, в 2022 году внешние поставки средств производства на рынок Союза превысили 5 млрд долл. По мнению министра, такая ситуация рассматривается не только как вызов, но и как возможность развивать данные направления. Он сообщил, что ЕЭК проводится работа путем принятия совместных мер по импортозамещению в АПК и внедрению инновационных технологий в государствах-членах. Необходимо углубление интеграции, а также повышение конкурентоспособности агропромышленной отрасли за счет выработки кардинально новых подходов к решению общих проблем, заключил спикер.

Обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства — стратегическая задача, решить которую возможно совместными усилиями стран — участниц ЕАЭС, отметил руководитель АНО «Российская система качества» (Роскачество) Максим Протасов. Он сообщил, что Роскачество проводит управленческие аудиты на российских предприятиях (помогая экономить ресурсы, выявлять точки роста, внедрять кайдзен и бережливые технологии).

«Делаем всё, для того чтобы предприятия были более эффективны», — сказал эксперт. За последние четыре года лидером в списках отраслей, которые проходят эту диагностику, является аграрная, что демонстрирует высокий уровень развития данного сектора, отметил он.

Спикер заострил внимание на развитии рынка органической продукции в РФ, отметив, что «это ниша, которая является максимально растущей в мире, несмотря на все экономические кризисы».

Для оперативного регулирования данной отрасли принимаются стандарты с учетом лучших международных практик, обязательные для производителей органики (прозрачное регулирование способствует развитию органического производства, ежегодный прирост производителей на протяжении трех лет порядка 50%), сообщил он.

Роскачество запустило сертификацию органической продукции, в результате РФ стала единственной страной, где существуют три степени цифровой защиты органики, отметил Максим Протасов. Ассортимент российской органики расширяется, на данный момент сертифицирована практически вся линейка пищевой сельскохозяйственной продукции, уточнил он.

«Мы работаем над тем, чтобы в странах — членах ЕАЭС органика стала единым рынком на уровне нашего объединения, чтобы было подписано соглашение, по которому стандарты и принципы будут едины и обращение органической продукции будет вестись внутри по единым правилам», — пояснил эксперт. Коллеги из комиссии проделали очень большую работу, популяризируя эту продукцию, отметил он. «Мы стараемся максимально стимулировать развитие органики в Армении, Беларуси, Казахстане и Кыргызстане», — сказал руководитель Роскачества. Он также отметил востребованность и перспективность в России и ЕАЭС халяльной продукции, сегмент которой стал значимой частью мировой экономики.

Спикер сообщил, что по поручению правительства на базе Роскачества создан Центр компетенции в сфере Халяль. В его компетенцию, в частности, входят разработка национальных стандартов халяль, стандартизация, сертификация и мониторинг халяльной продукции, ее продвижение на внутреннем рынке и за рубежом. «С другими странами мы должны вести деятельность по объединению и консолидации стандартов, по контролю рынка и совместному продвижению данной продукции на рынке вне ЕАЭС», — рассказал Максим Протасов.

Рост производства сельхозпродукции в странах ЕАЭС стимулирует внешнюю торговлю, с развитием которой происходит усиление интеграции экономик союзных стран, отметила заместитель руководителя Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, руководитель цифровой трансформации Россельхознадзора Светлана Алексеева. «Вопросы управления безопасностью сельхозпродукции становятся общими процессами, а общие процессы невозможны без цифровизации АПК», — сказала она. Россельхознадзор на данный момент имеет высокую степень цифровой зрелости, включая внедрение систем искус-



ственного интеллекта, что создает основу безопасности поднадзорной продукции, сообщила Светлана Алексеева. Использование цифровых систем и взаимных интеграций между странами — участниками Союза приводит к повышению уровня продбезопасности, устраняет барьеры взаимодействия, способствует снижению издержек бизнеса и расходов бюджета и росту производства за счет ухода с рынка недобросовестных производителей, подытожила она.

Как отметил директор отделения по связям с Российской Федерацией Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) Олег Кобяков, в мире производится продукции достаточно, чтобы накормить всё население планеты. «Вопрос в эффективности логистических цепочек, преодолении неравенства и справедливом доступе к рынкам — как производителей и переработчиков, так и потребителей», — сказал он. Спикер напомнил, что семь лет назад мировое сообщество взяло обязательство достичь устойчивого развития к 2030 году, установив главными целями полную ликвидацию голода и обеспечение продовольственной безопасности. «Где же мы находимся сейчас, если сопоставить продвижение по данному маршруту? К сожалению, число голодающих в мире, которое в последний доковидный год составляло около 680 миллионов человек, не уменьшилось», — отметил эксперт. Он сообщил, что в прошлом году, по данным ФАО и ее партнеров, ежегодно выпускающих доклад о состоянии продовольственной безопасности и питания в мире, на Земле голодало уже 828 млн человек. По прогнозу спикера, в новом докладе, который будет представлен в середине июля, данные существенно не улучшатся. Необходимы согласованные меры в международном масштабе, чтобы вернуться на курс устойчивого продвижения к нулевому голоду, отметил он. Причем ликвидация голода — это только одна часть задачи, вторая — обеспечение мирового населения полноценным или здоровым питанием, добавил эксперт. «Сейчас из восьми миллиардов человек на планете свыше трех миллиардов не могут позволить себе здоровый рацион», — уточнил он. Спикер отметил, что в 2030 году по числу голодающих планета будет находиться практически на уровне 2019 года. Около 670 млн человек по-прежнему не будут уверены, попадет ли хлеб насушенный завтра на их стол. «Современная справедливая транспарентная эффективная система рыночного распределения — это ключ, кратчайший путь к обеспечению продовольственной безопасности», — заключил представитель ФАО.

Ю.Г. Седова



АЛЕКСЕЙ МАЙОРОВ: «ПРОИЗВОДСТВО БЕЗ СБЫТА БЕСПЕРСПЕКТИВНО»

В ходе круглого стола на тему «Развитие новых логистических коридоров для экспорта продукции агропромышленного комплекса» состоялось обсуждение вопросов логистики при экспорте продуктов АПК, в частности оптимизации и координации транспортных потоков и внедрения цифровых технологий. Мероприятие прошло 12 июля на площадке верхней палаты российского парламента. Провел круглый стол первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Алексей Майоров.

Данное мероприятие проводится в рамках исполнения поручений Совета Федерации по реализации Послания Президента РФ Федеральному Собранию от 21 февраля 2023 года, сообщил первый зампред Комитета СФ ФС РФ Алексей Майоров. «Президент в послании отметил, что в условиях санкционного давления на нашу страну российский бизнес перестроил логистику, при этом многие базовые отрасли нарастили производство, в том числе в прошлом году сельское хозяйство показало двукратный темп роста. Но, очевидно, если мы будем и дальше наращивать производство, никоим образом не сомневаюсь, что это будет происходить. Будут нужны новые рынки сбыта, потому что производство без сбыта бесперспективно. Сегодня значительная доля экспорта российской продукции АПК приходится на зерновые культуры, а в перспективе (это обязательно должно происходить) нам следует развивать продукты переработки. Вместе с тем для наращивания экспорта необходимо продолжить поиск новых партнеров за рубежом, прежде всего в восточном и южном направлениях», — сказал он. В связи с этим актуальной становится задача развития новых логистических коридоров для экспорта продукции АПК страны, отметил сенатор.

Комплексное развитие логистических коридоров важно и для выполнения поставленной главой государства задачи по наращиванию ежегодного экспорта сельскохозяйственной продукции до 45 млрд долл., в связи с чем следует обеспечить и поддерживать высокий уровень конкурентоспособности российской экспортной продукции за счет эффективной логистики, резюмировал он. Специфика размещения сельскохозяйственного производства в России и происходящие изменения в распределении экспорта продовольствия требуют оптимизации и координации транспортных потоков в стране, модернизации используемых автотранспортных средств, портовой инфраструктуры и железнодорожного подвижного состава, эффективного территориального размещения складских площадей и внедрения цифровых технологий, отметил парламентарий.

«Всё это должно повысить конкурентоспособность и надежность российского экспорта, увеличить скорость

и качество доставки грузов из России за рубеж. Мы понимаем, что для решения этой задачи необходим комплексный, системный подход. Правительство активно занимается этими вопросами. Подготовлены и утверждены соответствующие дорожные карты по развитию международного транспортного коридора «Север — Юг» и транспортно-логистических коридоров в Азово-Черноморском и восточном направлениях. Идет их практическая реализация», — сказал Алексей Майоров. В результате проделанной работы в 2023 году перевозки железнодорожным транспортом на экспорт в восточном направлении выросли на 13,2%, отметил он. «Наша задача сегодня — выявить имеющиеся проблемы в данной сфере и определить пути их решения», — заключил законодатель.

Россия в этом сезоне, несмотря на инфраструктурные ограничения и давление с внешней стороны, достигла рекорда по экспорту зерна — 60 млн т, отметила заместитель директора департамента регулирования рынков АПК Министерства сельского хозяйства РФ Ольга Полозюкова. «Мы планируем за новый сезон поставить не менее 50–55 миллионов тонн», — сказала она.

Представитель федерального аграрного ведомства сообщила, что традиционный основной маршрут по экспорту зерна — Азово-Черноморский бассейн (более 90% зерна перевозится морским транспортом). Минсельхоз России рассчитывает, что традиционные направления по экспорту зерна и масла сохранятся, отметила она. В этом году были введены мощности в северо-западном направлении, перспективном для переориентации грузов, которые идут через порты Прибалтики в порты РФ, сообщила спикер. «Уже отправлено более 120 тысяч тонн сельхозпродукции», — сказала она. — Мы планируем, что в этом году ее будет не менее 1,5–2 миллионов, а в перспективе — минимум 4». Увеличились объемы по восточному направлению. Были переориентированы грузы, в основном скоропортящиеся, уточнила Ольга Полозюкова. В то же время большое внимание уделяется сегодня международному транспортному коридору (МТК) «Север — Юг», констатировала она. На текущий момент мощностей портовой инфраструктуры России достаточно для основных грузов зерновых и масличных, которые направляются в Индию, Пакистан, страны Персидского залива и на юго-восток, сообщила спикер. После проведения дноуглубительных работ и расширения объемов погрузки в направлении коридора «Север — Юг» экспорт сельхозпродукции будет увеличен, добавила она. Замдиректора департамента также отметила, что в текущем году Министерство сельского хозяйства РФ совместно с Минтрансом России и ФАС проводит большую работу по выравниванию стоимости логистики.

Ю.Г. Седова



МОЛОЧНАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ: ТРЕНДЫ, ИТОГИ, ПРОГНОЗЫ

Генеральный директор Национального союза производителей молока («Союзмолоко») Артём Белов рассказал о текущей ситуации и стратегических направлениях развития молочной отрасли в ходе аналитической бизнес-сессии «Лидеры АПК». Организатором мероприятия, прошедшего в рамках Международной торгово-промышленной выставки «MVC: зерно — комбикорма — ветеринария — 2023», выступила Группа компаний ВИК.

Последнее десятилетие молочная индустрия России жила в парадигме импортозамещения, когда на фоне стабильных объемов потребления активно выросло производство сырого молока — среднегодовые темпы составили порядка 3%, а сейчас акценты смещаются и без активного развития экспорта молочный рынок развиваться не сможет, отметил Артём Белов. По его данным, с 2015 года прирост производства составил более 5 млн т товарного молока (20–25%). «Этому способствовало несколько факторов, — сказал спикер. — Первый и ключевой — серьезный рост доходности производства за счет достаточно комфортных цен, сформировавшихся на рынке, и системных мер господдержки. В частности, речь идет о коротких кредитах, субсидии на литр произведенного молока, а также инвестиционных, возмещении прямых понесенных затрат и целом ряде других механизмов. Второй фактор — снижение объемов импорта более чем на 30%, что позволяло балансировать рынок, а предприятиям — устойчиво развиваться».

По мнению эксперта, 2022 год, несмотря на ограничения, стал для отрасли неплохим. Так, в прошлом году в сырьевом секторе произошло восстановление после серьезной просадки 2021 года, прирост производства составил около 3%, возрос объем переработки, серьезно снизился объем импорта — более 10% (рекордный показатель за последние восемь лет). В итоге доходность в сырьевом и перерабатывающих секторах достигла уровня 2019 года.

«Сейчас складывается непростая ситуация: последние три месяца наблюдаются серьезные корректировки цен на сырое молоко и стагнация спроса, так как на рынок влияют резко возросшие запасы по таким продуктам, как сухое молоко, сыры, сыворотка. При этом производство сырого молока продолжает расти — прибавка составила 7% с января по апрель. По итогам мая наблюдается снижение цен в перерабатывающем сегменте и розничной торговле, в связи с этим происходит увеличение экспорта продукции в страны ближнего и дальнего зарубежья — Юго-Восточную Азию, Северную Африку, что позволит стабилизировать ситуацию на рынке», — отметил спикер. По его мнению, июнь и июль будут турбулентными, но по итогам лета рынок найдет новый ценовой баланс.

Спикер заострил внимание на прогнозе развития ситуации в течение ближайших 3–5 лет. Он отметил, что потенциал импортозамещения исчерпан — уровень самообеспеченности по молоку и молочным продуктам в РФ вырос с 75 до 86%, при этом в рамках союзного государства (Россия и Белоруссия) уровень самообеспеченности уже 100%. «Прирост производства товарного молока составит примерно 2,5–3,5% в год. Роста спроса не будет. Молочная продукция является социально значимой, очень чувствительной к ценам и реально располагаемым доходам населения, которые в ближайшее время, судя



по прогнозу Минэкономразвития России, расти не будут», — уточнил эксперт.

Гендиректор «Союзмолока» обозначил четыре фактора, которые будут влиять на устойчивое и успешное развитие молочной отрасли в долгосрочной стратегии. Первым фактором он назвал экспортно-ориентированную модель, отметив, что молочный рынок, по оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), станет самым динамично растущим с точки зрения спроса в ближайшее десятилетие. По данным эксперта, объемы международной торговли будут ежегодно увеличиваться на 2%, что соответствует емкости отечественного рынка. «У России неплохой потенциал, чтобы занять на мировом молочном рынке серьезную долю, есть все ресурсы (земля, вода, люди, доступное финансирование сельского хозяйства, меры поддержки, доходность), — сказал он. — Российские компании могут быть конкурентоспособными по таким позициям, как сыворотка, сухое молоко и масло, на мировом рынке». Второй фактор, по мнению спикера, — это консолидация в сырьевом и перерабатывающих секторах. В ближайшее время будет происходить большое количество сделок слияния и поглощения — постепенное замещение средних и маленьких ферм крупнотоварными молочными комплексами, резюмировал он. Третьим фактором эксперт назвал эффективность производства и переработки молока. На это, по его мнению, влияет много факторов, особенно в последний год: ограничения с точки зрения финансирования, логистики, сложности с поставками оборудования, вакцин и ветеринарных препаратов. «Вопрос снижения рисков, сокращения издержек, повышения внутренней эффективности компаний становится приоритетным для бизнеса», — пояснил спикер. В качестве четвертого фактора он отметил поддержку государством критически важных направлений: генетики, селекции, обеспечения оборудованием, необходимыми ветеринарными препаратами, добавками, премиксами, витаминами.

В целом отрасль имеет хороший потенциал развития и сохранит свою инвестиционную привлекательность, подытожил Артём Белов.

Ю.Г. Седова

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА СЛУЖБЕ АПК: ПРИОРИТЕТЫ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Актуальные вопросы применения цифрового надзора и контроля в сельскохозяйственной отрасли обсудили участники панельной дискуссии XI Петербургского международного юридического форума на тему «Трансформация контрольно-надзорной деятельности в сфере АПК с применением искусственного интеллекта». Организатором мероприятия, прошедшего в рамках тематического блока форума «Цифровизация: право будущего или будущее право», выступила Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор).

Заместитель руководителя Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, руководитель цифровой трансформации Россельхознадзора Светлана Алексеева отметила, что ведомство одной из первых федеральных структур приступило к разработке и внедрению современных технологий в контрольно-надзорную деятельность. Цифровые инструменты позволили Россельхознадзору безболезненно отказаться от устаревшей системы плановых проверок и начать работу по индикаторам риска. В результате Россельхознадзор получил возможность эффективно выявлять нарушителей и одновременно не нагружать излишними контрольными мероприятиями добросовестный бизнес, резюмировала спикер. «Сейчас мы уже говорим о формировании с помощью информационных систем надзорной истории каждой компании, вовлеченной в производство и оборот сельхозпродукции, и их рейтинговании», — отметила она. На сегодняшний день цифровая экосистема ведомства состоит из десяти информационных систем, отслеживающих работу аграрного сектора, в программах содержится более двух петабайтов данных, уточнила Светлана Алексеева.

Замруководителя Россельхознадзора выделила популярные, наиболее часто выявляемые нарушения, такие как фальсификация продукции при помощи подмены сырья, — когда в ее составе заявляется более дорогое сырье, например говядина, а по факту она производится из более дешевого. Допустим, свинины. А также легализация (вброс) неучтенного сырья и изменение качественных характеристик продукции.



По итогам 10 месяцев работы (с июля 2022 года по апрель 2023-го) с применением искусственного интеллекта (ИИ) число выявленных нарушений выросло в 1,4 раза, при этом количество транзакций с признаками риска сократилось в 1,5 раза, отметила спикер. На протяжении этого времени по результатам применения ИИ было обнаружено 403 тыс. т продукции с нарушениями. В частности, 228 тыс. т пищевых продуктов, 105 тыс. т кормов и добавок, 53 тыс. т непищевых продуктов, 12 тыс. т мяса и мясопродуктов, 4 тыс. т рыбы и морепродуктов. Кроме того, контролеры направили 53 953 предупреждения о нарушении хозяйствующим субъектам, была приостановлена или аннулирована регистрация 9913 сертифицирующих лиц, привлечены к административной ответственности — 1261, сообщила Светлана Алексеева.



Председатель совета — директор Молочного союза России Людмила Маницкая отметила, что в молочной отрасли всё чаще находят применение информтехнологии и системы ИИ, Big data и нейросети. В результате внедрения в АПК цифровых технологий увеличивается производительность труда, снижаются затраты на производство, увеличивается спрос на товары и повышается конкуренция, уточнила она.

«Мы высоко оцениваем потенциал роста автоматизации и цифровизации в производстве и переработке молока. Участники молочного рынка сегодня активно внедряют технологии, включающие датчики, сенсоры и контроллеры, подключенные к единой сети, и на основе полученных данных принимают стратегические решения», — сказала спикер. Она сделала акцент на лидирующей роли Россельхознадзора в сфере цифровой трансформации АПК страны, заострив внимание на его масштабной работе по очищению молочного рынка от фальсификата, проведенной с помощью разработанной ведомством ФГИС «Меркурий» — сквозной системы прослеживаемости животноводческой продукции. «Меркурий» за счет автоматизации выявления недобросовестных игроков рынка стал огромным подспорьем в работе молочной отрасли, отметила Людмила Маницкая. Внедрение данной системы на первом этапе сопровождало довольно сильное противодействие, однако сейчас молочная промышленность (представители добросовестного бизнеса) по достоинству оценила ее преимущества по созданию конкурентной среды, расчистке рыночных ниш и поддержке репутации честных производителей, сообщила она. «Сегодня очевидно, что обеспечить биологическую безопасность страны, гарантировать качество молочной продукции без цифровизации невозможно. Однако недостаточно разработать и внедрить в производство цифровые системы и технологии, — необходимо законодательное определение цифрового государственного регулирования в агропромышленном комплексе», — отметила эксперт. Развитие цифровизации обязательно должно сопровождаться и подкрепляться внедрением правовой культуры, заключила она.

Заместитель директора департамента регулирования рынков АПК Минсельхоза России Елена Трошина, отметив актуальность цифровой трансформации Россельхознадзора, сообщила, что в федеральном аграрном ведомстве действуют 13 своих информсистем. В частности, во ФГИС «Зерно» работают уже более 200 тыс. сельхозтоваропроизводителей — организации, которые осуществляют производство зерновых, зернобобовых, масличных культур и их переработку. Участники зернового рынка вносят в систему информацию об основных операциях с зерном, продуктах его переработки, что позволяет министерству получать объективные и достоверные данные о состоянии зернового рынка, обеспечить прослеживаемость зерновой продукции на всех этапах ее жизненного цикла. «Внедрение системы прослеживаемости зерна позволяет обеспечить прозрачность заключаемых сделок на зерновом



рынке при обращении зерна, а также способствует обеспечению рынка и предотвращению нелегального оборота зерна как внутри страны, так и при осуществлении экспортно-импортных операций, что особенно актуально в условиях открытости границ в рамках таможенного законодательства», — пояснила спикер. По ее словам, к настоящему времени оформлено порядка 2 млн товаросопроводительных документов, охватывающих 85% выращенного зерна на территории РФ. На основе данных этой системы Минсельхоз реализовал механизм предоставления товаропроизводителям мер господдержки, теперь органы управления АПК, распределяющие льготы, получают необходимую информацию из системы, отметила замдиректора департамента. «Самим получателям господдержки это упрощает предоставление данных в органы управления АПК», — добавила она.

Елена Трошина сообщила, что в 2022 году Минсельхозом в рамках заключенного соглашения с Роскосмосом реализован контракт на создание ИИ с применением космоснимков. «Мы получаем космоснимки земель сельскохозяйственного назначения, анализируем поля и данные о произрастающих там культурах. Такая работа была проведена на территории 6 субъектов РФ, а в 2023 году планируем продолжить эту работу уже на территории 17 субъектов», — отметила она. Кроме того, министерство расширит перечень культур, подпадающих под космический мониторинг. В 2022 году это были пшеница, подсолнечник и картофель, — подытожила спикер.

Ю.Г. Седова



ЕВГЕНИЙ ЛЕЩЕНКО: «ДЕФИЦИТА ЗЕРНА В ЭТОМ ГОДУ НЕ БУДЕТ»

Текущую ситуацию в сельскохозяйственной отрасли в двух регионах Западной Сибири — Новосибирской и Омской областях — обсудили участники пресс-конференции, прошедшей 18 июля в ИА ТАСС (Новосибирск). В мероприятии приняли участие заместитель председателя правительства Новосибирской области — министр сельского хозяйства Евгений Лещенко и министр сельского хозяйства и продовольствия Омской области Николай Дрофа. Спикеры сообщили о ходе сельскохозяйственных работ, влиянии аномально жаркой погоды на посевы и заготовку кормов и дополнительных мерах, принимаемых для сохранения урожая.

В целом в Новосибирской области погибло и пострадало из-за аномальной жары и почвенной засухи 240 тыс. га — это порядка 10% от всей площади посевов, сообщил зампред областного правительства — министр сельского хозяйства Евгений Лещенко. «Что касается зерна, то у нас рекордные переходящие остатки на 1 июля — 1,5 миллиона тонн. План по производству зерна (с различными нюансами) — 2–2,3 миллиона тонн. Внутреннее потребление региона с учетом даже потребности отрасли животноводства — 1,82 миллиона тонн. То есть два годовых запаса у нас будет. Это позволит полностью закрыть внутренние потребности региона в зерне и обеспечить исполнение наших обязательств по поставкам зерна за пределы региона, в том числе и в страны дальнего зарубежья», — отметил он. Спикер сообщил, что в этом месяце в области введен режим чрезвычайной ситуации (ЧС) на региональном уровне из-за сложных агрометеорологических явлений — аномально сухой, жаркой погоды, суховея в сочетании с атмосферной и почвенной засухой, что вызвало большие сложности с кормозаготовительной кампанией в связи с низким урожаем многолетних трав — основы кормовой базы скота. «Нам необходимо заготовить око-

ло миллиона тонн сенажа и 290 тысяч тонн сена, — сказал он. — Пока от этих объемов мы накопили только 11% от плана сенажа и 13% от плана сена». Обеспечение кормами сельхозживотных (чтобы сохранить поголовье дойного стада и не допустить снижения продуктивности) — в числе ключевых задач, стоящих сегодня перед сельхозтоваропроизводителями, отметил министр. По его словам, частично проблемы с кормозаготовкой планируется компенсировать переходящими остатками кормов с прошлого года. «Мы их оцениваем в семь центнеров на голову. Это подушка безопасности, которая позволит (с учетом минимальных сборов кормов) пройти с самыми незначительными издержками», — пояснил спикер. Помимо этого, в регионе продолжается пересев однолетних трав, добавил он.

В Омской области, где также введен режим ЧС из-за опасного агрометеорологического явления (суховея), специалисты Минсельхозпрода держат под контролем ситуацию с засухой, отметил министр сельского хозяйства и продовольствия региона Николай Дрофа. В настоящее время регион полностью обеспечивает себя зерном, сообщил он. Так, уровень самообеспеченности зерном по итогам прошлого года составил





179,8%, а в этом году прогнозируется на уровне 183%. В области проводится ежедневный мониторинг земель, управления сельского хозяйства каждого района осуществляют выездные обследования полей. Пострадавшие от аномальных погодных условий посевы переводятся под пары и кормовые культуры, а при наступлении благоприятных погодных условий ведется подсев кормовых культур, добавил министр. «На текущий момент по грубым кормам заготовлено только 20% из запланированных 260 тысяч тонн. Такая же проблема по многолетним травам. Сенажи с них практически составляют 20–30% от урожайности, которую мы планировали получить», — рассказал он.

В ходе мероприятия было отмечено, что в обеих областях сейчас прорабатывается вариант приобретения кормов для сельскохозяйственных у соседних регионов, менее пострадавших от засухи. В частности, Новосибирская область планирует закупить 40 тыс. т сена, 80 тыс. т сенажа и порядка 70 тыс. т силоса для 134 местных сельхозпредприятий (Омская область пока не сформировала окончательно недостающий объем кормов).

Получено подтверждение о возможности поставок кормов из Томской области, сообщил Евгений Лещенко. «Мы понимаем, что порядок цифр по возможным объемам заготовки кормов в Новосибирской и Томской областях отличается. Если у нас 113 тысяч дойных коров, то у них — 13 тысяч. Объемы заготовки кормовых культур они под свои потребности готовят. Даже если и будут излишки, то незначительные. Поэтому мы в первую очередь надеемся на себя. Предпринимаем все необходимые меры по заготовке кормов на естественных кормовых угодьях», — отметил он. Федерального финансирования на закупку кормов не предусмотрено, тем не менее с 2020 года в области существует региональная программа субсидирования на заготовку кормов, объем которой превышает субсидии из федерального бюджета в 2,5 раза, сообщил министр. «Не столько затратно приобретение кормов, сколько доставка. У нас предусмотрена субсидия на доставку кормов при условии введения в регионе режима ЧС», — сказал он. По региональной программе субсидирование осуществляется до 70% от общего объема затрат, однако регион вправе довести эту цифру до 95% (планируется, что

соответствующие изменения будут введены в октябре текущего года), уточнил спикер. По его мнению, введенный в регионе режим ЧС не должен вызвать роста цен на продовольствие. «Предпосылки к изменению цен, в первую очередь на полках магазинов, на сегодняшний день я не вижу абсолютно никаких. Что касается продукции животноводства, то реализация сельскохозяйственными предприятиями молока идет по ценам ниже аналогичного прошлого периода, хотя за последние три-четыре недели наметилась тенденция незначительного увеличения отпускной цены на сырое молоко, — сказал Евгений Лещенко. — Сейчас подошли вплотную к 28 рублям за базис, а в прошлом году было на три с лишним рубля дороже». Он отметил аналогичную ситуацию с мясной продукцией, реализация которой в регионе идет по ценам пусть и несущественно, но всё-таки ниже того же периода 2022 года. «Дефицита зерна в этом году точно не будет. Даже с учетом обеспечения наших поставок за пределы региона, — заверил спикер. — Последние месяцы на зерно ценовая политика не менялась, зерновой рынок достаточно стабилен. Существует закон формирования рынка зерна: на каких отметках заканчиваем реализацию предыдущего урожая, именно с таких позиций, с этой цены мы и начинаем торги осенью текущего года. То есть цены далеко не запредельны, обеспечивают лишь минимальную рентабельность сельскохозяйственного производства. Именно зернового хозяйства. Так что, повторю, я не вижу предпосылок к повышению цен на сельхозпродукцию, в принципе тут ситуация достаточно стабильная».

По мнению Николая Дрофы, предпосылки к повышению цен на сельскохозяйственную продукцию отсутствуют и в Омской области. «Конечно, может быть сезонность роста цен на картофель и овощи. С привозом нового урожая, как правило, такие колебания бывают. Однако на текущей неделе на полки омских магазинов уже поступает продукция местных производителей», — резюмировал он. Министр также отметил, что в регионе отсутствуют проблемы с сельхозмашинами. «После введения санкций отечественные производители стали активнее развиваться и существенно увеличили объемы выпускаемой техники», — заключил он.

Ю.Г. Седова



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В РОССИЙСКОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Актуальные вопросы снижения зависимости отечественного агропрома от импортных семян обсудили участники круглого стола «Реализация Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства в России: состояние и перспективы» 7 июля на площадке МИА «Россия сегодня».



В рамках мероприятия было отмечено, что президент Владимир Путин поставил задачу по снижению зависимости российского агропромышленного комплекса от импорта семян и племенной продукции. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства до 2030 года (ФНТП), направленная в том числе на преодоление недопустимо высокой технологической зависимости отечественного сельского хозяйства от импортных поставок высококачественных семян, укрепляет продовольственную безопасность России, повышая конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции внутри страны и за ее пределами.

В России 75% высеваемых семян должны быть отечественной селекции, как прописано в Доктрине продовольственной безопасности, отметила заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Елена Зленко. Она сообщила, что в соответствии с распоряжением Правительства РФ установлен перечень основных сельскохозяйственных культур, по которым определяются плановые значения уровня самообеспеченности РФ семенами российской селекции до 2030 года. По словам сенатора, на текущий момент по зерновым культурам у нас достаточно высокий уровень самообеспечения, а вот по зернобобовым и рапсу есть «тревожные метки» — 36% и 30% соответственно, при этом в целом с масличными ситуация неплохая (48%). Также сегодня в зоне риска находятся такие важные позиции, как картофель и сахарная свекла, отметила она. «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства направлена на объединение усилий ученых-селекционеров и бизнеса для решения вопросов по овощным культурам, картофелю, сахарной свекле», — сказала Елена Зленко. Для реализации данных задач в течение последних лет создано 35 селекционно-семенных центров в 2021–2023 гг. на данные цели выделено более 3 млрд руб., сообщила она. «В ведение Минсельхоза России переданы девять научно-исследовательских институтов, — чтобы целевым образом работать на изменение этих показателей и достигнуть плановых значений Доктрины продовольственной безопасности», — добавила спикер.

Задача верхней палаты российского парламента — законодательное обеспечение развития сельского хозяйства, отечественной селекции и семеноводства, в связи с этим крайне важен разработанный при активном участии сенаторов закон о семеноводстве — базовый закон, определяющий все этапы формирования семенного фонда, резюмировала парламентарий.

Елена Зленко отметила необходимость обеспечения высококвалифицированными кадрами АПК, в частности отрасль семеноводства. «Нужна качественная популяризация аграрного образования, аграрных профессий, аграрной науки. Важно, чтобы молодежь пошла в эту сферу, — тогда мы получим новые идеи и наработки, а выделенные в программе (ФНТП) деньги начнут работать на перспективу», — пояснила она.

Особый интерес участников круглого стола вызвало выступление ректора ГАУ Северного Зауралья Елены Бойко, рассказавшей о деятельности университета в рамках реализации подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» ФНТП. «Нашими учеными уже выведены несколько сортов картофеля, — отметила она. — В настоящее время сортоиспытание проходит картофель Тюменский — сорт высокопродуктивный, акклиматизированный и чистый от фитопатогенов. Ведется работа по сортоизучению и совершенствованию технологий посадки картофеля. В университете созданы все необходимые условия для полного цикла производства данной культуры — меристемы и мини-клубней до посадки в открытый грунт. Помимо этого, селекционеры вуза разрабатывают новые сорта моркови, яровой мягкой пшеницы, ячменя, перца, лука, чеснока, люцерны, рапса и ряда других культур. Многие тюменские сельхозпредприятия успешно используют наш посадочный материал в производстве». Елена Бойко отметила стратегическую важность сотрудничества университета с ООО «Агрофирма «КРиММ» — крупнейшим агропромышленным предприятием региона. «В ближайшее время мы вместе с коллегами планируем приступить к реализации крупного проекта по рациональному земледелию, основная задача которого — сохранение плодородия почв», — заключила она.

Ю.Г. Седова

НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ В ТЕКУЩЕМ СЕЗОНЕ ЗАСЕЯНО ОКОЛО 500 ТЫС. ГА СЕЛЬХОЗЗЕМЕЛЬ

Пресс-конференция по итогам посевной кампании этого года в Свердловской области прошла 04.07.2023 на площадке пресс-центра ТАСС (г. Екатеринбург). Спикером мероприятия стала министр агропромышленного комплекса и потребительского рынка региона Анна Кузнецова.

В текущем году площадь посевных земель в Свердловской области составила порядка 500 тыс. га, сообщила глава МинАПК региона Анна Кузнецова. «Если быть точнее, то 499,9 тысячи гектаров. Немного не дотянули до круглого числа, но в любом случае это больше, чем в 2022 году», — добавила она. Министр отметила, что в регионе в течение последних нескольких лет планомерно увеличиваются площади посевов. По ее данным, в 2023 году зерновыми и зернобобовыми культурами занято 352 тыс. га, техническими культурами — 38,2 тыс. га, кукурузой — 32,5 тыс. га, а также однолетними и беспокровными травами — 53,2 и 8,2 тыс. га соответственно. Под овощи открытого грунта отдано 1,2 тыс. га, под картофель — 14,2 тыс. га. Спикер заострила внимание на том, что посевные площади под картофель были расширены на 0,4 тыс. га. Помимо этого, несколько увеличены посевные площади под зерновые и зернобобовые культуры и кукурузу на корм, добавила она. «Это то, что традиционно выращивают аграрии, чтобы сформировать кормовую базу для сельскохозяйственных животных», — пояснила Анна Кузнецова. Она отметила, что сельхозтоваропроизводители из года в год увеличивают количество семян уральской и российской селекции для посевов. Так, уточнила спикер, доля использования семян уральской селекции составляет: зерновых и зернобобовых культур — 39,5%, льна масличного — 72,5%, картофеля — 4%, клевера — 66,4%, люцерны — 89,6%, тимофеевки — 75,3%, овсяницы — 35,3%.

Посевная кампания в регионе из-за сложных погодных условий (в текущем году следом за установившейся весной аномальной жарой наступило резкое похолодание) растянулась на довольно длительный период, завершившись в конце июня, тем не менее она прошла в плановом, штатном режиме, резюмировала министр.

Исправно работала сельхозтехника, отметила она. «Общее количество вышедшей на поля области техники превысило 8000 единиц. Замечу, половина тракторного парка сельскохозяйственных предприятий региона и четверть комбайнов, работающих в полях Свердловской области, произведены в Республике Беларусь. Белорусская техника давно зарекомендовала себя как надежная и работоспособная», — сказала спикер. Она уточнила, что ход посевной был немного сдвинут из-за произошедших весной в области природных пожаров, не оказавших на саму кампанию существенного влияния. По словам министра, поля и сельхозтехника не пострадали во многом в результате эффективных действий сельхозтоваропроизводителей, принимавших активное участие в тушении пожаров.

Не вызвали значительных негативных последствий и заморозки, наблюдавшиеся в регионе в июне. От резкого похолодания пострадали в основном кормовые культуры, такие как клевер и козлятник, занимающие незначительные площади, отметила спикер. «У всех предприятий и сельхозорганизаций, занимающихся выращиванием скота, есть запасы кормов», — сказала она. — Соответственно, нынешняя погодная аномалия серьезно не повлияет ни на кормовую базу, ни на цены».

В настоящее время в регионе начались уборочные работы по многолетним травам, идущим на корм сельскохозяйственным животным, сообщила Анна Кузнецова. «Мы начинаем отмечать более низкую урожайность, примерно в два раза ниже среднегодовых показателей», — отметила она, — но делать окончательные выводы пока рано, потому что мы только зашли в уборочную кампанию, основная у нас стартует в августе. Поэтому мы рассчитываем (и будем надеяться), что прошедшие дожди всё-таки помогут нашим сельскохозяйственным растениям набрать и зерно, и рост, и массу».

Всего на посевную кампанию текущего года в регионе ушло порядка 5 млрд рублей, из них около 2,5 млрд рублей было взято сельхозтоваропроизводителями в кредитных организациях под льготный процент, сообщила министр. В эту сумму входят культурно-технические мероприятия, сама посевная, закупка горюче-смазочных материалов, приобретение семян, а также оплата труда работников, пояснила она. «Сейчас наша задача — обеспечить аграриев оборотными средствами под уборочную кампанию этого года», — заключила Анна Кузнецова.

Ю.Г. Седова



ЕКАТЕРИНА ИЖМУЛКИНА: «“ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКАЯ ТОЧКА КИПЕНИЯ” — ТЕРРИТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТУДЕНЧЕСКИХ СТАРТАПОВ»



Ректор Кузбасской государственной сельскохозяйственной академии кандидат экономических наук Екатерина Александровна Ижмулкина рассказала о пути трансформации вуза в академию предпринимательского типа, интеграции бизнеса и образования, а также поделилась опытом создания пространства для разработки и апробации студенческих технологических стартапов.

— Екатерина Александровна, какие современные тенденции отмечаете в подготовке специалистов для предприятий АПК?

— Государственная политика, ситуация в отрасли, мировые проблемы и региональная повестка требуют от аграрных вузов перехода от агента по подготовке кадрового резерва для предприятий АПК к университетам в составе консорциумов, ответственных не только за обучение и создание знаний, но и за превращающие их в коммерциализуемые инновации.

Аграрные вузы должны стать международным центром компетенций по созданию системных инноваций, а также центрами опережающей подготовки кадров с функциональными и предпринимательскими компетенциями в сфере АПК. Это прослеживается и в поставленных президентом РФ Владимиром Путиным на-

циональных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года.

Кузбасская ГСХА и другие аграрные вузы реализуют программы по развитию молодежного студенческого предпринимательства. Так, академия в рамках нового федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» получила господдержку на создание первой в Кузбассе предпринимательской «Точки кипения».

Путь трансформации вуза в академию предпринимательского типа включает множество инновационных проектов, в том числе Кузбасская ГСХА принимает участие в федеральном проекте «Школа фермера» при поддержке АО «Россельхозбанк» и Министерства сельского хозяйства РФ. Эта акселерационная программа получила свою популярность в 54 регионах России, более 3000 участников-фермеров прошли бизнес-подготовку, запустили агробизнес с нуля или вывели свое фермерское хозяйство на новый уровень. В Кузбассе этот проект реализует наш вуз, используя не только финансовую поддержку банка, но и привлекая другие источники внебюджетных средств.

— Какой же, на ваш взгляд, должна быть академия предпринимательского типа?

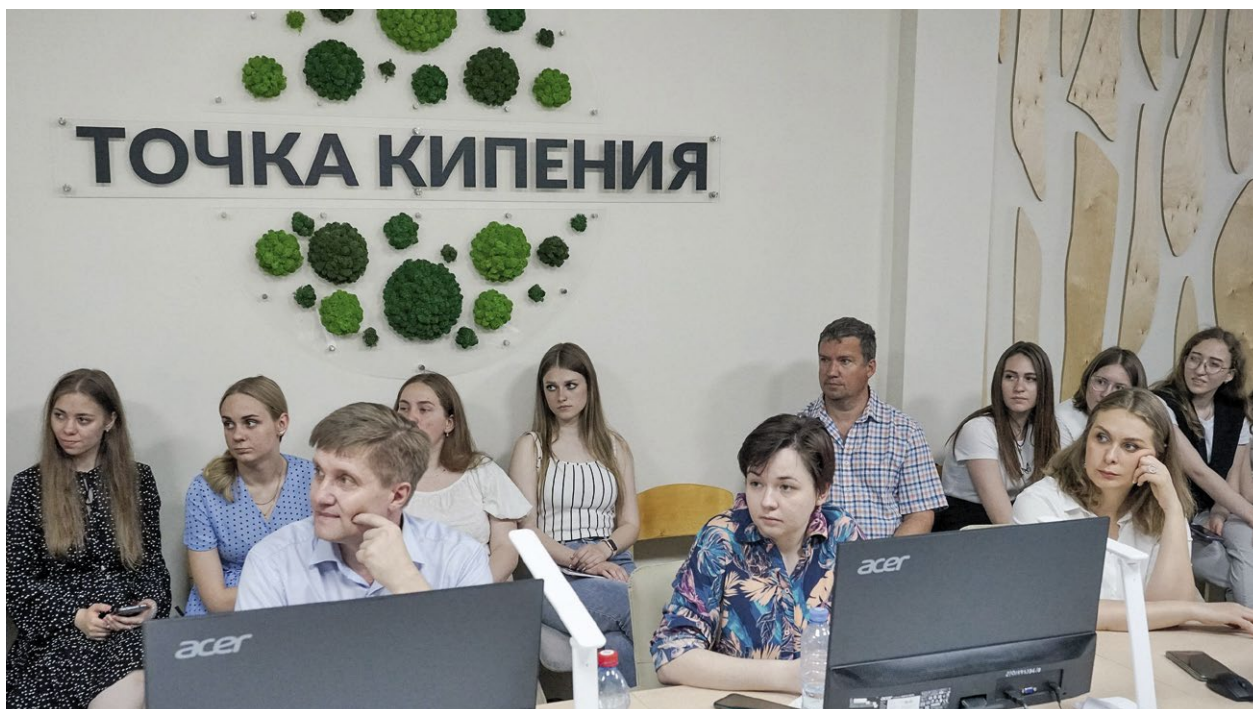
”

— Академия предпринимательского типа — это не только высшее образовательное учреждение, где получают специализацию будущие профессионалы АПК, но и куда приходят представители реального бизнеса. Предпринимать — значит действовать, создавать и внедрять новое. Истинным предпринимателем становится субъект, обладающий складом ума, нацеленным на поиск возможностей. Инновации в предпринимательском вузе — это прежде всего культурные и образовательные инновации, придание большей ценности интеллектуальным продуктам академии, идеи, воплощенные в технологию.

Основной принцип формирования бизнес-идей технологических предпринимателей — создание инноваций для «расшивки узких мест» в горизонтальной системе разделения труда аграрного бизнеса.

Необходимым условием данной работы является вовлеченность самого вуза в сообщество предпринимателей отрасли. Регулярный мониторинг дает возможность сегментировать потенциальных клиентов по степени восприимчивости к инновациям и доли на рынке, знать все узкие места в бизнес-процессах и сформировать «прототип» ценностного предложения в форме





комплектации отдельных решений с учетом собственных возможностей и кооперации.

— Как это реализуется на практике? Какая работа по поддержке технологического предпринимательства ведется в Кузбасской ГСХА?

— В нашей академии территория развития предпринимательства создана совместно с АО «Россельхозбанк». Пять локаций для коллективной работы — «Проектируй», «Моделируй», «Инвестируй», «Предпринимай», «Развивай» — дополняются оснащенными современным оборудованием лабораторными помещениями.

Уже на 1–2-м курсе обучения у студентов Кузбасской ГСХА формируется мода на технологическое предпринимательство. Задача этого блока — заинтересовать и увлечь идеей разработки собственного проекта.

С нашей стороны на этом уровне важно провести диагностику и выявить студентов, имеющих способности к технологическому предпринимательству. Показателем эффективности этой деятельности является концентрация таких студентов в вузе. Если в среднем в России, по данным статистики, такой показатель составляет не более 5%, наша амбициозная цель — утроить это значение.

Одним из подобных мероприятий является просветительский проект «Агролидеры России» от АО «Россельхозбанк». Он объединил свыше 2300 увлеченных АПК талантливых студентов. Молодые профессионалы агробизнеса прошли два этапа реализации проекта: в онлайн-режиме встретились на лекциях с руководителями ведущих российских агропредприятий, а затем подготовили собственные проекты, пользуясь консультациями менторов. На конкурс проектов подано 155 заявок.

Стадию инкубации замотивированные студенты могут пройти в программах акселерации бизнес-идей, которые уже сейчас реализуются аграрными вузами совместно с Университетом-2035, АО «Россельхозбанк», АСИ и другими институтами развития.

В сентябре 2023 года в академии стартует программа акселерации «Агrostарт», в которой примут участие более 500 студентов и по итогам программы будет создано 60 инновационных студенческих стартап-проектов.

— Расскажите, пожалуйста, о результатах такой работы.

— Студенты вуза не раз становились лауреатами и призерами федеральных конкурсов «Умник», «АгроПрофи», «Я — профессионал», «Генезис», «Твой ход», «Молодые агролидеры России», «Национальная премия имени А.А. Ежевского».

В учреждении активно ведется научно-исследовательская деятельность в соответствии с приоритетами научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. Ученые вуза работают над вопросами усовершенствования уже созданных многофункциональных кормовых добавок, функциональных продуктов питания, биоремедиации, геномных технологий в животноводстве и робототехники в АПК.

Системная работа во всех этих направлениях позволяет обеспечивать устойчивый спрос на инновации, ускорить запуск технологических стартапов и вывод серийных продуктов на основе опытных образцов и технологий членов консорциумов.

Для повышения качества бизнес-подготовки и масштабирования программы акселератора предлагаем из атласа результатов научных разработок аграрных вузов и научных организаций сформировать экономически эффективные технологические пакеты как комплементарное решение отдельных инноваций. Это будет полезным как для фермеров по производству традиционных продуктов, так и вне продуктового мейнстрима. Кузбасская ГСХА готова стать центром ответственности, создать коллаборацию с заинтересованными аграрными вузами, провести технологический аудит бизнес-процессов в АПК.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия»

650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, д. 5

Официальный сайт академии:

<https://www.ksai.ru/>

В социальных сетях:

https://vk.com/kuzgsha_official42

Телеграм-канал: @ksaa42

УДК 619:615.033

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-22-26

**С.В. Абрамов¹,
В.В. Головин¹ ✉,
Е.А. Тихонова¹,
А.В. Балышев²**

¹ ООО «Биовизор», Москва, Россия

² Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

✉ v.golovin@biovizor.ru

Поступила в редакцию:
20.06.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-22-26

**Sergei V. Abramov¹,
Andrey V. Balyshev²,
Vyacheslav V. Golovin¹ ✉,
Yelena A. Tikhonova¹**

¹ LLC «Biovizor», Moscow, Russia

² The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production, Volgograd, Russia

✉ v.golovin@biovizor.ru

Received by the editorial office:
20.06.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Изучение биоэквивалентности ветеринарных препаратов на основе оклацитиниба «Нициалле» и «Апоквел» в организме собак

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты изучения сравнительной фармакокинетики (биоэквивалентности) двух лекарственных препаратов для ветеринарного применения — воспроизведенного препарата «Нициалле» и оригинального препарата «Апоквел».

Эксперименты проводили на 12 собаках, разделенных на две равные группы (по шесть особей в каждой). Животным одной группы перорально задавали воспроизведенный препарат, собакам другой группы — референтный. Исследуемые препараты вводили в организм собак однократно (индивидуально) пероральным путем. Каждому животному была задана доза препарата, соответствующая 0,6 мг оклацитиниба на 1 кг массы тела. После однократного введения препаратов, у каждой собаки из группы отбирали пробы крови для последующего получения сыворотки. В пробах сыворотки крови методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определяли содержание оклацитиниба. Значения концентраций оклацитиниба послужили основой для расчета его фармакокинетических параметров в организме собак. Статистический анализ показал, что двусторонние доверительные интервалы для отношений C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ находились в пределах 80–125%, а отношений C_{max}/AUC_{0-t} — в пределах 75–133%. Таким образом, результаты исследования продемонстрировали, что препараты «Апоквел» и «Нициалле» являются биоэквивалентными.

Ключевые слова: биоэквивалентность, фармакокинетика, оклацитиниб, собаки, кровь

Для цитирования: Абрамов С.В., Головин В.В., Тихонова Е.А., Балышев А.В. Изучение биоэквивалентности ветеринарных препаратов на основе оклацитиниба «Нициалле» и «Апоквел» в организме собак. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 22–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-22-26>

© Абрамов С.В., Головин В.В., Тихонова Е.А., Балышев А.В.

Bioequivalence study of veterinary drugs based on oclacitinib «Nicialle» and «Apoquel» in dogs

ABSTRACT

The article presents the results of a study of the comparative pharmacokinetics (bioequivalence) of two drugs for veterinary use—the reproduced drug «Niziale» and the original drug «Apoquel».

The experiments were carried out on 12 dogs divided into two equal groups (six individuals in each). Animals of one group were given a reproduced drug orally, dogs of the other group were given a reference drug. The studied drugs were injected into the body of dogs once (individually) orally. Each animal was given a dose of each drug, corresponding to 0.6 mg oclacitinib per 1 kg of body weight. After a single administration of drugs, blood samples were taken from each dog in the group for subsequent serum collection. In the obtained blood serum samples, the content of oclacitinib was determined by high-performance liquid chromatography. The obtained values of oclacitinib concentrations served as the basis for calculating its pharmacokinetic parameters in dogs. The conducted statistical analysis showed that the two-sided confidence intervals for the C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ ratios were in the range of 80–125%, and the C_{max}/AUC_{0-t} ratios were in the range of 75–133%. Thus, the results of the studies demonstrated that the preparations «Apoquel» and «Niziale» are bioequivalent.

Key words: bioequivalence, pharmacokinetics, oclacitinib, dogs, blood

For citation: Abramov S.V., Golovin V.V., Tikhonova E.A., Balyshev A.V. Bioequivalence study of veterinary drugs based on oclacitinib «Nicialle» and «Apoquel» in dogs. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 22–26 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-22-26>

© Abramov S.V., Golovin V.V., Tikhonova E.A., Balyshev A.V.

Введение/Introduction

Одна из самых частых патологий, с которыми ветеринарный врач сталкивается в практике, — дерматиты различной этиологии, сопровождающиеся кожным зудом. По статистике, количество обращений пациентов, имеющих дерматологические заболевания, с каждым годом становится всё больше. Одним из факторов, провоцирующих восприимчивость организма животных к аллергенам, являются современные экологические условия [1].

Причиной сильного зуда и расчесов у собак в 15% случаев является кожная аллергия. Если же происходит сочетание с атопией, то частота случаев становится выше — 20%. Атопический дерматит у собак — это воспалительное заболевание кожи, вызванное взаимодействием антител IgE (связанных с определенными генами животного) и аллергенов окружающей среды. Это хроническое кожное заболевание, характерное для собак и кошек, характеризующееся зудом, воспалением, частыми рецидивами и бактериальными кожными патологиями. В комплексной коррекции проблемы часто назначают глюкокортикоиды — преднизолон, который в то же время имеет серьезные побочные эффекты, особенно при длительном применении. Это влияет на качество жизни собаки, может вызвать развитие панкреатита, гепатита, язвы желудка, значительные гормональные изменения. В связи с этим актуален поиск альтернативных противовоспалительных препаратов [2–4].

Цель исследования — изучение биоэквивалентности препаратов «Нициалле» и «Апоквел».

Организация — производитель воспроизведенного препарата «Нициалле» — ООО «ВИК — здоровье животных» (Россия). Организация — производитель референтного препарата «Апоквел» — Zoetis Inc. (США). Препараты выпускают в форме таблеток для перорального применения, в качестве действующего вещества они содержат оклацитиниба малеат, относящийся к клинико-

фармакологической группе селективных ингибиторов янус-киназы (противовоспалительные средства) [5]. «Нициалле» и «Апоквел» назначают собакам при дерматите, ассоциированном с аллергией (контактный, пищевой, паразитарный) в целях устранения зуда и уменьшения очаговых изменений кожи, а также для профилактики рецидивов атопического дерматита [6, 7].

Согласно действующему в РФ законодательству¹ каждый регистрируемый в РФ лекарственный препарат для ветеринарного применения должен проходить комплекс доклинических и клинических исследований, которые проводятся путем применения научных методов оценок в целях получения доказательств безопасности, качества и эффективности лекарственного средства. Но даже при наличии результатов таких исследований воспроизводимые препараты могут иметь отличительные особенности от оригинальных лекарственных средств [8–11]. Таким образом, при разработке новых лекарственных препаратов особого внимания требует изучение их биоэквивалентности на целевых видах животных [12].

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования были проведены в 2023 году. Для изучения биоэквивалентности двух препаратов были сформированы две группы собак породы кавказская овчарка, состоящие из шести особей каждая. Масса тела экспериментальных животных находилась в диапазоне 47,9–57,4 кг, возраст — 2–3 года. Животные содержались в питомнике кавказских овчарок в Московской области.

Для экспериментов был применен параллельный дизайн исследований², что подразумевало под собой одновременное введение животным одной группы воспроизведенного препарата «Нициалле», собакам другой группы — референтного препарата «Апоквел».

Перед началом опыта каждую собаку взвешивали для расчета индивидуальной дозы препарата в зависимости от массы тела животного. Препараты вводили однократно (индивидуально) пероральным путем. Доза препарата, которая была введена каждому животному, соответствовала 0,6 мг оклацитиниба на 1 кг массы тела.

Индивидуальные значения массы тела экспериментальных собак и полученные ими дозы препаратов указаны в таблице 1.

Отбор проб крови у животных проводили до введения препаратов (0 ч.) и спустя 15 мин., 30 мин., 45 мин., 1 ч., 1,5 ч., 2 ч., 4 ч., 6 ч., 8 ч., 12 ч., 15 ч., 24 ч., 32 ч. в объеме не менее 5 мл. На каждый срок отбор проб крови был произведен у шести собак в каждой группе.

Кровь отбирали в промаркированные шифром пробы одноразовые пробирки с активатором свертывания. После образования сгустка и отделения сыворотки пробы крови подвергали центрифугированию при 3500 об/мин в течение 5 мин. После центрифугирования сыворотку крови отбирали в промаркированные шифром пробы пробирки типа Ерпендорф в объеме не менее 1 мл. После отбора проб образцы замораживали в морозильной камере и транспортировали в термоконтейнере в замороженном состоянии в лабораторию ООО «Биовизор» (г. Москва), где проводили аналитическую часть исследования.

Таблица 1. Масса тела собак и полученные дозы препаратов
Table 1. Body weight of dogs and received doses of drugs

№ животного	Пол	Масса тела, кг	Доза (по оклацитинибу), мг/гол
«Апоквел»			
1	самка	53,9	32,34
2	самка	56,9	34,14
3	самка	53,8	32,28
4	самец	57,4	34,44
5	самка	53,5	32,10
6	самка	57,0	34,20
«Нициалле»			
7	самец	48,2	28,92
8	самка	54,2	32,52
9	самка	51,0	30,60
10	самка	47,9	28,74
11	самка	49,1	29,46
12	самка	48,3	28,98

¹ Федеральный закон от 12.04.2010 № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств». <http://government.ru/docs/all/99466/>

² Приказ Минсельхоза от 6 марта 2018 г. № 101 «Об утверждении правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения». <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/5823.html>

Основным параметром, который определяли в процессе исследования, являлось содержание действующего вещества препаратов в сыворотке крови. Принцип использованной для этого методики заключался в определении содержания оклацитиниба в экстрактах образцов сыворотки крови собак методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemным масс-спектрометрическим детектированием. Для этого использовали хромато-масс-спектрометр Shimadzu LCMS-8050 (Япония). Примененная методика была валидирована по показателям: линейность, степень извлечения, специфичность, прецизионность, правильность (точность), пределы количественного и качественного определения, допустимость разбавления, стабильность аналита и внутреннего стандарта.

На основании полученных концентраций оклацитиниба в сыворотке крови осуществляли расчет его фармакокинетических параметров в организме собак: период полувыведения действующего вещества ($T_{1/2}$), время достижения максимальной концентрации действующего вещества (T_{max}), максимальная концентрация действующего вещества (C_{max}), площадь под кривой «концентрация действующего вещества — время» в интервале времени от 0 до момента (t) отбора последней пробы биоматериала (AUC_{0-t}), площадь под кривой «концентрация действующего вещества — время» в интервале времени от 0 до ∞ ($AUC_{0-\infty}$), среднее время удержания вещества в системном кровотоке (MRT), соотношение $AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$. На основе рассчитанных параметров производили оценку биоэквивалентности испытанных препаратов.

Обработка полученных индивидуальных данных включала в себя нахождение средних величин, относительных стандартных отклонений от средних и стандартных ошибок в программе Microsoft Excel. Расчеты фармакокинетических параметров были выполнены в программе PKSolver (надстройка для Microsoft Excel) с применением некомпартментной (бескамерной) модели распределения действующего вещества препаратов «Нициалле» и «Апоквел».

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Полученные данные свидетельствовали о высокой биодоступности препаратов «Нициалле» и «Апоквел» при пероральном введении. Оклацитиниб быстро всасывался из желудочно-кишечного тракта и обнаруживался спустя 0,25–0,75 ч. после введения как в образцах сыворотки крови животных, получивших воспроизведенный препарат, так и в образцах биоматриц от собак, которые принимали референтный препарат.

Для «Нициалле» максимум концентрации оклацитиниба в крови достигался через 0,75–4 ч. после введения препарата, при этом максимальные концентрации действующего вещества находились в диапазоне 181,318–332,494 нг/мл. Затем концентрация действующего вещества в сыворотке крови уменьшалась, и к 32 ч. содержание оклацитиниба было в пределах, близких к нижнему пределу количественного определения (1,545–7,916 нг/мл).

Примерно аналогичная картина наблюдалась после введения «Апоквела». Концентрация действующего вещества достигала максимума к 1–2 ч. после введения препарата и находилась в диапазоне 250,621–341,995 нг/мл. Далее содержание оклацитиниба в сыворотке крови животных постепенно снижалось, и к 32 ч.

его концентрация находилась в пределах от 1,142 до 6,576 нг/мл.

Сравнительный график изменения концентрации оклацитиниба в крови собак, получавших референтный и испытуемый препараты, представлен на рисунке 1.

Наблюдавшиеся в период с 0 до 4 ч. отклонения концентрации оклацитиниба в сыворотке крови были обусловлены индивидуальными особенностями экспериментальных собак, что не оказало влияния на достоверность результатов.

Полученные значения концентрации оклацитиниба в крови послужили основой для расчета его фармакокинетических параметров, которые представлены в таблице 2.

Рис. 1. Динамика изменения концентрации оклацитиниба в сыворотке крови собак

Fig. 1. Dynamics of changes in the concentration of oclacitinib in the blood serum of dogs

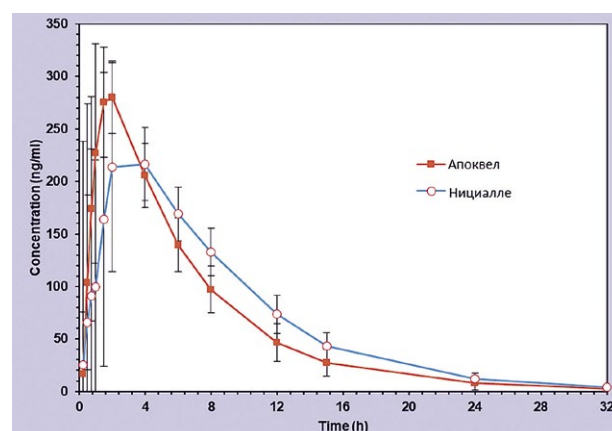


Таблица 2. Фармакокинетические параметры оклацитиниба
Table 2. Pharmacokinetic parameters of oclacitinib

«Нициалле»		
Параметр	Среднее значение	RSD, %
$T_{1/2}$, ч.	4,7	10,8
T_{max} , ч.	3,1	45,0
C_{max} , нг/мл	242,608	26,2
AUC_{0-t} , нг/мл·ч	2242,5	22,0
$AUC_{0-\infty}$, нг/мл·ч	2269,5	22,4
$AUMC_{0-\infty}$, нг/мл·ч ²	18707,4	23,2
MRT, ч.	8,3	12,0
$AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$	0,988	0,5
«Апоквел»		
Параметр	Среднее значение	RSD, %
$T_{1/2}$, ч.	4,7	10,2
T_{max} , ч.	1,6	30,7
C_{max} , нг/мл	312,322	12,7
AUC_{0-t} , нг/мл·ч	2037,7	14,5
$AUC_{0-\infty}$, нг/мл·ч.	2057,2	15,1
$AUMC_{0-\infty}$, нг/мл·ч ²	13846,4	35,0
MRT, ч.	6,6	17,9
$AUC_{0-t}/AUC_{0-\infty}$	0,991	0,6

Таблица 3. Сравнение фармакокинетических параметров олацитиниба после применения препаратов «Апоквел» (А) и «Нициалле» (Н)
Table 3. Comparison of the pharmacokinetic parameters of oclacitinib after the use of drugs «Apoquel» (A) and «Nicialle» (N)

Доверительный интервал отношений фармакокинетических параметров препаратов Х(Н)/Х(А)					
Отношение	Среднее	min	max	min, %	max, %
$C_{max}(H)/C_{max}(A)$	0,761	0,614	0,943	80,6	124,0
$AUC_{0-t}(H)/AUC_{0-t}(A)$	1,087	0,894	1,322	82,2	121,6
$AUC_{0-\infty}(H)/AUC_{0-\infty}(A)$	1,089	0,892	1,331	81,8	122,2
$C_{max}/AUC_{0-t}(H)/C_{max}/AUC_{0-t}(A)$	0,700	0,612	0,801	87,4	114,4

Биоэквивалентность воспроизведенного препарата и препарата сравнения оценивалась в соответствии с Правилами проведения исследований биоэквивалентности лекарственных средств Евразийского экономического союза (решение № 85 Совета Евразийской экономической комиссии). Гипотеза о биоэквивалентности препаратов проверялась исходя из предположения о логнормальном распределении измеренных величин C_{max} , $AUC_{(0-t)}$, $AUC_{(0-\infty)}$ и $C_{max}/AUC_{(0-t)}$.

Результаты вычисления доверительных интервалов для отношений фармакокинетических параметров представлены в таблице 3.

Двусторонние доверительные интервалы для отношений C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ находились в пределах 80–125%, а отношений C_{max}/AUC_{0-t} — в пределах 75–133%. Дисперсионный анализ показал, что все факторы вносили статистически незначительный вклад в общую вариацию, не выявлено статистически достоверных различий в процессе всасывания (как по полноте, так и по скорости всасывания) испытуемого и референтного препаратов. Таким образом, на основании полученных данных, учитывая, что доверительные интервалы отношений для логарифмически преобразованных значений AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$, C_{max} и C_{max}/AUC_{0-t}

не выходили за установленные рамки, гипотеза о биоэквивалентности препаратов «Апоквел» и «Нициалле» была принята.

Выводы/Conclusion

Результаты изучения сравнительной фармакокинетики воспроизведенного препарата «Нициалле» и референтного препарата «Апоквел» в организме собак продемонстрировали, что они являются фармацевтически эквивалентными. Об этом свидетельствовало то, что двусторонние доверительные интервалы для отношений C_{max} , AUC_{0-t} , $AUC_{0-\infty}$ находились в диапазоне 80–125%, а отношений C_{max}/AUC_{0-t} — в диапазоне 75–133%. Таким образом, биофармацевтические свойства препарата «Нициалле» сопоставимы с аналогичными свойствами «Апоквела», который ранее был зарегистрирован в РФ на основании результатов доклинических и клинических исследований, подтвердивших его качество, эффективность и безопасность.

Результаты позволяют сделать вывод, что разработанный в рамках импортозамещения отечественный препарат «Нициалле» обладает аналогичной с референтным препаратом терапевтической эффективностью.

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

- Верховцева А.А. Изменения цитокинового профиля и его коррекция у собак с бактериальным дерматитом. *Сельское хозяйство*. 2018; (4): 25–30. <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.4.28066>
- Куведва Е.Н., Плахотнюк Е.В., Лизогуб М.Л. Лечение аллергического дерматита собак. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2022; (31): 174–182. <https://www.elibrary.ru/lqbzsz>
- Родионова И.А., Колобкова Н.М., Наянзова Е.А. Сравнительная оценка лечения atopического дерматита собак. *Вестник биотехнологии*. 2020; (4): 11. <https://www.elibrary.ru/ictbnn>
- Бичи Буэрибери Р.Э. Atopический дерматит у собак. *Молодой ученый*. 2019; (50): 53–55. <https://www.elibrary.ru/mkbxpy>
- Лифенцова М.Н., Горпинченко Е.А., Сидоренко А.И. Эффективность препарата группы селективных ингибиторов янус-киназы при лечении atopического дерматита собак. *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2017; 3(6): 13–21. <https://www.elibrary.ru/xmfvsx>
- Косгроув С.Б. и др. Эффективность и безопасность олацитиниба для контроля зуда и ассоциативных поражений кожи у собак с аллергическими дерматитами. *Российский ветеринарный журнал. Мелкие домашние и дикие животные*. 2016; (5): 6–15. <https://www.elibrary.ru/wrlhsj>
- Ortalda C., Noli C., Colombo S., Borio S. Oclacitinib in feline nonflea-, nonfood-induced hypersensitivity dermatitis: results of a small prospective pilot study of client-owned cats. *Veterinary Dermatology*. 2015; 26(4): 235–e52. <https://doi.org/10.1111/vde.12218>

REFERENCES

- Verkhovtseva A.A. Changes in the cytokine profile and its correction in dogs with bacterial dermatitis. *Agriculture*. 2018; (4): 25–30 (In Russian). <https://doi.org/10.7256/2453-8809.2018.4.28066>
- Kuevda E.N., Plakhotniuk E.V., Lizogub M.L. Treatment allergic dermatitis dogs. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2022; (31): 174–182 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/lqbzsz>
- Rodionova I.A., Kolobkova N.M., Nayanova E.A. Comparative evaluation of the treatment of atopical dermatitis in dogs. *Bulletin of biotechnology*. 2020; (4): 111 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ictbnn>
- Beachy Bueriberi R.E. Atopic dermatitis in dogs. *Young scientist*. 2019; (50): 53–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/mkbxpy>
- Lifentsova M.N., Gorpichenko E.A., Sidorenko A.I. The effectiveness of Janus kinase reuptake inhibitor group preparation in canine atopical dermatitis treatment. *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2017; 3(6): 13–21 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xmfvsx>
- Cosgrove S.B. et al. Efficacy and safety of oclacitinib for the control of pruritus and associated skin lesions in dogs with canine allergic dermatitis. *Russian Veterinary Journal. Small Pets and Wild Animals*. 2016; (5): 6–15 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wrlhsj>
- Ortalda C., Noli C., Colombo S., Borio S. Oclacitinib in feline nonflea-, nonfood-induced hypersensitivity dermatitis: results of a small prospective pilot study of client-owned cats. *Veterinary Dermatology*. 2015; 26(4): 235–e52. <https://doi.org/10.1111/vde.12218>

8. Понамарев В.С., Луногов А.М. Релевантные дизайны исследования на биоэквивалентность лекарственных средств для ветеринарного применения. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2021; (2): 81–84. <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.81>

9. Коновалова Г.В., Лобова П.С., Грицюк В.А., Морозова А.В., Токар В.В. Особенности планирования и проведения доклинических исследований лекарственных препаратов для ветеринарного применения. *Ветеринария*. 2022; (2): 58–62. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.2.58-62>

10. Васильев А.Н., Ниязов Р.Р., Гавришина Е.В., Драницына М.А., Куличев Д.А. Проблемы планирования и проведения доклинических исследований в Российской Федерации. *Ремедиум*. 2017; (9): 6–19. <https://www.elibrary.ru/zolgjp>

11. Особенности оценки токсичности воспроизведенных лекарственных средств. Ишмухаметов А.А. (ред.). *Хрестоматия фармацевтического качества*. Москва: Ремедиум. 2015; 143, 144. <https://www.elibrary.ru/wmxgnx>

12. Шулькин А.В., Попова Н.М., Чернык И.В. Оригинальные и воспроизведенные лекарственные препараты: современное состояние проблемы. *Наука молодых*. 2016; (2): 30–35. <https://www.elibrary.ru/wcczrv>

8. Ponomarev V.S., Lunegov A.M. Relevant bioequivalence study designs of medicinal products for veterinary use. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2021; (2): 81–84 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2072-6023.2021.2.81>

9. Konovalova G.V., Lobova P.S., Gritsuk V.A., Morozova A.V., Tokar V.V. Specifics of planning and conducting preclinical studies of medicinal products for veterinary use. *Veterinary medicine*. 2022; (2): 58–62 (In Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2022.25.2.58-62>

10. Vasiliev A.N., Niyazov R.R., Gavrishina E.V., Dranytsina M.A., Kulichev D.A. Problems of planning and conduct of preclinical trials in the Russian Federation. *Remedium*. 2017; (9): 6–19 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zolgjp>

11. Features of toxicity assessment of reproduced drugs. Ishmukhametov A.A. (ed.). *Textbook of pharmaceutical quality*. Moscow: Remedium. 2015; 143, 144 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wmxgnx>

12. Shulkin A.V., Popova N.M., Chernykh I.V. The original and generic drugs: current state of the problem. *Science of the young*. 2016; (2): 30–35 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wcczrv>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Владиславович Абрамов,
кандидат ветеринарных наук,
ООО «Биовизор»,
ул. Нагорная, д. 3А, Москва, 117186, Россия
120.net@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

Андрей Владимирович Балышев,
кандидат биологических наук,
Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции,
ул. Рокоссовского, д. 6, Волгоград, 400131, Россия
bav898@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

Вячеслав Викторович Головин,
кандидат биологических наук,
ООО «Биовизор»,
ул. Нагорная, д. 3А, Москва, 117186, Россия
v.golovin@biovizor.ru
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

Елена Александровна Тихонова,
кандидат биологических наук,
ООО «Биовизор»,
ул. Нагорная, д. 3А, Москва, 117186, Россия
tikhonova@biovizor.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2271-8673>

ABOUT THE AUTHORS

Sergei Vladislavovich Abramov,
Candidate of Veterinary Sciences,
LLC «Biovizor»,
3A Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russia
120.net@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9445-4577>

Andrey Vladimirovich Balyshev,
candidate of Biological Sciences,
Volga Region Research Institute for the Production
and Processing of Meat and Dairy Products,
6 Rokossovskogo Str., Volgograd, 400131, Russia
bav898@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9186-2671>

Vyacheslav Viktorovich Golovin,
Candidate of Biological Sciences,
LLC «Biovizor»,
3A Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russia
v.golovin@biovizor.ru
<https://orcid.org/0009-0001-5123-9068>

Yelena Aleksandrovna Tikhonova,
Candidate of Biological Sciences,
LLC «Biovizor»,
3A Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russia
tikhonova@biovizor.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2271-8673>

УДК 636.5.033

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35

П.В. Бурков¹,
М.А. Дерхо¹,
М.Б. Ребезов^{2, 3}, ✉
П.Н. Щербаков¹

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

✉ rebezov@ya.ru

Поступила в редакцию:
15.06.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35

Pavel V. Burkov¹,
Marina A. Derkho¹,
Maksim B. Rebezov^{2, 3} ✉,
Pavel N. Scherbakov¹

¹ South Ural State Agrarian University,
Troitsk, Russia

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

³ Ural State Agrarian University,
Yekaterinburg, Russia

✉ rebezov@ya.ru

Received by the editorial office:
15.06.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Цирковироз как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок

РЕЗЮМЕ

Приведены результаты микроскопического исследования внутренних органов вирусно абортировавшихся плодов с целью выяснения причин репродуктивных потерь в условиях субклинически протекающей цирковирозной инфекции у свиноматок. Материалом исследования служили ткани печени, плаценты, пуповины, селезенки и головного мозга аборт-плодов свиноматок, беременность которых прервалась в последний триместр супоросности. Они имели клинические признаки заболеваний, связанных с инфекцией ЦВС-2. Установлено, что вирус ЦВС-2 обладает способностью проникать через фетоплацентарный барьер из организма матери. За счет инфицирования пуповины и плаценты он поступает в плод, в котором проявляет тропность по отношению к клеткам печени, селезенки и головного мозга. Развитие вируса в клетках данных органов является причиной развития в них воспалительных, дистрофических и некротических процессов, влияя на процессы их внутриутробного развития, поэтому в последний триместр беременности клетки печени, селезенки и головного мозга не обладают функциональными свойствами, соответствующими сроку беременности, что сказывается на их жизнеспособности.

Исследование демонстрирует роль цирковирозной инфекции в формировании репродуктивных потерь у свиноматок в промышленных условиях.

Ключевые слова: цирковироз, свиноматки, беременность, аборт-плоды, микроскопические исследования

Для цитирования: Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербаков П.Н. Цирковироз как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 27–35. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>

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

Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows

ABSTRACT

The results of a microscopic examination of the internal organs of virally aborted fetuses are presented in order to determine the causes of reproductive losses in conditions of subclinical circovirus infection in sows. The material of the study was the tissues of the liver, placenta, umbilical cord, spleen and brain of abortion fetuses of sows whose pregnancy was interrupted in the last trimester of pregnancy. They had clinical signs of diseases associated with PCV-2 infection. It has been established that the PCV-2 virus has the ability to penetrate the feto-placental barrier from the mother's body; due to infection of the umbilical cord and placenta, it enters the fetus, in which it exhibits tropism in relation to the cells of the liver, spleen and brain. The development of the virus in the cells of these organs is the cause of the development of inflammatory, dystrophic and necrotic processes in them, affecting the processes of their intrauterine development, therefore in the last trimester of pregnancy, the cells of the liver, spleen and brain do not have functional properties corresponding to the duration of pregnancy, which affects their viability. The study demonstrates the role of circovirus infection in the formation of reproductive losses in sows in industrial conditions.

Key words: circovirus, sows, pregnancy, abortion fetuses, microscopic studies

For citation: Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N. Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 27–35. (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>

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

Введение/Introduction

Основным возбудителем цирковирусных заболеваний свиней, распространенных во всем мире, является цирковирус 2-го типа (ЦВС-2) [1]. Он преимущественно повреждает клетки лимфоидных тканей, приводя к «истощению» их функций и развитию иммуносупрессии в организме животных [2, 3]. В то же время механизмы, с помощью которых ЦВС-2 запускает развитие заболевания, до конца не выявлены [4], что и актуализирует исследования в данном направлении.

В промышленном свиноводстве важным фактором, влияющим на эффективность отрасли, является сбалансированность репродуктивного цикла свиноматок при сохранении уровня их плодовитости [5–7]. Установлено, что в формировании репродуктивной функции свиноматок значительную роль играют не только экологические и физиологические факторы (рацион, возраст, срок беременности, технология содержания) [8], но и инфекционные агенты [9, 10]. Репродуктивные проблемы у свиноматок выявлены при циркуляции в их организме таких вирусов, как вирус репродуктивно-респираторного синдрома свиней, парвовируса свиней, цирковируса свиней, вируса болезни Ауески, вируса гриппа А, вируса энцефаломиокардита и энтеровируса свиней [11, 12].

В последние годы появились исследования, в которых свиней цирковирус предложен в роли одного из основных патогенов, связанных причинно-следственной связью с репродуктивными заболеваниями свинок и свиноматок, ранними эмбриональными потерями, абортными на последних сроках беременности, мертворождением, преждевременными опоросами, мумифицированием плода, нерегулярным возвратом к эструсу [12–17]. Вакцинация свинок и свиноматок против ЦВС-2 не привела к улучшению репродуктивной функции, оцениваемой по скорости опороса и размеру приплода [18]. Полевые исследования и лабораторные тесты показали, что репродуктивные потери от ЦВС-2 у свиноматок сопряжены с видом коинфекции, которая потенцирует влияние ЦВС-2 на органы размножения [19].

По данным [13], основной причиной «репродуктивных потерь» в условиях субклинической цирковирусной инфекции является снижение эффективности иммунологических процессов в организме животных как результат развития лимфопении и нейтрофилии [20, 21].

В организме позитивных к ЦВС-2 свинок вирус обнаруживается в тканях яичников и матки и непосредственно в клетках эндометрия, лимфоцитах и макрофагах матки, в ооцитах и гранулезных клетках яичников. Частота выявления ЦВС-2 в тканях матки и яичников связана с количеством абортов, патологических выделений из влагалища и аноэструса [22]. Выяснение причин неонатальной смертности поросят или их рождения с врожденным тремором и атаксией задних конечностей показало, что у мумифицированных или мертворожденных плодов антиген ЦВС-2 оказывает «высокую нагрузку» на миокард, печень и селезенку [14, 23], что позволяет придать ему этиологическое значение.

По данным [15], ЦВС-2 обладает тропизмом к клеткам сердца плода, инициируя дегенерацию миокарда, некроз, фиброз и негнойный миокардит. При этом по мере развития беременности тропизм вируса к миокардиоцитам плода снижается, но повышается по отношению к лимфоидным тканям. Кроме этого, ЦВС-2 способен проникать через плаценту и вызывать внутриутробную инфекцию у свиноматок [24].

В тканях вирусно абортных и гипотрофированных поросят могут и не выявляться выраженные ма-

кроскопические поражения внутренних органов [12]. В то же время у инфицированных свиноматок могут рождаться «нормальные» поросята [17]. Однако у серопозитивных к ЦВС-2 свиноматок выживаемость эмбрионов более низкая, чем у серонегативных [25], так как ооциты, инфицированные ЦВС-2, увеличивают риск получения инфицированных ЦВС-2 эмбрионов [17] в условиях экспрессии антигена ЦВС-2 во всех типах фолликулов яичников и желтых тел.

Цель исследования — микроскопическое исследование внутренних органов вирусно абортных плодов с целью выяснения причин репродуктивных потерь в условиях субклинической протекающей цирковирусной инфекции у свиноматок.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследовательская часть работы выполнена на товарном свиноматочном комплексе ООО «Агрофирма «Ариант»» в 2022–2023 гг. (Челябинская обл., Россия). В период исследований поголовье свиноматок в репродуктивном цехе составляло 199–220 голов, возраст которых колебался от года до трех лет. Порода свиноматок была либо дюрок х ландрас, либо дюрок х йоркшир. Продуктивное долголетие животных — 2,7 опороса на свиноматку. Технология содержания и кормления организована по рекомендациям Genesis (Канада). Движение свиноматок в репродуктивном цехе, количество задаваемого корма на одну голову и его питательная ценность были сопряжены с физиологическим состоянием животных. Холостых свиноматок, а также беременных в первую треть супоросности содержали групповым методом, в последнюю треть супоросности, в период опороса и подсоса — в индивидуальных боксах. В сектор опороса свиноматок переводили за неделю до предполагаемой даты родов. Подача корма и питьевой воды автоматизирована. Для кормления используется жидкий корм, раздача которого осуществляется двукратно. На предприятии имеется свой кормоцех, в производстве комбикорма используются корма собственного производства или закупаемые у региональных поставщиков.

Для профилактики цирковирусной виремии на предприятии используется вакцинация и применяется вакцина «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия). Она вводится свиноматкам в рекомендуемых производителем дозах при отъеме поросят, то есть на 21-е сутки после родов. В ходе эксперимента состояние свиноматок после вакцинации визуально контролировали на наличие побочных реакций в течение двух часов.

Ветеринарные специалисты репродуктивного цеха всех свиноматок постоянно осматривают на наличие клинических признаков заболевания, связанного с ЦВС-2, включая потерю веса, диарею и одышку, лихорадку. В репродуктивном цехе ежедневно фиксируется общее количество абортов, рожденных и мертворожденных поросят, количество отъемышей на одну свиноматку.

Гистологическое исследование внутренних органов аборт-плодов. Для проведения гистологических исследований были использованы кусочки печени, плаценты, пуповины, селезенки и головного мозга, полученные от аборт-плодов свиноматок в последний триместр супоросности, имеющих клинические признаки заболеваний, связанных с инфекцией ЦВС-2. Размер кусочков органов — 1 см³. Их фиксировали 10%-ным раствором формалина на протяжении 24 часов, промывали про-

точной водой 1 час и заливали в парафин по следующей схеме: последовательное обезвоживание в 70%-ном, 80%-ном и 96%-ном спирте (по четыре часа в каждом), пересушивание в смеси спирта и хлороформа (1:1) — один час, хлороформ — два часа, нагревание в смеси хлороформа и парафина — один час при температуре 37 °С, пропитывание двумя порциями парафина — по 45 минут при 56 °С, изготовление блоков.

Гистологические срезы толщиной 5 мкм изготавливали на санном микротоме МС-2. Перед окраской срезы депарафинировали в ксилоле в течение двух минут, затем ксилол удаляли 96%-ным этиловым спиртом в течение двух минут и промывали дистиллированной водой. Для проведения окрашивания на срез наносили каплю гематоксилина на две-три минуты, промывали водой пять-десять минут, наносили каплю эозина на одну минуту, вновь промывали водой, обезвоживали в двух порциях 96%-ного спирта по одной минуте в каждой, проводили окончательное обезвоживание в 100%-ном спирте в течение одной минуты, две минуты просветляли в ксилоле, заключали окрашенный препарат в бальзам и покрывали покровным стеклом.

Для обнаружения липидов в печени фиксированные формалином ткани окрашивали суданом III без заливки в парафин. Для этого замороженные срезы помещали в спиртовой раствор красителя на 15–20 минут, ополаскивали в 50%-ном спирте, промывали дистиллированной водой и заключали в глицерин для микроскопии. Срезы микроскопировали при различном увеличении, фотографировали с помощью микроскопа Leica DMRXA (Leica Microsystems, Германия) и камеры Leica DFC 290 (Leica Microsystems, Германия).

Статистическую обработку данных проводили с помощью табличного процессора Microsoft Excel–2003 (США) и пакета прикладной программы «Биометрия».

Дизайн экспериментальных исследований рассмотрен и одобрен Комитетом по биоэтике Южно-Уральского государственного аграрного университета (Челябинская обл., Россия).

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

Клиническая оценка. Побочных реакций на вакцину «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия) у свиноматок после вакцинации в период исследований не наблюдалось, однако в репродуктивном цехе в ходе клинико-диагностического обследования периодически выявлялись особи с клиническими признаками заболеваний (лихорадка, вялость, диарея, одышка, выделения из влагалища и аборт), связанных с инфекцией ЦВС-2. При этом более 50% абортоток наблюдалось у свиноматок с типичными клиническими признаками цирковиральной инфекции свиней.

Макроскопическое исследование аборт-плодов.

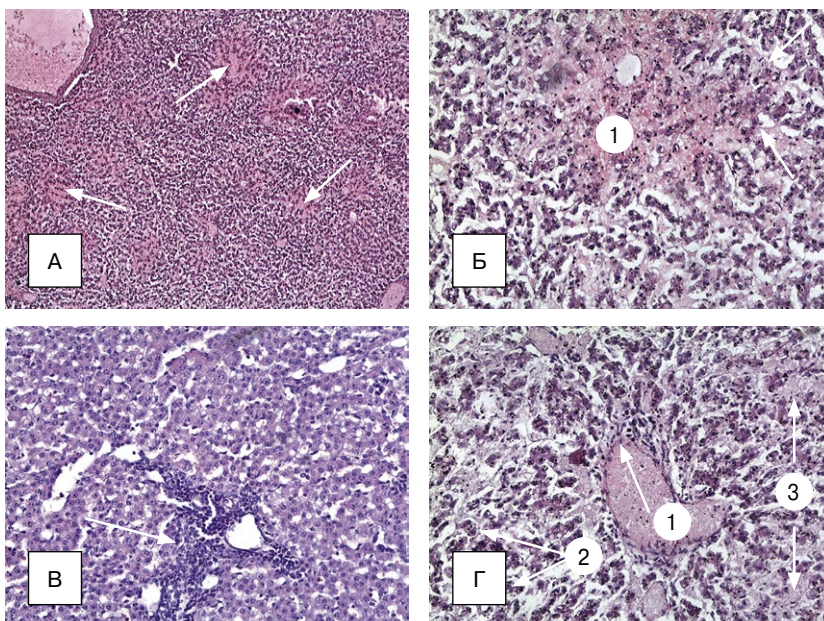
При вскрытии аборт-плодов грубых поражений внутренних органов не наблюдалось, однако у некоторых аборт-плодов были выявлены легкая многоочаговая дегенерация и некроз миокарда, лимфоидное истощение в селезенке.

Микроскопическое исследование аборт-плодов. Ценным индикатором «вирусного аборта» являются микроскопические исследования тканей внутренних органов абортоток свиноматок в последнюю треть супоросности. Для микроскопических исследований были использованы метаболически и иммунологически важные органы, определяющие, с одной стороны, возможность внутриутробного развития поросят, а с другой — являющиеся «мишенями» для тропизма вируса ЦВС-2.

1. Жизненно важной железой не только в организме животных, но и развивающегося плода является печень. В эмбриональный период она подвергается разнообразным морфологическим изменениям, позволяющим органу выполнять биологические функции — как в плодный период, так и после рождения. Состояние печени у плода принято соотносить с его развитием, так как в пренатальный период онтогенеза не только формируется собственно печеночная ткань, но ткани печени также являются и органом кроветворения [26].

Рис. 1. Морфологические изменения в печени: А — венозное и капиллярное полнокровие, множественные мелкие очаги некроза паренхимы с кровоизлияниями (стрелки), ув. х 50; Б — очаг некроза (1) вокруг центральной вены с перифокальной нейтрофильной инфильтрацией (стрелки) перикапиллярных пространств, ув. х 400; В — густая полиморфноклеточная (нейтрофильная и лимфогистиоцитарная) инфильтрация (стрелка) стенок портального тракта, ув. х 200; Г — нейтрофильная инфильтрация стенок центральной вены (1); очаги тяжелой белковой дистрофии гепатоцитов (2), мелкие очаги некрозов гепатоцитов (3), ув. х 400. Окраска — гематоксилин-эозин

Fig. 1. Morphological changes in the liver: A — venous and capillary plethora, multiple small foci of parenchyma necrosis with hemorrhages (arrows), magnification x50; B — focus of necrosis (1) around the central vein with perifocal neutrophilic infiltration (arrows) of the pericapillary spaces, magnification x400; C — dense polymorphocellular (neutrophilic and lymphohistiocytic) infiltration (arrow) of the walls of the portal tract, magnification x200; D — neutrophilic infiltration of the wall of the central vein (1); foci of severe protein degeneration of hepatocytes (2), small foci of necrosis of hepatocytes (3), magnification x400. Staining — hematoxylin-eosin



¹ Лебедько Е.Я., Хохлов А.М. и др. Биометрия в MS Excel. 2-е изд., стер. 2020; 172. ISBN 978-5-8114-4905-7

При исследовании микроскопических препаратов печени аборт-плодов свиноматок было выявлено следующее. Во всех полях зрения — паретическое венозное и капиллярное полнокровие с картиной эритро-стазов и отделением плазмы от форменных элементов. Балочное строение отчетливо выражено. Перикапиллярные пространства Диссе резко расширены, печеночные балки дисконкомплексованы. В некоторых препа-

ратах видны множественные мелкие и средние очаги некрозов гепатоцитов с кровоизлияниями в некротизированную ткань (рис. 1А). Кровоизлияния представлены массами компактно лежащих гемолизированных эритроцитов с группировками клеток белой крови на их фоне и выпадением свободно лежащих глыбок и зерен гемосидерина (рис. 1Б). Очаги некрозов локализируются в различных отделах долек, но не выходят за их пределы. В перифокальных зонах — умеренная нейтрофильная инфильтрация перикапиллярных пространств.

Стенки порталных трактов резко отечны, разволокнены, с густой полиморфно-клеточной инфильтрацией по их ходу (рис. 4В). Стенки центральных вен — набухшие, с умеренной нейтрофильно-лимфоцитарной инфильтрацией (рис. 1Г). Сохранившиеся гепатоциты — в состоянии тяжелой белковой гидропической и баллонной дистрофии (вплоть до некробиоза) (рис. 1Б, 1В, 1Г).

2. Селезенка не является жизненно важным органом [27], но обладает рядом специфических свойств в организме свиней. В ранний период внутриутробного развития основной функцией селезенки является кроветворение. По мере формирования ее структуры она превращается в орган иммунной защиты и в организме взрослых животных входит в состав периферической лимфатической системы [28], контролируя состав лимфоидных клеток, состояние клеточного, гуморального, врожденного и приобретенного иммунитета. Согласно данным [29], развитие селезенки в организме свиней сопряжено с уровнем экспрессии генов, определяющих иммунные и противовоспалительные реакции.

При микроскопическом исследовании препаратов селезенки аборт-плодов было выявлено, что капсула органа хорошо выражена. Трабекулы тонкие, короткие, представлены в небольших количествах. Разделение на красную и белую пульпу не отчетливо. Небольшие скопления лимфоцитов определяются вокруг сосудов и трабекул (рис. 2А). Во всех препаратах выявляется резчайшее полнокровие пульпы с картиной распространенных кровоизлияний, состоящих из частично гемолизированных эритроцитов и небольших скоплений клеток белой крови (рис. 2А, 2Б).

3. Головной мозг. Вопросы внутриутробного развития головного мозга свиньи до сих пор являются малоизученными. В настоящее время известно, что мозг плода сви-

Рис. 2. Морфологические изменения в селезенке: А — резкое полнокровие органа с распространенными очаговыми кровоизлияниями (сплошная стрелка). Мелкие скопления лимфоцитов (пунктирные стрелки) вокруг сосудов, ув. x200; Б — очаговое кровоизлияние (стрелка) из частично гемолизированных эритроцитов, ув. x200. Окраска — гематоксилин-эозин

Fig. 2. Morphological changes in the spleen: А — a sharp plethora of the organ with widespread focal hemorrhages (solid arrow). Small accumulations of lymphocytes (dashed arrows) around the vessels, magnification x200; Б — focal hemorrhage (arrow) from partially hemolyzed erythrocytes, magnification x200. Staining — hematoxylin-eosin

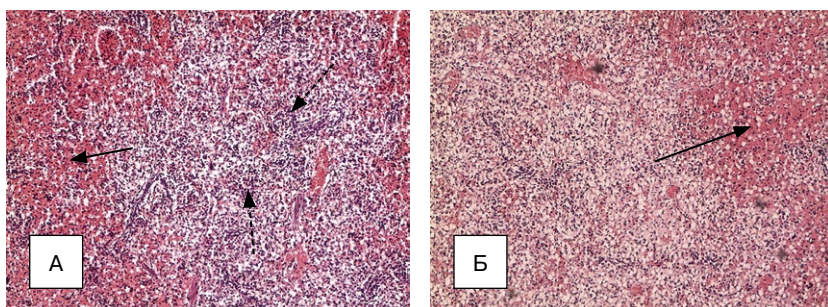
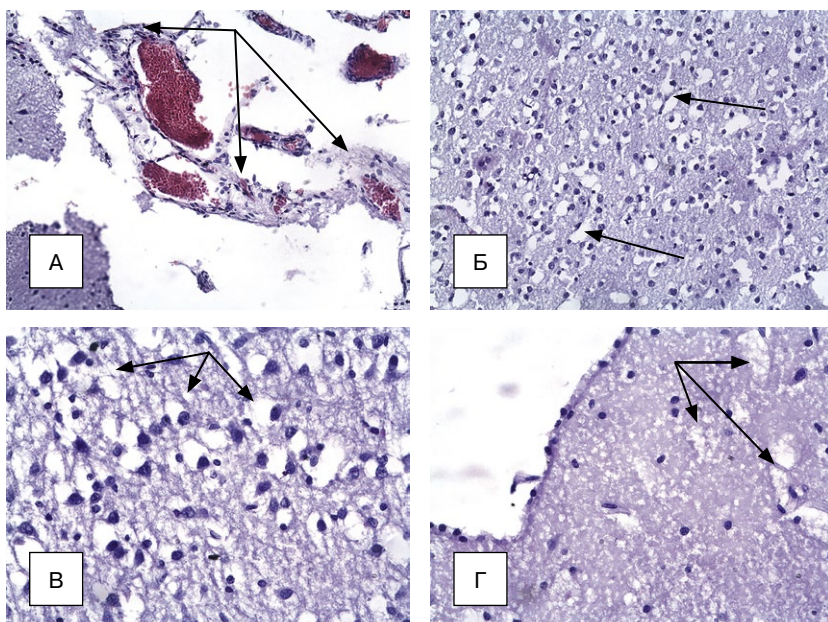


Рис. 3. Морфологические изменения в головном мозге: А — венозное и капиллярное полнокровие мягкой мозговой оболочки, утолщенные волокна ММО (стрелки) раздвинуты отечной жидкостью, ув. x200; Б — в средних слоях коры головного мозга неравномерное кровенаполнение, расширение периваскулярных и перикеллюлярных пространств (стрелки), ув. x200; В — очаг деструктивного отека с формированием сотовидных структур (стрелки) в зоне подкоркового ядра, ув. x400; Г — мелкие очаги криброзного отека в субэпендимарной области, ув. x400. Окраска — гематоксилин-эозин

Fig. 3. Morphological changes in the brain: А — venous and capillary plethora of the pia mater, thickened MMO fibers (arrows) are moved apart by edematous fluid, magnification x200; Б — uneven blood filling in the middle layers of the cerebral cortex, expansion of perivascular and pericellular spaces (arrows), uv. x200; В — focus of destructive edema with the formation of honeycomb structures (arrows) in the zone of the subcortical nucleus, magnification x400; Д — small foci of cribriform edema in the subependymal region, magnification x400. Stain — hematoxylin-eosin



ны быстро растет в течение последних 50 дней перед рождением [30]. Важную роль в этих процессах играет метилирование ДНК дифференциально экспрессируемых генов, которое может модифицироваться под воздействием факторов окружающей среды. В исследованиях [31] установлено, что паттерны аберрантного метилирования ДНК в клетках нервной ткани модифицируются при различных заболеваниях.

При исследовании гистологических препаратов головного мозга аборт-плодов свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2 было выявлено венозное и капиллярное полнокровие мягкой мозговой оболочки с картиной сладжирования эритроцитов. Волокна оболочки утолщены, разрыхлены, раздвинуты отеком жидкостью (рис. 3А). В коре головного мозга, в белом веществе и области подкорковых ядер — неравномерное кровенаполнение: на фоне полнокровия капилляров и вен мелкого калибра встречаются участки дистонии и спазма сосудов микроциркуляторного русла (рис. 3Б, 3В). Расширение периваскулярных и перичеселлярных пространств (рис. 3Б, 3В), разрежение молекулярного слоя коры, очаги сотовидного разрежения вещества мозга в области подкорковых ядер (рис. 3В). В стенке бокового желудочка эпендимарная выстилка сохранена, в субэпендимарной области видны мелкие очаги крибозного отека вещества мозга (рис. 3Г).

4. Важную роль в период внутриутробного развития играет пуповина, посредством которой развивающийся плод соединен с организмом матери и имеет возможность дистанционного магистрального обмена кровью [32], то есть пуповина является частью фетоплацентарного круга кровообращения, обеспечивающего потребности плода в ходе беременности. При этом патология развития пуповины является одной из основных причин перинатальной смертности за счет гипоксии плода, асфиксии новорожденных и мертворожденности.

При микроскопическом исследовании препаратов, полученных из пуповины аборт-плодов свиноматок с клиническими признаками цирковирусной инфекции, было отмечено, что она представлена двумя артериями, по которым кровь плода доставляется в микроциркуляторное русло плаценты, и веной, обеспечивающей отток оксигенированной крови плаценты в сосудистое русло плода [32]. Артерии и вены пуповины в поперечном срезе окружены слизистой соединительной тканью с небольшими включениями рудиментов желточного мешка и аллантаиса (рис. 4А). В слизистой соединительной ткани видны макрофаги с базофильными округлыми включениями в цитоплазме (рис. 4Б, 4В, 4Г).

5. В период внутриутробного развития особая роль принадлежит плаценте, которая обеспечивает доставку питательных веществ (например, аминокислот и воды) и кислорода от матери к плоду, а также удаление метаболитов плода (например, аммиака

и CO_2) от плода к матери, поэтому рост и развитие плаценты — определяющие факторы выживания, роста и развития плода [33]. Плацента также может являться и путем передачи инфекции от матери к плоду, вызывая неблагоприятные последствия для него в виде задержки внутриутробного развития, самопроизвольных аборт или аномалий развития [34].

При исследовании гистопрепаратов плаценты, полученных из аборт-плодов свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2, было выявлено следующее.

Во всех полях зрения — венозное и капиллярное полнокровие (рис. 5А). Ворсинки хориона отечные, набухшие, межучасточная ткань разволокнена, отека (рис. 5Б). Эпителий ворсин хориона в состоянии белковой дистрофии, частично десквамирован (рис. 5Б).

На большом увеличении видны многочисленные мелкие округлые базофильные включения в цитоплазме (рис. 5В) эпителиоцитов ворсинок хориона. В межучасточной ткани выявляются скопления макрофагов с включениями в цитоплазму как зерен гемосидерина, так и округлых базофильных телец (рис. 5).

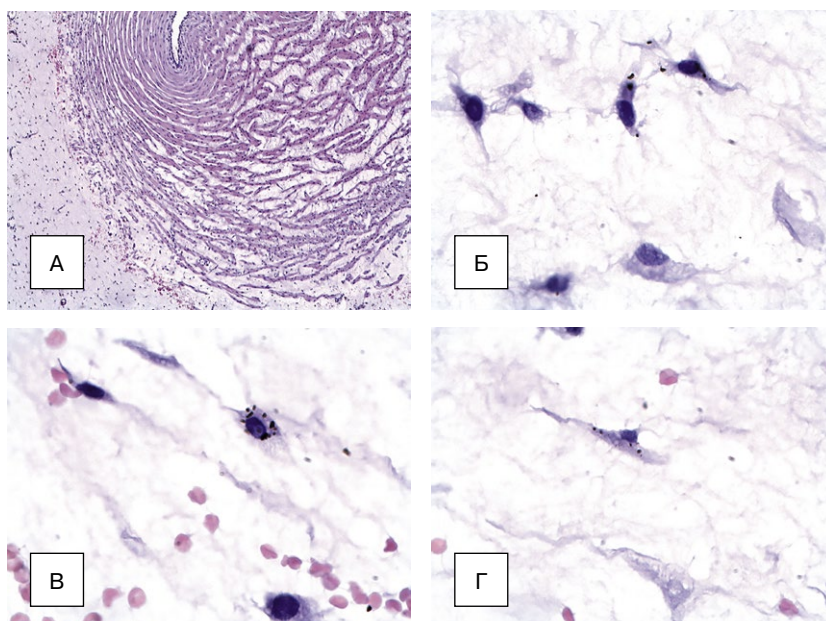
Обсуждение

Цирковирус свиней 2-го типа (ЦВС-2) вызывает большие экономические потери в промышленном свиноводстве [1–3, 35]. Одним из проявлений болезни является репродуктивная недостаточность, преимущественно связанная с увеличением количества поздних аборт, мумифицированных, мертворожденных и нежизнеспособных поросят при рождении, а также с эмбриональной смертностью [19, 36].

В исследовании приведены результаты микроскопического исследования органов аборт-плодов, полученных от свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2, несмотря на проведение плановых вакцинаций против цирковируса. Наиболее вероятным источником

Рис. 4. Морфологические изменения в пуповине: А — пупочная вена, окруженная слизистой соединительной тканью, ув. x50; Б, В, Г — макрофаги в слизистой соединительной ткани с базофильными округлыми включениями в цитоплазме, ув. x1000, МЛ. Окраска — гематоксилин-эозин

Fig. 4. Morphological changes in the umbilical cord: А — umbilical vein surrounded by mucous connective tissue, magnification x50; В, С, D — macrophages in the connective tissue mucosa with basophilic round inclusions in the cytoplasm, magnification x1000, МL. Stain — hematoxylin-eosin



внутриутробной инфекции, вызывающим репродуктивные потери, является цирковиральная инфекция, протекающая в организме свиноматок в субклинической форме [12]. Способность ЦВС-2 проникать через плаценту у свиноматок на поздних сроках беременности доказана в ряде экспериментальных исследований [15, 24], однако она может значительно снижаться за счет вакцинации свиноматок против ЦВС-2 [18].

В данных исследованиях о вирусной причине абортов свидетельствуют особенности микроскопической картины препаратов плаценты и пуповины, в которых выявлены макрофаги с включениями в цитоплазме. Согласно данным [34], их появление в клетках данных органов свидетельствует о вирусной природе плацентарной недостаточности и клеточных повреждениях. В исследованиях [37] также сообщалось о сопряженности такого гистологического признака, как активность макрофагальной реакции с вирусным агентом. При этом проявление плацентарной недостаточности при цирковиральной инфекции сопряжено с состоянием организма матери и отражается на росте и развитии плода.

Антигены цирковируса 2-го типа являются причиной негнойных некротизирующих повреждений тканей у мертворожденных поросят [38], а также истощения клеток селезенки и инфильтрации печени [39]. Гистопатологический анализ тканей печени аборт-плодов от свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2 показал, что в органе развивающегося плода модифицирована функция кроветворения, о чем свидетельствуют эритростаз, отделение плазмы от форменных

элементов и наличие гемолизированных эритроцитов в местах кровоизлияний, а также формирование печеночной стромы как результат инфильтрации тканей, развития дистрофии и некроза гепатоцитов. Тропность цирковируса к гепатоцитам подтверждена в исследованиях [40]. При этом степень и выраженность повреждения клеток печени сопряжены с количеством и распределением ЦВС-2 в тканях органа [41].

Помимо печени, цирковирал у плода проявляет тропность к клеткам селезенки, сердца, легких и лимфатических узлов [42].

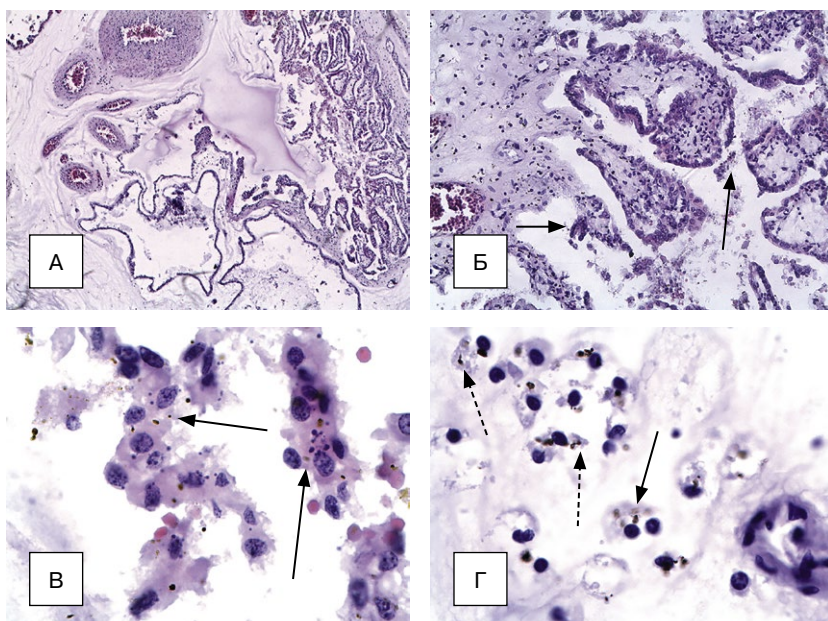
Так, в селезенке аборт-плодов были выявлены застойные явления, кровоизлияния, а также лимфоидные повреждения, свидетельствующие об иммуносупрессии. Следовательно, уже в период внутриутробного развития у плода в организме свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2 развиваются поражения, характерные для цирковиральной инфекции поросят и являющиеся результатом формирования воспалительных процессов в лимфатических узлах, печени и селезенке [43]. В исследованиях [44] отмечено, что развитие цирковируса отражается на функциональном состоянии клеток селезенки как результат развития в органе некротических процессов.

При цирковиральной инфекции наблюдаются изменения и в головном мозге, являющиеся результатом отека нервных клеток [45]. Аналогичные изменения выявлены и при исследовании гистологических препаратов головного мозга аборт-плодов свиноматок с клиническими признаками ЦВС-2. Они являются причиной нарушений в формировании нейронной сети в организме внутриутробно развивающихся поросят [46, 47].

Таким образом, репродуктивные потери при субклиническом течении цирковиральной инфекции, протекающей на фоне систематической вакцинации свиноматок, сопряжены с поражением метаболически и иммунологически активных органов и тканей развивающегося плода, что является результатом проникновения вируса через фетоплацентарный барьер из организма матери.

Рис. 5. Морфологические изменения в пуповине: А — полнокровные сосуды всех калибров, отек межклеточной ткани, ув. х50; Б — отек ворсин хориона, частичная десквамация эпителиоцитов (стрелки), ув. х200; В — мелкие округлые базофильные включения в цитоплазме эпителиоцитов ворсинок хориона, ув. х1000, МИ; Г — в межклеточной ткани скопления макрофагов, в цитоплазме которых видны буровато-коричневые зерна гемосидерина и мелкие округлые базофильные включения, ув. х1000, МИ. Окраска — гематоксиллин-эозин

Fig. 5. Morphological changes in the umbilical cord: A — plethora of vessels of all calibers, edema of the interstitial tissue, magnification x50; B — edema of chorionic villi, partial desquamation of epithelial cells (arrows), magnification x200; C — small rounded basophilic inclusions in the cytoplasm of epitheliocytes of the chorionic villi, magnification x1000, MI; D — in the interstitial tissue there are clusters of macrophages, in the cytoplasm of which brownish-brown hemosiderin grains and small rounded basophilic inclusions are visible, uv. x1000, MI. Staining — hematoxylin-eosin



Выводы/Conclusion

Результаты исследований, основанные на анализе микроскопических изменений в печени, селезенке, головном мозге, пуповине и плаценте аборт-плодов свиноматок с выраженными клиническими признаками ЦВС-2, показывают, что внутриутробный рост и развитие плода зависят от состояния организма матери. При этом вирус циркулирует не только в организме матери, но и посредством инфицирования пуповины и плаценты поступает в плод, в котором проявляет тропность по отношению к клеткам печени, селезенки и головного мозга. Инфицирование данных органов служит причиной развития в них воспалительных, дистрофических и некротических

процессов. Это не позволяет в период внутриутробного развития сформировать морфологические свойства и функциональную активность клеток печени, селезенки и головного мозга плода, инициируя прерывание беременности.

Исследование продемонстрировало потенциальную роль цирковирусной инфекции в формировании

репродуктивной функции у свиноматок в промышленных условиях. Результаты исследований расширяют представление о патогенезе заболеваний, ассоциированных с цирковирусом, а также определяют необходимость проведения дальнейших исследований по разработке мероприятий, снижающих репродуктивные потери.

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

Данное исследование финансируется 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

This research is funded within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 «Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by individual scientific groups» (agreement No. 22-16-20007 of 03.25.2022).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 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>
- Meng X.-J. Porcine Circovirus Type 2 (PCV2): Pathogenesis and Interaction with the Immune System. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013; 1: 43–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103720>
- Бурков П.В., Щербakov 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>
- Gauger P.C. *et al.* Leukogram abnormalities in gnotobiotic pigs infected with porcine circovirus type 2. *Veterinary Microbiology*. 2011; 154(1–2): 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.06.016>
- Boulbria G. *et al.* Haematological reference intervals of sows at end gestation in ten French herds, the impact of parity on haematological parameters and the consequences on reproductive performance. *Porcine Health Management*. 2021; 7: 47. <https://doi.org/10.1186/s40813-021-00227-w>
- Yang K.Y., Jeon J.H., Kwon K.S., Choi H.C., Kim J.B., Lee J.Y. Effect of different parities on reproductive performance, birth intervals, and tail behavior in sows. *Journal of Animal Science and Technology*. 2019; 61(3): 147–153. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.3.147>
- Koketsu Y., Iida R. Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. *Porcine Health Management*. 2020; 6: 24. <https://doi.org/10.1186/s40813-020-00163-1>
- Ježek J. *et al.* The influence of age, farm, and physiological status on pig hematological profiles. *Journal of Swine Health and Production*. 2018; 26(2): 72–78.
- Brissonnier M. *et al.* Frequency of infection with *Mycoplasma suis* in gestating sows using qPCR on ten commercial French herds, and impact of the infection on clinical, haematological and biochemical parameters. *Porcine Health Management*. 2020; 6: 13. <https://doi.org/10.1186/s40813-020-00152-4>
- Stukelj M., Toplak I., Nemec Svete A. Blood antioxidant enzymes (SOD, GPX), biochemical and haematological parameters in pigs naturally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2013; 16(2): 369–376. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0049>
- Ladinig A., Gerner W., Saalmüller A., Lunney J.K., Ashley C., Harding J.C.S. Changes in leukocyte subsets of pregnant gilts experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus and relationships with viral load and fetal outcome. *Veterinary Research*. 2014; 45: 128. <https://doi.org/10.1186/s13567-014-0128-1>
- Saporiti V. *et al.* Porcine Circovirus 3 Detection in Aborted Fetuses and Stillborn Piglets from Swine Reproductive Failure Cases. *Viruses*. 2022; 13(2): 264. <https://doi.org/10.3390/v13020264>
- Nielsen J. *et al.* Association of lymphopenia with porcine circovirus type 2 induced postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS). *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2003; 92(3–4): 7–111. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(03\)00031-x](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(03)00031-x)
- Brunborg I.M. *et al.* Association of Myocarditis with High Viral Load of Porcine Circovirus Type 2 in Several Tissues in Cases of Fetal Death and High Mortality in Piglets. A Case Study. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2007; 19(4): 368–375. <https://doi.org/10.1177/104063870701900405>

REFERENCES

- 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>
- Meng X.-J. Porcine Circovirus Type 2 (PCV2): Pathogenesis and Interaction with the Immune System. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2013; 1: 43–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103720>
- 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>
- Gauger P.C. *et al.* Leukogram abnormalities in gnotobiotic pigs infected with porcine circovirus type 2. *Veterinary Microbiology*. 2011; 154(1–2): 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.06.016>
- Boulbria G. *et al.* Haematological reference intervals of sows at end gestation in ten French herds, the impact of parity on haematological parameters and the consequences on reproductive performance. *Porcine Health Management*. 2021; 7: 47. <https://doi.org/10.1186/s40813-021-00227-w>
- Yang K.Y., Jeon J.H., Kwon K.S., Choi H.C., Kim J.B., Lee J.Y. Effect of different parities on reproductive performance, birth intervals, and tail behavior in sows. *Journal of Animal Science and Technology*. 2019; 61(3): 147–153. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.3.147>
- Koketsu Y., Iida R. Farm data analysis for lifetime performance components of sows and their predictors in breeding herds. *Porcine Health Management*. 2020; 6: 24. <https://doi.org/10.1186/s40813-020-00163-1>
- Ježek J. *et al.* The influence of age, farm, and physiological status on pig hematological profiles. *Journal of Swine Health and Production*. 2018; 26(2): 72–78.
- Brissonnier M. *et al.* Frequency of infection with *Mycoplasma suis* in gestating sows using qPCR on ten commercial French herds, and impact of the infection on clinical, haematological and biochemical parameters. *Porcine Health Management*. 2020; 6: 13. <https://doi.org/10.1186/s40813-020-00152-4>
- Stukelj M., Toplak I., Nemec Svete A. Blood antioxidant enzymes (SOD, GPX), biochemical and haematological parameters in pigs naturally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2013; 16(2): 369–376. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0049>
- Ladinig A., Gerner W., Saalmüller A., Lunney J.K., Ashley C., Harding J.C.S. Changes in leukocyte subsets of pregnant gilts experimentally infected with porcine reproductive and respiratory syndrome virus and relationships with viral load and fetal outcome. *Veterinary Research*. 2014; 45: 128. <https://doi.org/10.1186/s13567-014-0128-1>
- Saporiti V. *et al.* Porcine Circovirus 3 Detection in Aborted Fetuses and Stillborn Piglets from Swine Reproductive Failure Cases. *Viruses*. 2022; 13(2): 264. <https://doi.org/10.3390/v13020264>
- Nielsen J. *et al.* Association of lymphopenia with porcine circovirus type 2 induced postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS). *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2003; 92(3–4): 7–111. [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(03\)00031-x](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(03)00031-x)
- Brunborg I.M. *et al.* Association of Myocarditis with High Viral Load of Porcine Circovirus Type 2 in Several Tissues in Cases of Fetal Death and High Mortality in Piglets. A Case Study. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2007; 19(4): 368–375. <https://doi.org/10.1177/104063870701900405>

15. Madson D.M., Patterson A.R., Ramamoorthy S., Pal N., Meng X.J., Opriessnig T. Effect of Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Vaccination of the Dam on PCV2 Replication In Utero. *Clinical and Vaccine Immunology*. 2009; 16(6): 830–834. <https://doi.org/10.1128/CVI.00455-08>
16. Dal Santo A.C., Cezario K.C., Bennemann P.E., Machado S.A., Martins M. Full-genome sequences of porcine circovirus 3 (PCV3) and high prevalence in mummified fetuses from commercial farms in Brazil. *Microbial Pathogenesis*. 2020; 141: 104027. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104027>
17. 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>
18. Madson D.M., Opriessnig T. Effect of porcine circovirus type 2 (PCV2) infection on reproduction: disease, vertical transmission, diagnostics and vaccination. *Animal Health Research Reviews*. 2011; 12(1): 47–65. <https://doi.org/10.1017/S1466252311000053>
19. Uribe-Garcia 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>
20. Gauger P.C. et al. Leukogram abnormalities in gnotobiotic pigs infected with porcine circovirus type 2. *Veterinary Microbiology*. 2011; 154(1–2): 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.06.016>
21. Дерхо М.А., Бурков П.В., Шчербаков П.Н. Оценка информативности методов диагностики поствакцинального иммунитета у свиней. Актуальные вопросы ветеринарных и сельскохозяйственных наук: теория и практика. Материалы Всероссийской национальной научной конференции. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 2022; 39–45. <https://elibrary.ru/hjdudv>
22. Pearodwong P., Srisuwatanasagul S., Teankum K., Tantilertcharoen R., Tummaruk P. Prevalence of porcine circovirus-2 DNA-positive ovarian and uterine tissues in gilts culled due to reproductive disturbance in Thailand. *Tropical Animal Health and Production*. 2015; 47(5): 833–840. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0796-5>
23. O'Connor B. et al. Multiple porcine circovirus 2-associated abortions and reproductive failure in a multisite swine production unit. *The Canadian Veterinary Journal*. 2001; 42(7): 551–553.
24. Park J.-S. et al. Birth Abnormalities in Pregnant Sows Infected Intranasally with Porcine Circovirus 2. *Journal of Comparative Pathology*. 2005; 132(2–3): 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2004.09.003>
25. Mateusen B., Maes D.G.D., Van Soom A., Lefebvre D., Nauwynck H.J. Effect of a porcine circovirus type 2 infection on embryos during early pregnancy. *Theriogenology*. 2007; 68(6): 896–901. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.07.014>
26. Татоян М.Р. Особенности развития печени в эмбриогенезе свиней. *Медицинская наука Армении*. 2015; 55(4): 47–51.
27. Стяжкина С.Н., Ситников В.А., Кашапова Г.А., Данилова К.Н. Анатомия и физиология свиной селезенки и ее значимость в медицине. *Studnet*. 2021; 4(5): 8. <https://elibrary.ru/mngnaw>
28. Che T. et al. Long non-coding RNAs and mRNAs profiling during spleen development in pig. *PLoS ONE*. 2018; 13(3): e0193552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193552>
29. Hotamisligil G.S. Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature*. 2017; 542(7640): 177–185. <https://doi.org/10.1038/nature21363>
30. Strawn M., Behura S.K. Epigenetic regulation of fetal brain development in pig. *Gene*. 2022; 844: 146823. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146823>
31. Schachtschneider K.M., Madsen O., Park C., Rund L.A., Groenen M.A.M., Schook L.B. Adult porcine genome-wide DNA methylation patterns support pigs as a biomedical model. *BMC Genomics*. 2015; 16: 743. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1938-x>
32. Коган Я.Э. Патология пуповины и ее роль в перинатальных осложнениях. *Практическая медицина*. 2016; 1(93): 22–25. <https://elibrary.ru/vkwzct>
33. Wu G. et al. Functional amino acids in the development of the pig placenta. *Molecular Reproduction and Development*. 2017; 84(9): 870–882. <https://doi.org/10.1002/mrd.22809>
34. Zhao Z. et al. Zika virus causes placental pyroptosis and associated adverse fetal outcomes by activating GSDME. *eLife*. 2022; 11: e73792. <https://doi.org/10.7554/eLife.73792>
35. Derkho M.A., Burkov P.V., Scherbakov P.N., Rebezov M.B., Stepanova K.V., Ansori A.M. Contribution of some immunological and metabolic factors to formation of piglets' post-vaccination immunity. *Теория и практика переработки мяса*. 2022; 7(3): 193–199. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2022-7-3-193-199>
36. Oliver-Ferrando S. et al. Exploratory field study on the effect of Porcine circovirus 2 (PCV2) sow vaccination on serological, virological and reproductive parameters in a PCV2 subclinically infected sow herd. *BMC Veterinary Research*. 2018; 14: 130. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1452-x>
15. Madson D.M., Patterson A.R., Ramamoorthy S., Pal N., Meng X.J., Opriessnig T. Effect of Porcine Circovirus Type 2 (PCV2) Vaccination of the Dam on PCV2 Replication In Utero. *Clinical and Vaccine Immunology*. 2009; 16(6): 830–834. <https://doi.org/10.1128/CVI.00455-08>
16. Dal Santo A.C., Cezario K.C., Bennemann P.E., Machado S.A., Martins M. Full-genome sequences of porcine circovirus 3 (PCV3) and high prevalence in mummified fetuses from commercial farms in Brazil. *Microbial Pathogenesis*. 2020; 141: 104027. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104027>
17. 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>
18. Madson D.M., Opriessnig T. Effect of porcine circovirus type 2 (PCV2) infection on reproduction: disease, vertical transmission, diagnostics and vaccination. *Animal Health Research Reviews*. 2011; 12(1): 47–65. <https://doi.org/10.1017/S1466252311000053>
19. Uribe-Garcia 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>
20. Gauger P.C. et al. Leukogram abnormalities in gnotobiotic pigs infected with porcine circovirus type 2. *Veterinary Microbiology*. 2011; 154(1–2): 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.06.016>
21. Derkho M.A., Burkov P.V., Shcherbakov P.N. Evaluation of the informativeness of methods for diagnosing post-vaccination immunity in pigs. *Topical issues of veterinary and agricultural sciences: theory and practice. Proceedings of the All-Russian National Scientific Conference*. Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University. 2022; 39–45 (In Russian). <https://elibrary.ru/hjdudv>
22. Pearodwong P., Srisuwatanasagul S., Teankum K., Tantilertcharoen R., Tummaruk P. Prevalence of porcine circovirus-2 DNA-positive ovarian and uterine tissues in gilts culled due to reproductive disturbance in Thailand. *Tropical Animal Health and Production*. 2015; 47(5): 833–840. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0796-5>
23. O'Connor B. et al. Multiple porcine circovirus 2-associated abortions and reproductive failure in a multisite swine production unit. *The Canadian Veterinary Journal*. 2001; 42(7): 551–553.
24. Park J.-S. et al. Birth Abnormalities in Pregnant Sows Infected Intranasally with Porcine Circovirus 2. *Journal of Comparative Pathology*. 2005; 132(2–3): 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2004.09.003>
25. Mateusen B., Maes D.G.D., Van Soom A., Lefebvre D., Nauwynck H.J. Effect of a porcine circovirus type 2 infection on embryos during early pregnancy. *Theriogenology*. 2007; 68(6): 896–901. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.07.014>
26. Tatyana M.R. Features of the liver development in embryogenesis of pigs. *Medical science of Armenia*. 2015; 55(4): 47–51 (In Russian).
27. Styazhkina S.N., Sitnikov V.A., Danilova K.N., Kashapova G.A. Anatomy and physiology of the pig spleen and its significance in medicine. *Studnet*. 2021; 4(5): 8 (In Russian). <https://elibrary.ru/mngnaw>
28. Che T. et al. Long non-coding RNAs and mRNAs profiling during spleen development in pig. *PLoS ONE*. 2018; 13(3): e0193552. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193552>
29. Hotamisligil G.S. Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature*. 2017; 542(7640): 177–185. <https://doi.org/10.1038/nature21363>
30. Strawn M., Behura S.K. Epigenetic regulation of fetal brain development in pig. *Gene*. 2022; 844: 146823. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2022.146823>
31. Schachtschneider K.M., Madsen O., Park C., Rund L.A., Groenen M.A.M., Schook L.B. Adult porcine genome-wide DNA methylation patterns support pigs as a biomedical model. *BMC Genomics*. 2015; 16: 743. <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1938-x>
32. Kogan Ya.E. Umbilical cord pathology and its role in perinatal complications. *Practical medicine*. 2016; 1(93): 22–25 (In Russian). <https://elibrary.ru/vkwzct>
33. Wu G. et al. Functional amino acids in the development of the pig placenta. *Molecular Reproduction and Development*. 2017; 84(9): 870–882. <https://doi.org/10.1002/mrd.22809>
34. Zhao Z. et al. Zika virus causes placental pyroptosis and associated adverse fetal outcomes by activating GSDME. *eLife*. 2022; 11: e73792. <https://doi.org/10.7554/eLife.73792>
35. Derkho M.A., Burkov P.V., Scherbakov P.N., Rebezov M.B., Stepanova K.V., Ansori A.M. Contribution of some immunological and metabolic factors to formation of piglets' post-vaccination immunity. *Theory and practice of meat processing*. 2022; 7(3): 193–199. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2022-7-3-193-199>
36. Oliver-Ferrando S. et al. Exploratory field study on the effect of Porcine circovirus 2 (PCV2) sow vaccination on serological, virological and reproductive parameters in a PCV2 subclinically infected sow herd. *BMC Veterinary Research*. 2018; 14: 130. <https://doi.org/10.1186/s12917-018-1452-x>

37. Khamitov M.R. Complex of histological changes in the placenta when pigs circovirus infection in specialized enterprises "Polevskoy" and "Sosnovskij". *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012; (5): 60–62. <https://elibrary.ru/pakjcd>
38. Togashi K., Mawatari T., Mitobe S., Moriya S. Reproductive Losses Associated with Porcine Circovirus Type 2 in a Japanese Herd of Seronegative Sows. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2011; 73(7): 941–944. <https://doi.org/10.1292/jvms.10-0387>
39. Karuppannan A.K. *et al.* Emergence of Porcine Circovirus 2 Associated Reproductive Failure in Southern India. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016; 63(3): 314–320. <https://doi.org/10.1111/tbed.12276>
40. Hirai T., Nunoya T., Ihara T., Saitoh T., Shibuya K., Nakamura K. Infectivity of Porcine Circovirus 1 and Circovirus 2 in Primary Porcine Hepatocyte and Kidney Cell Cultures. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2006; 68(2): 179–182. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.179>
41. Resendes A.R. *et al.* Apoptosis in postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) hepatitis in pigs naturally infected with porcine circovirus type 2 (PCV2). *The Veterinary Journal*. 2011; 189(1): 72–76. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.06.018>
42. Sanchez R.E.Jr., Meerts P., Nauwynck H.J., Pensaert M.B. Change of porcine circovirus 2 target cells in pigs during development from fetal to early postnatal life. *Veterinary Microbiology*. 2003; 95(1–2): 15–25. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(03\)00120-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(03)00120-2)
43. Kim J., Chung H.-K., Jung T., Cho W.-S., Choi C., Chae C. Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome of Pigs in Korea: Prevalence, Microscopic Lesions and Coexisting Microorganisms. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2002; 64(1): 57–62. <https://doi.org/10.1292/jvms.64.57>
44. Jiang H. *et al.* Induction of Porcine Dermatitis and Nephropathy Syndrome in Piglets by Infection with Porcine Circovirus Type 3. *Journal of Virology*. 2019; 93(4): e02045–18. <https://doi.org/10.1128/JVI.02045-18>
45. Deng H. *et al.* Histopathological Changes and Inflammatory Response in Specific Pathogen-Free (SPF) with Porcine Circovirus Type 3 Infection. *Animals*. 2023; 13(3): 530. <https://doi.org/10.3390/ani13030530>
46. Zhang X. *et al.* Effect of porcine circovirus type 2 on the severity of lung and brain damage in piglets infected with porcine pseudorabies virus. *Veterinary Microbiology*. 2019; 237: 108394. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108394>
47. Li X. *et al.* Coinfection of Porcine Circovirus 2 and Pseudorabies Virus Enhances Immunosuppression and Inflammation through NF- κ B, JAK/STAT, MAPK, and NLRP3 Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(8): 4469. <https://doi.org/10.3390/ijms23084469>
37. Khamitov M.R. Complex of histological changes in the placenta when pigs circovirus infection in specialized enterprises "Polevskoy" and "Sosnovskij". *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012; (5): 60–62 (In Russian). <https://elibrary.ru/pakjcd>
38. Togashi K., Mawatari T., Mitobe S., Moriya S. Reproductive Losses Associated with Porcine Circovirus Type 2 in a Japanese Herd of Seronegative Sows. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2011; 73(7): 941–944. <https://doi.org/10.1292/jvms.10-0387>
39. Karuppannan A.K. *et al.* Emergence of Porcine Circovirus 2 Associated Reproductive Failure in Southern India. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2016; 63(3): 314–320. <https://doi.org/10.1111/tbed.12276>
40. Hirai T., Nunoya T., Ihara T., Saitoh T., Shibuya K., Nakamura K. Infectivity of Porcine Circovirus 1 and Circovirus 2 in Primary Porcine Hepatocyte and Kidney Cell Cultures. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2006; 68(2): 179–182. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.179>
41. Resendes A.R. *et al.* Apoptosis in postweaning multisystemic wasting syndrome (PMWS) hepatitis in pigs naturally infected with porcine circovirus type 2 (PCV2). *The Veterinary Journal*. 2011; 189(1): 72–76. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.06.018>
42. Sanchez R.E.Jr., Meerts P., Nauwynck H.J., Pensaert M.B. Change of porcine circovirus 2 target cells in pigs during development from fetal to early postnatal life. *Veterinary Microbiology*. 2003; 95(1–2): 15–25. [https://doi.org/10.1016/s0378-1135\(03\)00120-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1135(03)00120-2)
43. Kim J., Chung H.-K., Jung T., Cho W.-S., Choi C., Chae C. Postweaning Multisystemic Wasting Syndrome of Pigs in Korea: Prevalence, Microscopic Lesions and Coexisting Microorganisms. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2002; 64(1): 57–62. <https://doi.org/10.1292/jvms.64.57>
44. Jiang H. *et al.* Induction of Porcine Dermatitis and Nephropathy Syndrome in Piglets by Infection with Porcine Circovirus Type 3. *Journal of Virology*. 2019; 93(4): e02045–18. <https://doi.org/10.1128/JVI.02045-18>
45. Deng H. *et al.* Histopathological Changes and Inflammatory Response in Specific Pathogen-Free (SPF) with Porcine Circovirus Type 3 Infection. *Animals*. 2023; 13(3): 530. <https://doi.org/10.3390/ani13030530>
46. Zhang X. *et al.* Effect of porcine circovirus type 2 on the severity of lung and brain damage in piglets infected with porcine pseudorabies virus. *Veterinary Microbiology*. 2019; 237: 108394. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.108394>
47. Li X. *et al.* Coinfection of Porcine Circovirus 2 and Pseudorabies Virus Enhances Immunosuppression and Inflammation through NF- κ B, JAK/STAT, MAPK, and NLRP3 Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(8): 4469. <https://doi.org/10.3390/ijms23084469>

ОБ АВТОРАХ

Павел Валерьевич Бурков,

кандидат ветеринарных наук, руководитель научно-исследовательского центра биотехнологии репродукции животных.
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. Гагарина, 13, Троицк, Челябинская обл., 457100, Россия
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Марина Аркадьевна Дерхо,

доктор биологических наук, профессор,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. Гагарина, 13, Троицк, Челябинская обл., 457100, Россия
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Максим Борисович Ребезов,

• доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник,
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия;
• доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
Уральский государственный аграрный университет,
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Павел Николаевич Щербakov,

доктор ветеринарных наук,
профессор кафедры инфекционных болезней
и ветеринарно-санитарной экспертизы,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. Гагарина, 13, Троицк, Челябинская обл., 457100, Россия
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

ABOUT THE AUTHORS

Pavel Valerievich Burkov,

Candidate of Veterinary Sciences,
Head of the Research Center for Animal Reproduction
Biotechnology,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russia
burcovpavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7515-5670>

Marina Arkadyevna Derkho,

Doctor of Biological Sciences, Professor,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russia
derkho2010@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3818-0556>

Maksim Borisovich Rebezov,

• Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher,
V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems
of the Russian Academy of Sciences,
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russian Federation;
• Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department
of Biotechnology and Food Products,
Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Pavel Nikolaevich Shcherbakov,

Doctor of Veterinary Sciences,
Professor of the Department of Infectious Diseases
and Veterinary and Sanitary Expertise,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, Chelyabinsk region, 457100, Russia
scherbakov_pavel@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8685-4645>

Н.В. Явников¹ ✉,
И.М. Кугелев²,
Н.А. Капай³,
А.Л. Москвина¹

¹ Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

² Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, Смоленск, Россия

³ ООО «АлексАнн», Долгопрудный, Московская обл., Россия

✉ virus0401@mail.ru

Поступила в редакцию:
26.04.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Nazar V. Yavnikov¹ ✉,
Igor M. Kugelev²,
Nadezhda A. Kapay³,
Anna L. Moskvina¹

¹ Penza State Agrarian University, Penza, Russia

² Smolensk State Agrarian Academy, Smolensk, Russia

³ «AleksAnn» LLC, Dolgoprudny, Moscow region, Russia

✉ virus0401@mail.ru

Received by the editorial office:
26.04.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Изучение чувствительности полевых штаммов *Str. agalactiae* и *Str. uberis* — возбудителей мастита коров к препарату на основе марбофлоксацина

РЕЗЮМЕ

Увеличение количества резистентных штаммов возбудителей мастита *Str. agalactiae* и *Str. uberis* является одной из причин массовых субклинических и клинических маститов коров. Цель исследования — изучение чувствительности полевых штаммов *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к препарату на основе марбофлоксацина «Марбофлоцин 10%» (ООО «АлексАнн»), а также к ряду наиболее часто используемых антибактериальных препаратов (АБП). Определение чувствительности к марбофлоксацину проводили методом серийных разведений, к другим антибактериальным препаратам — диско-диффузионным методом. Были исследованы 15 проб секрета молочной железы от коров с клинической формой мастита, из которых выделены 15 культур стрептококков, из них *Str. agalactiae* и *Str. uberis* — в 53,3% проб. Все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были чувствительны к марбофлоксацину. Среднее значение минимальной ингибирующей концентрации (МИК) марбофлоксацина для культур *Str. uberis* составляет 0,50 мкг/мл, а для культур *Str. agalactiae* — $0,44 \pm 0,13$ мкг/мл. К остальным антибактериальным препаратам исследуемые культуры *Str. uberis* и *Str. agalactiae* проявили разную чувствительность, выявлена устойчивость к амоксициллину, в том числе с клавулановой кислотой, тилозину.

Ключевые слова: антибиотики, резистентность, возбудители мастита, марбофлоксацин, субклинический мастит, клинический мастит

Для цитирования: Явников Н.В., Кугелев И.М., Капай Н.А., Москвина А.Л. Изучение чувствительности полевых штаммов *Str. agalactiae* и *Str. uberis* — возбудителей мастита коров к препарату на основе марбофлоксацина. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 36–40.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-36-40>

© Явников Н.В., Кугелев И.М., Капай Н.А., Москвина А.Л.

To study the sensitivity of field strains of *Str. agalactiae* and *Str. uberis* — causative agents of cow mastitis to a drug based on marbofloxacin

ABSTRACT

An increase in the number of resistant strains of mastitis pathogens *Str. agalactiae* and *Str. uberis* is one of the causes of massive subclinical and clinical mastitis in cows. The aim of the study was to study the sensitivity of field strains of *Str. Agalactiae* and *Str. uberis* to the drug based on marbofloxacin «Marboflocin 10%» (LLC «AleksAnn»), as well as to a number of the most commonly used antibacterial drugs (ABP). Sensitivity to marbofloxacin was determined by the method of serial dilutions, to other antibacterial drugs — by the disco-diffusion method. 15 samples of breast secretions from cows with a clinical form of mastitis were examined, from which 15 cultures of streptococci were isolated, including *Str. agalactiae* and *Str. uberis* — in 53.3% of the samples. All isolated cultures of *Str. agalactiae* and *Str. uberis* were susceptible to marbofloxacin. The mean value of the minimum inhibitory concentration (MIC) of marbofloxacin for cultures of *Str. uberis* is 0.50 µg/ml, and for *Str. agalactiae* — 0.44 ± 0.13 µg/ml. To other antibacterial drugs, the studied cultures of *Str. uberis* and *Str. agalactiae* showed different sensitivity, resistance to amoxicillin was revealed, incl. with clavulanic acid, tylosin

Key words: antibiotics, resistance, mastitis pathogens, marbofloxacin, subclinical mastitis, clinical mastitis

For citation: Yavnikov N.V., Kugelev I.M., Kapay N.A., Moskvina A.L. To study the sensitivity of field strains of *Str. agalactiae* and *Str. uberis* — causative agents of cow mastitis to a drug based on marbofloxacin. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 36–40 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-36-40>

© Yavnikov N.V., Kugelev I.M., Kapay N.A., Moskvina A.L.

Введение/Introduction

Эффективная антибактериальная терапия мастита в условиях роста резистентных штаммов подразумевает обоснованный выбор препарата с учетом данных о чувствительности потенциального возбудителя.

Условно-патогенные и патогенные стафилококки и стрептококки являются лидерами среди возбудителей мастита КРС [1]. В настоящее время, помимо *Staph. aureus*, *Streptococcus agalactiae* и *Streptococcus uberis* являются наиболее частой причиной массовых субклинических и клинических маститов [2–4]. Эти два возбудителя выработали защитно-приспособительные механизмы, которые обуславливают возможность быстрого распространения инфекции и ее рецидивов в условиях животноводческих хозяйств.

Так, для *Str. agalactiae* ткани молочной железы являются основным резервуаром инфекции, а перезаживление животных происходит в основном при несоблюдении гигиены вымени. *Str. agalactiae*, в отличие от *Str. uberis*, может долгое время сохраняться и размножаться в окружающей среде, поэтому предметы ухода, инвентарь, а также подстилка являются важными источниками распространения возбудителя [5, 6].

Если рассматривать инфекцию *Str. agalactiae*, то неверно выбранная антибактериальная терапия приведет к сохранению колоний возбудителя в молочной железе. Это будет провоцировать повышенную «соматику», даже несмотря на видимый успех лечения клинического мастита, и способствовать формированию устойчивых штаммов [7]. Поскольку антибактериальные препараты применяются не только при лечении мастита, у персистирующего в тканях вымени возбудителя создаются условия для формирования устойчивости к различным группам антибиотиков (например, фторхинолонам, обычно используемым для лечения респираторных заболеваний).

В формировании резистентности полевых штаммов *Str. uberis* также будет играть роль массовая АБ-терапия — как взрослого поголовья, так и молодняка, особенно если в хозяйстве не соблюдается принцип ротации.

Поэтому важно разрабатывать и внедрять новые антибактериальные препараты для лечения маститов. Одним из перспективных лекарственных средств данной группы является марбофлоксацин, антибактериальное средство группы фторхинолонов. После инъекции препарата «Марбофлоцин 10%» марбофлоксацин хорошо всасывается из места введения и проникает в большинство органов и тканей организма. При введении терапевтической дозы 1 мл/50 кг (2 мг/кг по действующему веществу) в плазме крови КРС максимальная концентрация достигается через 0,5–1,5 часа и составляет 1,5–1,8 мкг/мл. Марбофлоксацин слабо связывается с белками плазмы крови, хорошо распределяется в тканях большинства органов, в том числе в молочной железе, достигая большей концентрации, чем в плазме. Терапевтическая концентрация марбофлоксацина подерживается на протяжении 48 часов [8–10].

Цель исследования — изучение чувствительности полевых штаммов *Str. Agalactiae* и *Str. uberis* к препарату на основе марбофлоксацина «Марбофлоцин 10%» (ООО «АлексАнн»), а также к ряду наиболее часто используемых АБП (амоксиклillin и амоксициллин с клавулоновой кислотой, тилозин, тетрациклин, энрофлоксацин, норфлоксацин, гентамицин).

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Отбор проб производили в декабре 2021 года от животных, содержащихся на четырех молочных фермах Белгородской области. Для бактериологических исследований отбирали секрет молочной железы от коров с клинической формой мастита. Всего было получено 15 проб. До отбора материала для исследования животные не подвергались лечению антибактериальными препаратами. Отбор проб секрета молочной железы из пораженных долей (четвертей) происходил после обработки вымени и сосков спиртовыми дезинфицирующими салфетками (в одноразовых перчатках) в одноразовые промаркированные стерильные контейнеры вместимостью 100 мл с завинчивающейся крышкой. От каждого животного отбирались средняя и последняя пробы (порции) молока общим количеством 40–60 мл.

Бактериологические исследования выполнены в испытательной лаборатории группы микробиологии ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ им. В.Я Горина». Пробы были подвергнуты бактериологическим исследованиям не позже чем через шесть часов с момента поступления в лабораторию. Сначала был произведен высеив секрет на твердые питательные среды (кровяной агар, солевой агар, среда Эндо). Культивирование проводилось в обычной атмосфере при температуре 37 °С. Посевы на кровяном агаре и среде Эндо культивировали 17–18 часов, а на солевом агаре — 41–42 часа. Полученные колонии микроорганизмов были предварительно дифференцированы на основании их культуральных, тинкториальных и морфологических свойств.

Идентификация *Str. agalactiae* и *Str. uberis*. Микроорганизмы *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были дифференцированы от других видов стрептококков согласно Методическим рекомендациям по микробиологическому исследованию молока и секрета вымени для диагностики мастита¹. Дифференциация производилась на основании следующих признаков: тип гемолиза, результаты КАМР-теста (КАМР-тест), рост на средах Карташовой, МПБ с 6,5% NaCl, МПБ с 40% желчи, МПБ pH 9,6, способность роста на среде с эскулином, способность ферментировать сорбит и манит, наличие редуктазы.

Определение минимальной ингибирующей концентрации марбофлоксацина к *Str. agalactiae* и *Str. uberis*. Определение МИК марбофлоксацина для выделенных полевых штаммов *Str. agalactiae* и *Str. uberis* проводилось методом серийных разведений в питательном ГМФ-бульоне макрометодом (пробирочный). Использовали суточные бульонные культуры выделенных штаммов с концентрацией микроорганизмов 106 КОЕ/мл. Культуры микроорганизмов вносили в пробирки с питательной средой, содержащей марбофлоксацин (опыт), и без антибиотика (контроль). В качестве препарата, содержащего марбофлоксацин нами использовался «Марбофлоцин 10%» (ООО «АлексАнн», Россия).

Исследуемая концентрация марбофлоцина в питательной среде составляла 8 мкг/мл, 4 мкг/мл, 2 мкг/мл, 1 мкг/мл, 0,5 мкг/мл, 0,25 мкг/мл и 0,125 мкг/мл.

Пробирки закрывали стерильными ватно-марлевыми пробками и инкубировали в обычной атмосфере при температуре 35 °С в течение 20 часов. Для определения наличия роста микроорганизма пробирки

¹ Методические рекомендации по микробиологическому молоку и секрета вымени коров для диагностики мастита / Российская академия с.-х. наук. [разраб. В.М. Карташовой, Л.А. Тарановой]. М.: РАСХН. 1994; 52.

с посевами просматривали в проходящем свете. Рост культуры в присутствии марбофлоксацина сравнивали с контрольными пробирками. МИК определяли по наименьшей концентрации марбофлоксацина, которая подавляет видимый рост микроорганизма.

Определение чувствительности *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к амоксициллину, амоксициллину с клавуиновой кислотой, гентамицину, норфлоксацину, тилозину, тетрациклину и энрофлоксацину проводили диско-диффузным методом по стандартному протоколу², учет чувствительности к антибиотикам — по наиболее четкому контуру бактериальной культуры. Микроорганизмы классифицировали на чувствительные, умеренно чувствительные и устойчивые изоляты к АБП в соответствии с инструкцией к набору дисков с антибиотиком (диски производства ООО «Научно-исследовательский центр фармакотерапии», Россия).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Из 15 проб секрета вымени коров с клиническими признаками мастита во всех случаях были выделены культуры стрептококков — возбудителей мастита. При этом в 11 пробах (73,3%) стрептококки были единственным обнаруженным патогеном, в 3 пробах (20%)

также присутствовали стафилококки, в 1 (6,7%) — кишечная палочка. Возбудители мастита *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были идентифицированы в восьми пробах (53,3%), в остальных пробах были выделены культуры *Str. pyogenes*, а также *Str. feacalis*. Культуры *Str. agalactiae* были выделены из секрета вымени коров всех четырех молочных ферм, культуры *Str. uberis* — из трех ферм.

Чувствительность семи выделенных культур *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к марбофлоксацину была изучена методом серийных разведений. Результаты, полученные при определении МИК марбофлоксацина к выделенным культурам *Str. agalactiae* и *Str. uberis*, представлены в таблице 1.

Из данных таблицы следует, что МИК марбофлоксацина для большинства культур стрептококков — возбудителей мастита коров составляет 0,5 мкг/мл. У одной культуры (№ 1958 *Str. agalactiae*) МИК марбофлоксацина составила 0,25 мкг/мл.

Таким образом, средняя МИК марбофлоксацина для культур *Str. uberis* составляет 0,50 мкг/мл, а для *Str. Agalactiae* — 0,44 ± 0,13 мкг/мл.

Результаты, полученные при определении чувствительности выделенных возбудителей мастита *Str. agalactiae* и *Str. uberis* диско-диффузным методом к АБП амоксициллин и амоксициллин с клавулоновой кислотой, тилозин, тетрациклин, энрофлоксацин, норфлоксацин, гентамицин, представлены в таблице 2.

На основании исследований дискодиффузным методом к амоксициллину устойчивы все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis*, к амоксициллину с клавулоновой кислотой умеренно чувствительна одна культура *Str. uberis* (№ 6), остальные культуры стрептококков — возбудителей мастита устойчивы к данному сочетанию противомикробных препаратов.

Устойчивой к тилозину выявилась одна культура *Str. agalactiae* (проба № 4), остальные исследуемые культуры были чувствительны к данному антибиотику. Умеренно чувствительны к энрофлоксацину культуры *Str. uberis* (проба № 7) и *Str. agalactiae* (проба № 1). Все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis* были чувствительны к гентамицину, норфлоксацину, тетрациклину (табл. 3).

Таблица 1. Значение МИК марбофлоксацина к культурам стрептококков — возбудителей мастита

Table 1. The marbofloxacin MIC value of mastitis-causing *Streptococcus* isolates

№ пробы	№ культуры	Вид стрептококка	МИК марбофлоксацина, мкг/мл
1	114	<i>Str. agalactiae</i>	0,5
2	844	<i>Str. agalactiae</i>	0,5
3	972	<i>Str. agalactiae</i>	0,5
4	1958	<i>Str. agalactiae</i>	0,25
5	1097	<i>Str. uberis</i>	0,5
6	1705	<i>Str. uberis</i>	0,5
7	2275	<i>Str. uberis</i>	0,5

Таблица 2. Чувствительность *Str. agalactiae* и *Str. uberis* к антибиотикам

Table 2. Antibiotic sensitivity of *Str. agalactiae* and *Str. uberis* isolates

Культура	№ пробы	Антибиотик						
		Амоксициллин	Амоксициллин + клавуиновая кислота	Гентамицин	Норфлоксацин	Тилозин	Тетрациклин	Энрофлоксацин
		Зона задержки роста, мм						
<i>Str. agalactiae</i>	1	14	13	20	22	21	25	25
	2	12	14	22	24	22	25	28
	3	10	12	22	26	24	23	26
	4	10	10	26	20	10	25	28
<i>Str. uberis</i>	5	12	15	23	25	22	24	28
	6	14	16	24	28	22	26	28
	7	15	14	23	23	24	25	23
	8	12	12	22	24	24	25	20

² Методические указания МУК 4.2.1890-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

Таблица 3. Распределение выделенных культур *Str. uberis* и *Str. agalactiae* по чувствительности к антибиотикам
Table 3. Assignment of *Str. uberis* and *Str. agalactiae* isolates for antibiotic susceptibility

Культура	Критерий чувствительности к антибиотику	Антибиотик						
		Амоксициллин	Амоксициллин + клавуиновая кислота	Гентамицин	Норфлоксацин	Тилозин	Тетрациклин	Энрофлоксацин
		Доля выделенных культур, %						
<i>Str. agalactiae</i>	чувствительны	–	–	100	100	75	100	75
	умеренно чувствительны	–	–	–	–	–	–	25
	устойчивы	100	100	–	–	25	–	–
<i>Str. uberis</i>	чувствительны	–	–	100	100	100	100	75
	умеренно чувствительны	–	25	–	–	–	–	25
	устойчивы	100	75	–	–	–	–	–

Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что во всех четырех хозяйствах Белгородской области стрептококки играют важную роль в возникновении мастита. В исследованных пробах в 53,3% случаев выявляли культуры *Str. agalactiae* или *Str. uberis*, которые, как известно, могут быть причиной как клинического, так и субклинического мастита. Чувствительность полевых штаммов *Str. agalactiae* и *Str. uberis* несколько отличалась, однако преобладающее большинство выделенных культур уже обладает устойчивостью к амоксициллину, в том числе с клавулановой кислотой, а отдельные штаммы устойчивы к тилозину и умеренно чувствительны к энрофлоксацину. Все выделенные культуры *Str. agalactiae* и *Str. uberis* чувствительны к гентамицину, норфлоксацину, тетрациклину, марбофлоксацину.

В данном исследовании для штаммов стрептококков, выделенных от коров с клиническими признаками мастита, была установлена следующая МИК марбофлоксацина: *Str. uberis* — 0,50 мкг/мл, *Str. agalactiae* — 0,44 ± 0,13 мкг/мл.

Таким образом, после введения терапевтической дозы препарата «Марбофлоцин 10%» концентрация марбофлоксацина в плазме крови коров почти в три раза превышает МИК для возбудителей мастита *Str. uberis* и *Str. agalactiae*. Учитывая, что концентрация марбофлоксацина в органах выше, чем концентрация в плазме крови [8–10], можно заключить, что марбофлоксацин в тканях вымени будет обеспечивать выраженный антимикробный эффект против возбудителей мастита *Str. agalactiae* и *Str. uberis*.

Выводы/Conclusion

Установлено, что полевые штаммы *Str. agalactiae* и *Str. uberis*, выделенные из секрета молочной железы коров с клиническими признаками мастита, были устойчивы к амоксициллину и чувствительны к марбофлоксацину, действующее вещество препарата «Марбофлоцин 10%». Среднее значение МИК марбофлоксацина для *Str. uberis* составило в эксперименте 0,50 мкг/мл, а для *Str. agalactiae* — 0,44 ± 0,13 мкг/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

- Bianchi R.M. et al. Pathological and microbiological characterization of mastitis in dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*. 2019; 51(7): 2057–2066. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01907-0>
- Руденко П.А., Руденко А.А., Ватников Ю.А. Микробный пейзаж при мастите у коров. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (2): 172–179. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-2-172-179>
- Кучинский М.П., Кузьминский И.И., Степанова Е.А. Антибиотикорезистентность при терапии мастита у коров. *Экология и животный мир*. 2022; (1): 45–50. <https://doi.org/10.47612/2224-1647-2022-1-45-50>
- Авдеевская Н.Н., Капустин А.В., Горбатов А.В., Иванов Е.В. Сравнительный анализ видового состава и количественное соотношение микрофлоры при субклиническом и клиническом мастите коров. *Ветеринария сегодня*. 2022; 11(4): 296–302. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-4-296-302>
- Нечипуренко А.А. *Streptococcus uberis* как одна из основных причин мастита. *БИО*. 2019; (8): 24, 25. <https://elibrary.ru/qoaydq>
- Титов В.Ю. Мастит у коров, вызванный *Streptococcus agalactiae*. Обзор (Канада). *Экологическая безопасность в АПК*. 2000; (2): 259. <https://elibrary.ru/ectorl>
- Явников Н.В. Лечение коров больных маститом. *Успехи современной науки*. 2016; 9(11): 68–70. <https://elibrary.ru/lpivcr>

REFERENCES

- Bianchi R.M. et al. Pathological and microbiological characterization of mastitis in dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*. 2019; 51(7): 2057–2066. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01907-0>
- Rudenko P.A., Rudenko A.A., Vatinikov Y.A. Microbial landscape in cows mastitis. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2020; (2): 172–179 (In Russian). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-2-172-179>
- Kuchinsky M.P., Kuzminsky I.I., Stepanova E.A. Antibiotic resistance in treatment of mastitis in cows and ways to overcome it. *Ecology and Animal World*. 2022; (1): 45–50 (In Russian). <https://doi.org/10.47612/2224-1647-2022-1-45-50>
- Avdееvskaya N.N., Kapustin A.V., Gorbato A.V., Ivanov E.V. Comparative analysis of species composition and quantitative analysis of udder microflora in cows with subclinical and clinical mastitis. *Veterinary Science Today*. 2022; 11(4): 296–302 (In Russian). <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-4-296-302>
- Nechipurenko A.A. *Streptococcus uberis* as one of the main causes of mastitis. *BIO*. 2019; (8): 24, 25 (In Russian). <https://elibrary.ru/qoaydq>
- Titov V.Yu. Mastitis in cows caused by *Streptococcus agalactiae*. Review (Canada). *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK*. 2000; (2): 259 (In Russian). <https://elibrary.ru/ectorl>
- Yavnikov N.V. Therapy of mastitis dairy cows. *Modern Science Success*. 2016; 9(11): 68–70 (In Russian). <https://elibrary.ru/lpivcr>

8. Shem-Tov M., Ziv G., Glickman A., Saran A. Pharmacokinetics and penetration of marbofloxacin from blood in to the milk of cows and ewes. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 1997; 44(1-10): 511-519. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1997.tb01137.x>

9. Schneider M., Vallé M., Woehrlé F., Boissramé B. Pharmacokinetics of marbofloxacin in lactating cows after repeated intramuscular administrations and pharmacodynamics against mastitis isolated strains. *Journal of Dairy Science*. 2004; 87(1): 202-211. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73159-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73159-8)

10. Elzoghby R.R., Aboubakr M. Pharmacokinetics, urinary excretion and milk penetration of marbofloxacin in lactating buffaloes. *Journal of American Science*. 2015; 11(4): 23-28.

8. Shem-Tov M., Ziv G., Glickman A., Saran A. Pharmacokinetics and penetration of marbofloxacin from blood in to the milk of cows and ewes. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 1997; 44(1-10): 511-519. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1997.tb01137.x>

9. Schneider M., Vallé M., Woehrlé F., Boissramé B. Pharmacokinetics of marbofloxacin in lactating cows after repeated intramuscular administrations and pharmacodynamics against mastitis isolated strains. *Journal of Dairy Science*. 2004; 87(1): 202-211. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73159-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73159-8)

10. Elzoghby R.R., Aboubakr M. Pharmacokinetics, urinary excretion and milk penetration of marbofloxacin in lactating buffaloes. *Journal of American Science*. 2015; 11(4): 23-28.

ОБ АВТОРАХ

Назар Валентинович Явников,
кандидат ветеринарных наук,
Пензенский государственный аграрный университет,
ул. Ботаническая, д. 30, Пенза, 440014, Россия
virus0401@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6900-331X>

Игорь Меерович Кугелев,
кандидат сельскохозяйственных наук,
Смоленская государственная сельскохозяйственная академия,
ул. Большая Советская, д. 10/2, Смоленск, 214000, Россия
igkugelev@mail.ru

Надежда Анатольевна Капай,
кандидат биологических наук,
ООО «АлексАнн»,
ул. Виноградная, д. 13, Долгопрудный, Московская обл.,
141705, Россия
nkapay@aleksann.ru

Анна Леонидовна Москвина,
аспирант,
Пензенский государственный аграрный университет,
ул. Ботаническая, д. 30, Пенза, 440014, Россия
dolmen.buh@gmail.com

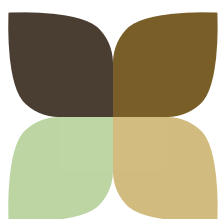
ABOUT THE AUTHORS

Nazar Valentinovich Yavnikov,
Candidate of Veterinary Sciences,
Penza State Agrarian University,
30 Botanicheskaja Str., Penza, 440014, Russia
virus0401@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6900-331X>

Igor Meerovich Kugelev,
Candidate of Agricultural Sciences,
Smolensk State Agrarian Academy,
10/2 Bolshaja Sovetskaja Str., Smolensk, 214000, Russia
igkugelev@mail.ru

Nadezhda Anatolievna Kapay,
Candidate of Biological Sciences,
"AleksAnn" LLC,
13 Vinogradnaja Str., Dolgoprudny, Moscow region,
141705, Russia
nkapay@aleksann.ru

Anna Leonidovna Moskvina,
Post-graduate Student,
Penza State Agrarian University,
30 Botanicheskaja Str., Penza, 440014, Russia
dolmen.buh@gmail.com



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 21 сентября 2023 в отеле Холидей Инн Лесная 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.



Реклама

УДК 636. 237. 23: 637. 04: 637.661

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47

Г.Г. Карликова ✉,
И.А. Лашнева,
А.А. Сермягин

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

✉ karlikovagalina@yandex.ru

Поступила в редакцию:
04.05.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47

Galina G. Karlikova ✉,
Irina A. Lashneva,
Alexaner A. Sermyagin

Federal Research Center for Animal
Husbandry named after Academy Member
L.K. Ernst, Dubrovitsy, Podolsk Russia

✉ karlikovagalina@yandex.ru

Received by the editorial office:
04.05.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Анализ взаимосвязи компонентного состава молока и биомаркеров крови голштинизированных коров

РЕЗЮМЕ

Поиск потенциальных биомаркеров, сигнализирующих о состоянии физиологического статуса организма высокопродуктивных коров, учитываемых в дальнейшей селекции, направленной на увеличение количества и качества молочных продуктов, становится актуальным во многих странах, занимающихся молочным скотоводством.

Исследование проведено на базе племенного завода «Ладожский» (Краснодарский край) — филиала ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста». Исследования проб крови проведены на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе Chem Well. Анализ расширенного компонентного состава молока сделан на анализаторе Combi Foss 7 (ИФС).

По результатам исследований рассчитаны взаимосвязи компонентного состава молока и крови коров. Для суточного удоя умеренные положительные корреляции отмечались с фосфолипидами ($r = 0,364$), холестерином ($r = 0,324$), альбумином ($r = 0,316$) и магнием ($r = 0,309$). Умеренная взаимосвязь между холестерином и лактозой составила $r = 0,408$ и между холестерином и СОМО — $r = 0,307$. Прямая умеренная взаимосвязь $r = 0,376$ между лактозой и АЛТ, $r = 0,361$ — альбумином, $r = 0,455$ — фосфолипидами. Умеренная прямая корреляция между трансаизомерами и щелочной фосфатазой составила $r = 0,309$, хлором — $r = 0,259$. Умеренные обратные корреляции проявились в отношении «суточный удой — эритроциты» $r = 0,312$. Умеренные обратные корреляции между трансаизомерами и холестерином $r = -0,385$, мочевиной — $r = -0,428$. Взаимосвязи остальных компонентов молока и крови (как прямые, так и обратные) оказались слабыми и очень слабыми.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, молоко, биомаркер, селекция, генетический потенциал, жирные кислоты молока

Для цитирования: Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Сермягин А.А. Анализ взаимосвязи компонентного состава молока и биомаркеров крови голштинизированных коров. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 41–47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47>

© Карликова Г.Г., Лашнева И.А., Сермягин А.А.

Analysis of the relationship between the component composition of milk and blood biomarkers of Holsteinized cows

ABSTRACT

The search for potential biomarkers that signal the state of the physiological status of the organism of highly productive cows, which are taken into account in further selection aimed at increasing the quantity and quality of dairy products, is becoming relevant in many countries engaged in dairy cattle breeding.

The study was conducted on the basis of the Ladozhsky breeding plant (Krasnodar Krai) — a branch of the L.K. Ernst Federal State Budgetary Institution. Studies of blood samples were carried out on an automatic biochemical and enzyme immunoassay analyzer «Chem Well». The analysis of the expanded component composition of milk was made on the analyzer «Combi Foss 7» (IFS). Based on the results of the studies, we calculated the relationship between the component composition of milk and blood of cows. For daily milk yield, moderate positive correlations were observed with phospholipids $r = 0.364$, cholesterol $r = 0.324$, albumin $r = 0.316$ and magnesium $r = 0.309$. Moderate relationship between cholesterol and lactose was $r = 0.408$ and between cholesterol and SOMO $r = 0.307$. Direct moderate relationship $r = 0.376$ between lactose and ALT, $r = 0.361$ — albumin, $r = 0.455$ — phospholipids. Moderate direct correlation between trans-isomers and alkaline phosphatase was $r = 0.309$, chlorine — $r = 0.259$. Moderate inverse correlations appeared in relation to daily milk yield — erythrocytes $r = 0.312$. Moderate inverse correlations between trans-isomers and cholesterol $r = -0.385$, urea $r = -0.428$. The relationships of other components of milk and blood, both direct and inverse, turned out to be weak and very weak.

Key words: cattle, milk, biomarker, selection, genetic potential, milk fatty acids

For citation: Karlikova G.G., Lashneva I.A., Sermyagin A.A. Analysis of the relationship between the component composition of milk and blood biomarkers of Holsteinized cow. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 41–47. (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-41-47>

© Karlikova G.G., Lashneva I.A., Sermyagin A.A.

Введение/Introduction

Молоко относится к основным продуктам питания человека. Молокоперерабатывающая промышленность учитывает комплекс показателей его состава и качества, что является одним из основных факторов, влияющих на эффективность молочного скотоводства^{1, 2, 3}.

В последние годы возрастает интерес к качеству молочных продуктов питания, что подразумевает под собой контроль качества сырого молока, так как именно компонентный состав молока напрямую влияет на технологические и вкусовые характеристики. Например, на качество таких молочных продуктов, как сливочное масло, сметана, сыров, непосредственное влияние оказывает уровень содержания жирных кислот в молоке⁴.

В настоящее время основной задачей в селекции молочного скота остается повышение продуктивности коров, однако улучшение качества получаемой продукции становится всё более актуальным во всех странах с развитыми системами молочного скотоводства [1]. В то же время немаловажным фактором остается физиологическое состояние коров, которое необходимо учитывать при работе над увеличением продуктивности в связи с возрастающей при этом напряженностью физиологического статуса организма коров, возрастанием метаболического стресса [2, 3].

Принимая во внимание перспективы использования биохимических показателей крови в селекционно-племенной работе, следует отметить, что природа корреляций между компонентами крови и признаками продуктивности животных основана на твердо установленных фактах, определяющих роль генов в синтезе белков [4]. Продуктивность животных всегда связана с усилением отдельных направлений обмена веществ, и в этом отношении значительный интерес представляют ферменты крови [1, 3].

В решении этих вопросов существенную пользу может принести поиск потенциальных биомаркеров, сигнализирующих о формировании физиологического статуса и дальнейшей реализации продуктивности особей [5].

Использование показателей состава молока коров как предиктивных маркеров статуса здоровья поможет в улучшении качества молочной продукции, организации менеджмента стада, а также селекции молочного скота при разведении высокоинтенсивного типа коров для увеличения продолжительности производственного использования животных [6–8].

Многими зарубежными и российскими учеными показано, что у жвачных животных существует определенная сопряженность между биохимическими показателями крови и качественным составом молока [9–11]. Высокая положительная корреляция выявлена между концентрацией мочевины в молоке и крови коров, а также умеренная — между мочевиной и удоем [9, 12].

Некоторые авторы своими исследованиями, проведенными на коровах голштинской породы с двумя уровнями продуктивности (7000 кг и 10000 кг молока), подтверждают, что показатели гепатоспецифичных ферментов крови (АСТ и АЛТ) положительно коррелируют с суточным удоем, содержанием жира, белка

и лактозы в молоке, холестерин крови — с суточным удоем [13].

При исследовании взаимосвязи между показателями химического состава молока и биохимического состава крови коров латвийской породы обнаружены высокие положительные коэффициенты корреляции ($p < 0,05$) в ряду показателей: АСТ крови — протеин молока ($r = 0,82$), белок крови — молочный белок ($r = 0,90–0,92$), альбумины крови — белок молока ($r = 0,96$), мочевины крови — молочный белок ($r = 0,93–0,98$) [3]. Была изучена сопряженность между отдельными продуктивными признаками и показателями молока у коров симментальской породы, при этом были обнаружены положительные корреляции между холестерином крови и жиром в молоке, белком в крови и молоке, активностью АСТ и АЛТ и удоем. Исследователи предполагают, что выявленные взаимосвязи могут служить селекционным признаком при отборе молочного скота [3, 14].

Знание существующих уровней и взаимосвязей между различными показателями крови и молока важно для анализа и мониторинга гомеостаза организма высокопродуктивных молочных коров [14, 15].

Цель работы — оценка физиологического состояния коров на основе анализа маркеров крови и показателей качества молока для выявления закономерностей взаимосвязи между выбранными интерьерными компонентами и прогнозированием состояния здоровья животного.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Экспериментальное исследование проведено на базе племенного завода «Ладожский» (Краснодарский край, Россия) — филиала ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста» в 2021–2022 гг.

Коровы находились в одинаковых условиях содержания на рационах, принятых в хозяйстве. Были отобраны образцы крови и сырого молока от клинически здоровых дойных коров голштинизированной черно-пестрой породы (выборка — 91 голова).

Кровь для исследования отбирали однократно от каждой головы с использованием пластиковых вакуумных пробирок с активатором свертывания из-под хвостовой вены у коров, не имеющих признаков заболеваний.

Экспериментальные процедуры, использованные в исследовании, не противоречат Европейской конвенции по защите позвоночных животных (ETS № 123 – Страсбург, 18 марта 1986 г.) и № 498-ФЗ Российской Федерации (ст. 4)⁵.

Сыворотку крови получали методом отстаивания цельной крови и ретракции кровяного сгустка с последующим центрифугированием. Полученную сыворотку исследовали фотометрическим методом на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе крови Chem Well (Awareness technology, США) в лаборатории отдела биохимии и физиологии сельскохозяйственных животных ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста». В сыворотке крови определяли показатели азотистого обмена, активности аспартатами-нотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ);

¹ Родионов Г.В., Остроухова В.И., Табакова Л.П. Технология производства и оценка качества молока. Санкт-Петербург: Лань. 2021.

² Голубева, Л.В. Технология молока и молочных продуктов. Молочные консервы : учебник и практикум для академического бакалавриата / Л.В. Голубева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт. 2019; 392.

³ Савостина Т.В., Мижевикина А.С. Ветеринарно-санитарная экспертиза молока и молочных продуктов. Учебник для вузов. Санкт-Петербург: 2021.

⁴ Корчагина Ю.А. Взаимосвязь продуктивности и биохимического состава крови у коров. ГОУ ДПО Ярославской области «Информационно-консультационная служба». [Электронный ресурс]. http://yariks.info/pi_jivotnovodstvo/jiv_26-2/; дата обращения: 28.03.2023).

⁵ Федеральный закон от 27.12.2018 «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

углеводного обмена — по уровню глюкозы; липидного обмена — по уровню холестерина, общего билирубина; минерального обмена — по содержанию хлоридов, железа, неорганического фосфора, магния.

Исследование состава молока коров проведено по результатам индивидуального отбора проб во время контрольных доений в соответствии с требованиями ГОСТ 13928-84⁶ и ГОСТ 26809.1-2014⁷. Суточный отбор проб проводился в утреннюю и вечернюю дойку в один стаканчик. Состав молока был определен в лаборатории селекционного контроля качества молока на анализаторе Combi Foss 7 (Foss Electric, Дания), работающего на основе метода инфракрасной Фурье-спектроскопии (ИФС).

В исследование были включены 20 параметров состава молока:

- массовая доля жира (МДЖ),
- массовая доля белка (МДБ),
- массовая доля лактозы (МДЛ),

- сухое вещество (СВ),
- сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО),
- точка замерзания (ТЗ),
- мочевина,
- ацетон,
- бета-гидроксibuтират (БГБ),
- казеин,
- жирные кислоты.

Данные о продуктивности, взаимосвязи компонентного состава молока и крови коров, достоверности показателей рассчитаны в программе MS Excel 2013 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Длительное время селекционная работа была направлена на повышение содержания жира в молоке и должного внимания таким показателям, как содержание белка, СВ в молоке, сухого обезжиренного мо-

Таблица 1. Взаимосвязь показателей состава молока и крови коров
Table 1. Interrelation of indicators of the composition of milk and blood of cows

Показатель	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глобулин, г/л	Холестерин общий, ммоль/л	Билирубин общий, ммоль/л	АЛТ, МЕ/л	АСТ, МЕ/л	Магний, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Хлориды, ммоль/л	Щелочная ф-за, МЕ/л
Суточный удой, кг	0,168	0,316	0,015	0,324	0,005	0,133	-0,292	0,309	-0,003	-0,150	-0,225
Жир, %	-0,173	-0,198	-0,072	-0,313	0,173	-0,106	0,193	-0,170	-0,329	0,169	0,120
Белок, %	0,131	0,052	0,097	0,134	0,192	0,184	-0,112	-0,048	0,028	0,099	0,041
Лактоза, %	0,115	0,361	-0,053	0,408	0,117	0,376	-0,055	0,229	0,101	-0,083	0,104
SNF	0,158	0,222	0,047	0,307	0,232	0,338	-0,098	0,080	0,062	0,048	0,093
TS	-0,075	-0,074	-0,036	-0,143	0,258	0,057	0,119	-0,118	-0,258	0,162	0,140
Казеин, %	0,139	0,101	0,084	0,177	0,192	0,231	-0,150	-0,024	0,009	0,105	0,056
Ацетон, ммоль/л	-0,179	-0,180	-0,085	-0,132	-0,042	-0,162	0,596	-0,069	0,075	-0,024	-0,100
БГБ, ммоль/л	-0,046	-0,026	-0,031	-0,007	-0,128	-0,171	0,390	0,029	0,155	-0,065	-0,225
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹	-0,157	0,021	-0,154	-0,004	0,107	0,092	0,204	-0,078	0,195	0,064	-0,175
Точка замерзания, °C	0,068	-0,105	0,109	-0,081	0,244	0,003	0,308	-0,028	0,100	0,019	0,015
pH	0,143	0,092	0,091	0,077	-0,013	0,040	-0,081	0,070	0,033	-0,150	-0,106
Миристиновая ЖК	0,113	0,092	0,064	0,163	0,191	0,321	-0,295	-0,086	-0,159	0,092	0,083
Пальмитиновая ЖК	-0,088	-0,152	-0,014	-0,155	0,137	0,017	0,030	-0,169	-0,265	0,145	0,067
Стеариновая ЖК	-0,301	-0,262	-0,162	-0,417	0,073	-0,274	0,333	-0,120	-0,338	0,192	0,129
Олеиновая ЖК	-0,269	-0,269	-0,129	-0,423	0,129	-0,247	0,430	-0,165	-0,287	0,151	0,112
Длинноцепочечные ЖК	-0,267	-0,249	-0,136	-0,411	0,132	-0,225	0,415	-0,142	-0,289	0,145	0,119
Среднецепочечные ЖК	0,010	-0,096	0,051	-0,063	0,197	0,128	-0,083	-0,172	-0,219	0,120	0,045
Мононенасыщенные ЖК	-0,278	-0,269	-0,137	-0,418	0,113	-0,255	0,428	-0,164	-0,301	0,161	0,119
Полиненасыщенные ЖК	-0,256	-0,153	-0,169	-0,360	0,093	-0,175	0,180	-0,120	-0,378	0,213	0,242
Насыщенные ЖК	-0,088	-0,139	-0,020	-0,210	0,184	-0,010	0,032	-0,160	-0,305	0,151	0,085
Короткоцепочечные ЖК	-0,022	-0,077	0,014	-0,170	0,188	0,020	-0,110	-0,124	-0,294	0,131	0,097
Трансизомеры ЖК	-0,347	-0,163	-0,248	-0,385	-0,051	-0,251	0,166	-0,047	-0,428	0,259	0,309
КСК, тыс. ед/мл	0,145	-0,008	0,137	0,031	-0,003	-0,084	0,015	-0,106	-0,008	0,062	0,051

Примечание: значения достоверности корреляций — * $p \leq 0,05$.

⁶ ГОСТ 13928-84 Межгосударственный стандарт. Молоко и сливки заготавливаемые. Правила приемки, методы отбора проб и подготовка их к анализу.

⁷ ГОСТ 26809.1-2014 Межгосударственный стандарт. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты.

Таблица 1. Взаимосвязь показателей состава молока и крови коров (продолжение)
Table 1. Interrelation of indicators of the composition of milk and blood of cows (Table continuation)

Показатель	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глобулин, г/л	Холестерин общий, ммоль/л	Билирубин общий, мкмоль/л	АЛТ, МЕ/л	АСТ, МЕ/л	Магний, ммоль/л	Мочевина, ммоль/л	Хлориды, ммоль/л	Щелочная ф-за, МЕ/л
Суточный удой, кг	0,168	0,316	0,015	0,324	0,005	0,133	-0,292	0,309	-0,003	-0,150	-0,225
Жир, %	-0,173	-0,198	-0,072	-0,313	0,173	-0,106	0,193	-0,170	-0,329	0,169	0,120
Белок, %	0,131	0,052	0,097	0,134	0,192	0,184	-0,112	-0,048	0,028	0,099	0,041
Лактоза, %	0,115	0,361	-0,053	0,408	0,117	0,376	-0,055	0,229	0,101	-0,083	0,104
SNF	0,158	0,222	0,047	0,307	0,232	0,338	-0,098	0,080	0,062	0,048	0,093
TS	-0,075	-0,074	-0,036	-0,143	0,258	0,057	0,119	-0,118	-0,258	0,162	0,140
Казеин, %	0,139	0,101	0,084	0,177	0,192	0,231	-0,150	-0,024	0,009	0,105	0,056
Ацетон, ммоль/л	-0,179	-0,180	-0,085	-0,132	-0,042	-0,162	0,596	-0,069	0,075	-0,024	-0,100
БГБ, ммоль/л	-0,046	-0,026	-0,031	-0,007	-0,128	-0,171	0,390	0,029	0,155	-0,065	-0,225
Мочевина, мг×100 мл ⁻¹	-0,157	0,021	-0,154	-0,004	0,107	0,092	0,204	-0,078	0,195	0,064	-0,175
Точка заморозания, °С	0,068	-0,105	0,109	-0,081	0,244	0,003	0,308	-0,028	0,100	0,019	0,015
pH	0,143	0,092	0,091	0,077	-0,013	0,040	-0,081	0,070	0,033	-0,150	-0,106
Миристиновая ЖК	0,113	0,092	0,064	0,163	0,191	0,321	-0,295	-0,086	-0,159	0,092	0,083
Пальмитиновая ЖК	-0,088	-0,152	-0,014	-0,155	0,137	0,017	0,030	-0,169	-0,265	0,145	0,067
Стеариновая ЖК	-0,301	-0,262	-0,162	-0,417	0,073	-0,274	0,333	-0,120	-0,338	0,192	0,129
Олеиновая ЖК	-0,269	-0,269	-0,129	-0,423	0,129	-0,247	0,430	-0,165	-0,287	0,151	0,112
Длинноцепочечные ЖК	-0,267	-0,249	-0,136	-0,411	0,132	-0,225	0,415	-0,142	-0,289	0,145	0,119
Среднецепочечные ЖК	0,010	-0,096	0,051	-0,063	0,197	0,128	-0,083	-0,172	-0,219	0,120	0,045
Мононенасыщенные ЖК	-0,278	-0,269	-0,137	-0,418	0,113	-0,255	0,428	-0,164	-0,301	0,161	0,119
Полиненасыщенные ЖК	-0,256	-0,153	-0,169	-0,360	0,093	-0,175	0,180	-0,120	-0,378	0,213	0,242
Насыщенные ЖК	-0,088	-0,139	-0,020	-0,210	0,184	-0,010	0,032	-0,160	-0,305	0,151	0,085
Короткоцепочечные ЖК	-0,022	-0,077	0,014	-0,170	0,188	0,020	-0,110	-0,124	-0,294	0,131	0,097
Трансизомеры ЖК	-0,347	-0,163	-0,248	-0,385	-0,051	-0,251	0,166	-0,047	-0,428	0,259	0,309
КСК, тыс. ед/мл	0,145	-0,008	0,137	0,031	-0,003	-0,084	0,015	-0,106	-0,008	0,062	0,051

Примечание: значения достоверности корреляций — * $p \leq 0,05$.

лочного остатка (COMO), не уделялось. Но именно эти показатели оказывают влияние как на выход, качество, так и на питательную ценность молока и продуктов его переработки [16].

По результатам исследований рассчитаны взаимосвязи компонентного состава молока и крови коров (табл. 1). Многие корреляции совпадали во все периоды лактации.

Так, средняя положительная взаимосвязь отмечалась для АСТ с таким биомаркером состояния обмена веществ, как ацетон $r = 0,596$. Умеренная корреляция проявилась для взаимосвязи АСТ с бета-гидроксипутиратом $r = 0,390$, а АСТ с жирными кислотами — от $r = 0,333$ до $r = 0,430$ по разным кислотам.

Для суточного удоя умеренные положительные корреляции отмечались с фосфолипидами $r = 0,364$, холестерином $r = 0,324$, альбумином $r = 0,316$ и магнием $r = 0,309$. Умеренная взаимосвязь между холестерином и лактозой составила $r = 0,408$ и между холестерином и COMO — $r = 0,307$. Прямая умеренная взаимосвязь $r = 0,376$ — между лактозой и АЛТ, $r = 0,361$ наблюдалась между лактозой и альбумином, $r = 0,455$ — между лактозой и фосфолипидами. Умеренная прямая кор-

реляция между трансизомерами и щелочной фосфатазой составила $r = 0,309$, трансизомерами и хлором — $r = 0,259$.

Умеренные обратные корреляции проявились в отношении «суточный удой — эритроциты» $r = 0,312$. Отрицательные умеренные взаимосвязи отмечались для стеариновой кислоты с общим белком крови $r = -0,301$, жирных кислот (полиненасыщенных, стеариновой, длинноцепочечных, олеиновой, мононенасыщенных) с холестерином от $r = -0,347$ до $r = -0,423$, жирных кислот (мононенасыщенных, короткоцепочечных, полиненасыщенных, стеариновой) с мочевиной от $r = -0,301$ до $r = -0,378$, жирных кислот (длинноцепочечных, олеиновой, стеариновой, мононенасыщенных) с фосфолипидами от $r = -0,360$ до $r = -0,386$. Слабые отрицательные корреляции сложились для жирных кислот (длинноцепочечных, стеариновой, олеиновой) с альбумином от $r = -0,249$ до $r = -0,269$, жирных кислот (короткоцепочечных, стеариновой, олеиновой, мононенасыщенных, длинноцепочечных) и глюкозой от $r = -0,206$ до $r = -0,284$. Умеренные обратные корреляции между трансизомерами и холестерином $r = -0,385$, трансизомерами и мочевиной $r = -0,428$. Слабые обратные

корреляции: суточный удой с АСТ $r = -0,292$, суточный удой с гематокритом $r = 0,291$. Также слабые обратные корреляции между транзизомерами и фосфолипидами $r = -0,280$, транзизомерами и АЛТ $r = -0,251$, транзизомерами и глобулином $r = -0,248$. Для количества соматических клеток была отмечена слабая обратная корреляция с кальцием — $r = -0,230$.

Взаимосвязи остальных компонентов молока и крови (как прямые, так и обратные) оказались слабыми и очень слабыми. Рассчитанные коэффициенты корреляции между компонентами молока и крови подтверждаются исследованиями других авторов, утверждающими, что молоко обладает большим потенциалом для прогнозирования метаболитов крови и метаболического статуса коров [10, 12, 17].

Совокупный анализ компонентного состава молока и биохимических параметров крови выявил наиболее переменные параметры крови, связанные с показателями состава молока. Наибольшую значимость для исследованной выборки коров сыграли такие биомаркеры крови, как альбумин, холестерин, фермент переаминирования аспаратаминотрансфераза, фосфолипиды и эритроциты (табл. 2). Они были связаны с изменчивостью жирных кислот молока, остаточных метаболитов обмена веществ, показателями удоя и выхода молочной продукции.

Для оценки белкового обмена определили общий белок и один из его составляющих — альбумин. Этот показатель поможет понять, достаточно ли протеина в рационе. Так, при некотором превышении нормы содержания альбуминов в крови уровень суточного удоя достоверно менялся в сторону роста ($p < 0,01$).

Превышение нормы содержания альбуминов в крови несколько увеличило уровень лактозы ($p < 0,01$), но при этом снизилась массовая доля жира ($p < 0,05$) в молоке.

Оценивая содержание общего холестерина в крови, можно сказать, что при повышенном уровне холестерина достоверно увеличились уровни содержания лактозы ($p < 0,01$), сухого обезжиренного молочного остатка ($p < 0,001$), казеина ($p < 0,05$) в молоке. Существует возможная вероятность некоторого перекорма животных концентрированными кормами. Стоит отметить, по полученным данным, что при увеличении холестерина крови недостоверно, но несколько снизился уровень большинства жирных кислот в молоке, за исключением миристиновой. Инфильтрация жира в печень может также повлиять на концентрации некоторых компонентов крови в начале лактации [17].

Стоит отметить, что активность такого печеночного фермента переаминирования, как аспаратаминотрансферазы (АСТ), выше нормы привела к снижению суточного удоя молока, но при этом к достоверному повышению массовой доли жира ($p < 0,01$), СВ ($p < 0,01$), точки замерзания ($p < 0,05$), изменению соотношения уровня содержания насыщенных и ненасыщенных жирных кислот ($p < 0,05$, $p < 0,01$). Как известно, уровень содержания АСТ в крови повышается при периодическом скармливании животным, возможно, недоброкачественных кормов, следствием этого является развитие различных патологий в печени. Между тем для глубоко стельных коров допускается незначительное повышение уровня ферментов крови [15].

Таблица 2. Взаимосвязь состава молока коров и отдельных показателей крови
Table 2. The relationship between the composition of cow's milk and individual blood parameters

Показатель	Показатели крови									
	Альбумин, г/л		Холестерин общий, ммоль/л		АСТ, МЕ/л		Фосфолипиды, ммоль/л		Эритроциты, $10^{12}/л$	
	N	>N	N	>N	N	>N	N	>N	N	>N
Суточный удой, кг	26,29 ± 1,25	30,57 ± 0,85**	28,61 ± 0,81	30,50 ± 1,73	29,53 ± 0,71	23,45 ± 3,08	28,55 ± 1,03	31,29 ± 1,05	31,08 ± 1,17*	27,42 ± 0,92
Жир, %	3,92 ± 0,15*	3,53 ± 0,09*	3,73 ± 0,09	3,40 ± 0,16	3,60 ± 0,08	4,39 ± 0,26**	3,61 ± 0,12	3,54 ± 0,10	3,60 ± 0,14	3,75 ± 0,10
Белок, %	3,21 ± 0,05	3,22 ± 0,03	3,20 ± 0,03	3,33 ± 0,06	3,21 ± 0,03	3,27 ± 0,08	3,22 ± 0,05	3,20 ± 0,03	3,19 ± 0,05	3,23 ± 0,03
Лактоза, %	4,81 ± 0,03	4,93 ± 0,03**	4,87 ± 0,02	5,00 ± 0,04**	4,89 ± 0,02	4,83 ± 0,07	4,86 ± 0,03	4,96 ± 0,03*	4,86 ± 0,03	4,90 ± 0,03
Сухое вещество, %	12,78 ± 0,16	12,54 ± 0,10	12,65 ± 0,10	12,58 ± 0,15	12,55 ± 0,09	13,34 ± 0,24**	12,54 ± 0,15	12,55 ± 0,11	12,50 ± 0,16	12,73 ± 0,11
СОМО, %	8,86 ± 0,06	9,01 ± 0,05	8,92 ± 0,04	9,18 ± 0,06***	8,95 ± 0,04	8,95 ± 0,09	8,93 ± 0,07	9,01 ± 0,05	8,90 ± 0,06	8,98 ± 0,04
Точка замерзания, °C	-0,543 ± 1,51	-0,538 ± 1,40	-0,538 ± 1,15	-0,541 ± 1,37	-0,537 ± 1,05	-0,545 ± 3,19*	-0,538 ± 1,18	-0,537 ± 1,96	-0,538 ± 0,77	-0,539 ± 1,61
Мочевина, мг × 100 мл ⁻¹	42,74 ± 0,72	43,27 ± 0,67	42,93 ± 0,55	43,99 ± 0,82	42,57 ± 0,38	46,72 ± 2,99	42,86 ± 0,53	42,82 ± 0,95	42,96 ± 0,63	43,11 ± 0,70
Ацетон, м Моль/л	0,115 ± 0,02	0,099 ± 0,01	0,104 ± 0,01	0,117 ± 0,01	0,091 ± 0,005	0,217 ± 0,07	0,093 ± 0,01	0,094 ± 0,01	0,096 ± 0,01	0,112 ± 0,02
БГБ, м Моль/л	0,035 ± 0,005	0,037 ± 0,01	0,036 ± 0,004	0,044 ± 0,01	0,032 ± 0,003	0,068 ± 0,02	0,033 ± 0,004	0,035 ± 0,004	0,035 ± 0,004	0,037 ± 0,01
Казеин, %	2,53 ± 0,04	2,56 ± 0,03	2,54 ± 0,02	2,65 ± 0,04*	2,54 ± 0,02	2,58 ± 0,07	2,55 ± 0,05	2,55 ± 0,03	2,53 ± 0,04	2,56 ± 0,03
КСК, тыс. ед./мл	568,2 ± 142,8	643,7 ± 108,7	623,5 ± 95,8	540,4 ± 156,9	614,7 ± 87,9	599,6 ± 341,2	619,7 ± 124,6	625,8 ± 132,9	650,1 ± 171,2	589,8 ± 92,4
Насыщенные ЖК ^a	2,540 ± 0,09	2,339 ± 0,06	2,440 ± 0,06	2,272 ± 0,09	2,379 ± 0,05	2,735 ± 0,13*	2,403 ± 0,08	2,354 ± 0,06	2,387 ± 0,09	2,441 ± 0,06
Миристиновая ЖК	0,321 ± 0,01	0,317 ± 0,01	0,318 ± 0,01	0,321 ± 0,01	0,319 ± 0,01	0,318 ± 0,02	0,323 ± 0,01	0,325 ± 0,01	0,319 ± 0,01	0,318 ± 0,01
Пальмитиновая ЖК	0,928 ± 0,03	0,859 ± 0,02	0,893 ± 0,02	0,846 ± 0,03	0,872 ± 0,02*	1,002 ± 0,05*	0,900 ± 0,03	0,861 ± 0,02	0,873 ± 0,03	0,896 ± 0,02
Стеариновая ЖК	0,420 ± 0,02*	0,357 ± 0,01	0,389 ± 0,01	0,337 ± 0,03	0,367 ± 0,01*	0,498 ± 0,05*	0,363 ± 0,02	0,356 ± 0,01	0,361 ± 0,02	0,396 ± 0,02
Олеиновая ЖК	1,311 ± 0,07*	1,131 ± 0,03	1,223 ± 0,04*	1,061 ± 0,06	1,150 ± 0,03**	1,617 ± 0,17**	1,150 ± 0,04	1,113 ± 0,03	1,144 ± 0,06	1,242 ± 0,05

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, ^a единица измерения ЖК — г / 100 г.

Некоторое увеличение выше нормы уровня фосфолипидов в крови достоверно привело к увеличению содержания уровня лактозы в молоке ($p < 0,05$), при этом у части жирных кислот (насыщенные, пальмитиновая, олеиновая, мононенасыщенные, среднецепочечные и длинноцепочечные) уровень достоверно снизился.

Повышенное число содержания эритроцитов в крови по сравнению с нормой привело к некоторому падению суточной молочной продуктивности (на 3,7 кг) и достоверному увеличению содержания трансизомеров ($p < 0,05$) в молоке.

Влияние точки замерзания молока как маркера технологических свойств переработки молочной продукции не установлено.

Полученные результаты важны для выявления различных биохимических путей при оценке направлений дальнейшей селекции молочного скота при разведении высокоинтенсивного типа коров.

Выводы/Conclusion

Анализ показателей молока, биохимического состава крови и корреляционных связей между показателями молока и крови у коров голштинизированной черно-пестрой породы подтвердил некоторые закономерности, выявленные другими авторами. Получены высокие положительные коэффициенты корреляции между активностью АСТ крови и качественного состава молока (содержание жира, белка и лактозы), положительная связь между холестерином крови и содержанием жира в молоке и отрицательная взаимосвязь между глюкозой крови и температурой замерзания молока.

Таким образом, на основании исследований можно считать целесообразными дальнейшие исследования по выявлению структуры взаимосвязей между показателями молока и химического состава крови на больших выборках с учетом возможных генотипических различий и вариативности причинно-следственных связей.

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. Бондаренко Г.А. Метаболические тесты у крупного рогатого скота и перспективы их использования для повышения молочной продуктивности. *Сельскохозяйственная биология*. 1983; (10): 108–115.
2. Абельдинов Р.Б., Бексеитов Т.К. Биологический статус коров симментальской породы казахстанской селекции с различным генотипом по генам-кандидатам белкового обмена. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017; (2): 81–87. <https://elibrary.ru/xweqft>
3. Горюнова Т.Ж., Шутова М.В., Соснина Л.П. Биохимический состав крови высокопродуктивных коров по фазам лактации. *Молочнохозяйственный вестник*. 2017; (3): 47–53. <https://elibrary.ru/zmnsvp>
4. Соловьева О.И., Крестянинова Е.И., Халикова Т.Ю. Продуктивность и воспроизводительные качества коров голштинской породы разного происхождения. *Главный зоотехник*. 2020; (12): 24–33. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2012-03>
5. Hanuš O. *et al.* Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy. *Journal of Agrobiology*. 2011; 28(1): 33–48. <https://doi.org/10.2478/v10146-011-0004-9>
6. Filipejová T., Kováčik J., Kirchnerová K., Foltýs V. Changes in milk composition as a result of metabolic disorders of dairy cows. *Potravinárstvo – Slovak Journal of Food Sciences*. 2011; 5(1): 10–16. <https://doi.org/10.5219/113>
7. Zaalberg R.M., Shetty N., Janss L., Buitenhuis A.J. Genetic analysis of Fourier transform infrared milk spectra in Danish Holstein and Danish Jersey. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(1): 503–510. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14464>
8. Benedet A., Costa A., De Marchi M., Penasa M. Heritability estimates of predicted blood β -hydroxybutyrate and nonesterified fatty acids and relationships with milk traits in early-lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(7): 6354–6363. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17916>
9. Абельдинов Р.Б., Бексеитов Т.К. Взаимосвязь молочной продуктивности и биохимического состава крови коров симментальской породы в ТОО «Галицкое». *Аграрная наука – сельскому хозяйству*. Барнаул: Алтайский ГАУ. 2016; 3: 81, 82. <https://elibrary.ru/vynwjz>
10. Yehia S.G., Ramadan E.S., Megahed E.A., Salem N.Y. Influence of Season and Lactation Stage on Oxidative, Haematological, and Metabolic Profile Parameters in Holstein Dairy Cows. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2021; 9(12): 2095–2102. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.12.2095.2102>
11. Сермягин А.А. и др. Валидация геномного прогноза племенной ценности быков-производителей по признакам молочной продуктивности дочерей на примере популяции черно-пестрой и голштинской скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 6(2): 1148–1156. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1148rus>
12. Djokovic R. *et al.* Relationships between Contents of Biochemical Metabolites in Blood and Milk in Dairy Cows during Transition and Mid Lactation. *Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 2019; 17(1): 1–9.

REFERENCES

1. Bondarenko G.A. Metabolic tests in cattle and prospects for their use to increase milk productivity. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 1983; (10): 108–115 (In Russian).
2. Abeldinov R.B., Bekseitov T.K. Biological status of Simmental cows bred in Kazakhstan with different genotypes by candidate genes of protein metabolism. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2017; (2): 81–87 (In Russian). <https://elibrary.ru/xweqft>
3. Goryunova T.Zh., Shutova M.V., Sosnina L.P. Biochemical composition of highly productive cows blood in lactation phases. *Molochnohozyaystvenny Vestnik*. 2017; (3): 47–53 (In Russian). <https://elibrary.ru/zmnsvp>
4. Solovyova O.I., Krestyaninova E.I., Khalikova T.Yu. Productivity and reproductive traits of cows of Holstein breed of different origin. *Head of Animal Breeding*. 2020; (12): 24–33 (In Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-03-2012-03>
5. Hanuš O. *et al.* Milk acetone determination by the photometrical method after microdiffusion and via FT infra-red spectroscopy. *Journal of Agrobiology*. 2011; 28(1): 33–48. <https://doi.org/10.2478/v10146-011-0004-9>
6. Filipejová T., Kováčik J., Kirchnerová K., Foltýs V. Changes in milk composition as a result of metabolic disorders of dairy cows. *Potravinárstvo – Slovak Journal of Food Sciences*. 2011; 5(1): 10–16. <https://doi.org/10.5219/113>
7. Zaalberg R.M., Shetty N., Janss L., Buitenhuis A.J. Genetic analysis of Fourier transform infrared milk spectra in Danish Holstein and Danish Jersey. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(1): 503–510. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14464>
8. Benedet A., Costa A., De Marchi M., Penasa M. Heritability estimates of predicted blood β -hydroxybutyrate and nonesterified fatty acids and relationships with milk traits in early-lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(7): 6354–6363. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17916>
9. Abeldinov R.B., Bekseitov T.K. The relationship of milk productivity and biochemical composition of blood of cows of the Simmental breed in Galitsky LLP. *Agricultural science – for agriculture*. Barnaul: Altai State Agricultural University. 2016; 3: 81, 82 (In Russian). <https://elibrary.ru/vynwjz>
10. Yehia S.G., Ramadan E.S., Megahed E.A., Salem N.Y. Influence of Season and Lactation Stage on Oxidative, Haematological, and Metabolic Profile Parameters in Holstein Dairy Cows. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2021; 9(12): 2095–2102. <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.12.2095.2102>
11. Sermyagin A.A. *et al.* Genomic evaluation of bulls for daughters' milk traits in Russian Black-and-White and Holstein cattle population through the validation procedure. *Agricultural Biology*. 2017; 6(2): 1148–1156 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1148rus>
12. Djokovic R. *et al.* Relationships between Contents of Biochemical Metabolites in Blood and Milk in Dairy Cows during Transition and Mid Lactation. *Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 2019; 17(1): 1–9.

13. Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В., Фролова О.А., Иванова О.В., Иванов Е.А. Взаимосвязь показателей качества молока и биохимического состава крови у коров красно-пестрой породы. *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2019; (3): 48–57. <https://elibrary.ru/zqfzvz>

14. Andjelić B. *et al.* Relationships between Milk and Blood Biochemical Parameters and Metabolic Status in Dairy Cows during Lactation. *Metabolites*. 2022; 12(8): 733. <https://doi.org/10.3390/metabo12080733>

15. Патрушев Л.И. Генетические механизмы наследственных нарушений гемостаза. Обзор. *Биохимия*. 2002; 67(1): 40–55. <https://elibrary.ru/mpnftf>

16. Djoković R. *et al.* Correlation between Blood Biochemical Metabolites Milk Yield, Dry Matter Intake and Energy Balance in Dairy Cows during Early and Mid Lactation. *Advances in Diabetes and Metabolism*. 2017; 5(2): 26–30. <https://doi.org/10.13189/adm.2017.050202>

17. Mordak R., Kupczyński R., Nizański W. Analysis of Correlations Between Selected Blood Markers of Liver Function and Milk Composition in Cows During Late Lactation Period. *Annals of Animal Science*. 2020; 20(3): 871–886. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0020>

13. Efimova L.V., Zaznobina T.V., Frolova O.A., Ivanova O.V., Ivanov E.A. Relationship of milk quality indicators and blood biochemical composition in cows of Red-Motley breed. *Problems of Productive Animal Biology*. 2019; (3): 48–57 (In Russian). <https://elibrary.ru/zqfzvz>

14. Andjelić B. *et al.* Relationships between Milk and Blood Biochemical Parameters and Metabolic Status in Dairy Cows during Lactation. *Metabolites*. 2022; 12(8): 733. <https://doi.org/10.3390/metabo12080733>

15. Patrushev L.I. Genetic mechanisms of hereditary hemostasis disorders. *Biochemistry (Moscow)*. 2002; 67(1):33–46. <https://doi.org/10.1023/A:1013995929506>

16. Djoković R. *et al.* Correlation between Blood Biochemical Metabolites Milk Yield, Dry Matter Intake and Energy Balance in Dairy Cows during Early and Mid Lactation. *Advances in Diabetes and Metabolism*. 2017; 5(2): 26–30. <https://doi.org/10.13189/adm.2017.050202>

17. Mordak R., Kupczyński R., Nizański W. Analysis of Correlations Between Selected Blood Markers of Liver Function and Milk Composition in Cows During Late Lactation Period. *Annals of Animal Science*. 2020; 20(3): 871–886. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0020>

ОБ АВТОРАХ

Галина Геннадьевна Карликова,

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, д. 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>
karlikovagalina@yandex.ru

Ирина Алексеевна Лашнева,

ведущий специалист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, д. 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
<https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Александр Александрович Сермягин,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом популяционной генетики и генетических основ разведения животных, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, д. 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

ABOUT THE AUTHORS

Galina Gennadievna Karlikova,

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-9021-1404>
karlikovagalina@yandex.ru

Irina Alekseevna Lashneva,

Leading Specialist Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia
<https://orcid.org/0000-0009-4276-8782>

Alexander Alexandrovich Sermyagin,

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

А.М. Мурадян

Российский государственный
аграрный университет — Московская
сельскохозяйственная академия
им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ 9090368@mail.ru

Поступила в редакцию:
26.04.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Research article


 creative commons
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-48-52

Aram M. Muradyan

Russian State Agrarian University —
Moscow Agricultural Academy named
after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

✉ 9090368@mail.ru

Received by the editorial office:
26.04.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Сравнительная оценка морфофункциональных свойства вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Кавказская бурая порода крупного рогатого скота является самой распространенной в Армении. Она разводится в республике более века и по причине своей низкой молочной продуктивностью и нежелательной к машинному доению формой вымени нуждается в дальнейшем совершенствовании. Следовательно, изучение морфофункциональных особенностей вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов в условиях Армении является необходимым и актуальным для науки и практики.

Методы. Объект исследования — коровы-первотелки кавказской бурой породы различных генотипов. Для опыта были сформированы 4 группы коров-первотелок различных генотипов по 20 голов в каждой: контрольная группа — чистопородные кавказские бурые коровы-первотелки; 1-я опытная — полукровные помеси (1/2 кавказская бурая x 1/2 голштинская); 2-я опытная — двухпородные помеси (3/4 кавказская бурая x 1/4 голштинская); 3-я опытная — трехпородные помеси (5/8 кавказская бурая x 1/8 джерсейская x 1/4 голштинская).

На втором и третьем месяцах лактации исследовали и изучали вымя подопытных групп животных путем визуальной оценки, взятия промеров и расчетными методами.

Результаты. Сравнительное изучение морфологических признаков и функциональных свойств вымени коров-первотелок различных генотипов показало, что скрещивание кавказского бурого скота с быками-производителями голштинской и джерсейской породы оказывает положительное влияние на уровень молочной продуктивности, формы вымени коров и скорость молокоотдачи, что имеет большое значение при промышленной технологии производства молока.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, первотелки, генотип, форма вымени, промеры вымени, интенсивность молокоотдачи, индекс вымени

Для цитирования: Мурадян А.М. Сравнительная оценка морфофункциональных свойства вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов. *Аграрная наука*. 2023; 373(8):48–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-48-52>

© Мурадян А.М.

Comparative assessment of morphofunctional properties of the udder of the first-calf cows the caucasian brown breed of various genotypes

ABSTRACT

Relevance. The caucasian brown breed of cattle is the most common in Armenia. It has been bred in the republic for more than a century and, due to its low milk productivity and the form of the udder undesirable for machine milking, needs further improvement. Consequently, the study of the morphofunctional features of the udder of caucasian brown cows of various genotypes in the conditions of Armenia is necessary and relevant for science and practice.

Methods. The object of the study is the first-calf cows of the Caucasian brown breed of various genotypes. For the experiment, 4 groups of first-calf cows of various genotypes were formed, 20 heads each: the control group — purebred caucasian brown cows first-heifers; 1st experimental — half-blood crossbreeds (1/2 caucasian brown x 1/2 holstein); 2nd experimental — two-breed crossbreeds (3/4 caucasian brown x 1/4 holstein); 3rd experimental — three-breed crossbreeds (5/8 caucasian brown x 1/8 jersey x 1/4 holstein).

In the second and third months of lactation, the udders of experimental groups of animals were examined and studied by visual assessment, taking measurements and calculation methods.

Results. A comparative study of the morphological features and functional properties of the udder of first-calf cows of various genotypes has shown that the crossing of Caucasian brown cattle with producing bulls of Holstein and Jersey breeds has a positive effect on the level of milk productivity, the shape of the udder of cows and the rate of milk production, which is of great importance in industrial milk production technology.

Key words: cattle, first heifers, genotype, udder shape, udder measurements, milk yield intensity, udder index

For citation: Muradyan A.M. Comparative assessment of morphofunctional properties of the udder of the first-calf cows the caucasian brown breed of various genotypes. *Agrarian science*. 2023; 373(8):48–52. (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-48-52>

© Muradyan A.M.

Введение/Introduction

На современном этапе ведения молочного скотоводства в Республике Армения главной задачей является повышение молочной продуктивности коров кавказской бурой породы и улучшение качества продукции. Эти обстоятельства предопределяют необходимость вести селекцию, в том числе, по пригодности вымени коров к машинному технологическому доению.

Одним из методов ускоренного создания высокопродуктивного типа молочного скота, пригодного для эксплуатации на промышленных комплексах, является скрещивание местных пород с голштинской и джерсейской породами, обладающими высоким генетическим потенциалом продуктивности, характеризующимися большой емкостью и желательной формой вымени. Вопросам улучшения формы вымени и повышения скорости молокоотдачи по породам посвящены многочисленные исследования. По мнению исследователей, на изменение качественных характеристик вымени коров оказывают влияние два процесса. Во-первых, селекция крупного рогатого скота, во-вторых, интенсификация скотоводства и технологии производства. Поэтому морфологические свойства вымени являются важнейшими селекционными признаками [1].

Именно по свойствам вымени судят о продуктивной способности и пригодности коров к машинному доению. В молочном скотоводстве особое значение имеет максимальная стандартизация (выравненность) животных по всем важнейшим хозяйственным показателям, особенно технологическим признакам, таким как продуктивность, живая масса, физиологическое состояние, приспособленность к машинному доению. Считают, коровы должны иметь большое железистое вымя с равномерно развитыми долями и сосками, высокую интенсивность молокоотдачи [2, 3]. Как показывают исследования А.П. Вельматова и его соавторов (2016) [4], В.А. Каратунова (2019) [5] и О.И. Соловьева (2020) [6], основным требованием к животным в условиях технологии промышленного типа является способность коров давать высокие удои. По данным Н.М. Костомахина и др. (2020) [7], гистологические исследования молочной железы позволяют определить функциональные параметры вымени, установить возможность его развития и совершенствования. Величина, форма и плотность молочной железы дают верное представление о молочной продуктивности коров [8]. Существенное влияние на надой молока наряду с кормлением и способом содержания оказывает технология доения, особенно его кратность [9]. Многие морфологические показатели вымени — форма, величина, соотношение размеров задней и передней долей, форма и размеры сосков, а также связанные с ними функциональные признаки (длительность холостого доения, полнота выдаивания, легкость отдачи молока и др.) в значительной степени обусловлены генетическими особенностями животных [10]. По данным многих авторов, форма и свойства вымени довольно стойко наследуются по линиям как матери, так и отца^{1, 2, 3} [11].

F. Miglior, B.L. Muir, B.J. Van Doormal (2005) указывают, что разнообразие коров по форме вымени, размерам

сосков, а также низкая интенсивность молокоотдачи и, следовательно, увеличение количества времени машинного доения свидетельствуют о большем возможном потенциале селекционно-племенной работы, которая в настоящее время ведется в хозяйствах не на должном уровне [12].

Ограниченность интенсивного ведения молочного скотоводства в стадах крупного рогатого скота кавказской бурой породы обусловлена неудовлетворительными морфологическими и функциональными характеристиками вымени и сосков этих коров. Поэтому в процессе широкого внедрения машинного доения особую важность приобретает совершенствование характеристик вымени и сосков коров этой местной породы. При этом следует отметить, что при осуществлении селекции коров, пригодных к машинному доению по морфологическим свойствам вымени, одновременно улучшаются и функциональные свойства вымени.

По данным исследования В.А. Панина (2016) [13], добавление голштинской крови к неродственным породам молочного скота обеспечивает значительное увеличение удоя, общего выхода молочного жира и белка, улучшает технологические свойства вымени, обуславливает хорошую приспособленность к сравнительно жестким требованиям промышленной технологии.

Цель исследования — изучить морфологические и функциональные свойства вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследование проводилось в 2017 году на базе Лчашенского крестьянского коллективного хозяйства, расположенного в Севанском регионе вблизи г. Севан (Армения). Объект исследования — коровы-первотелки кавказской бурой породы различных генотипов.

Для проведения исследования были сформированы 4 группы коров-первотелок по 20 голов в каждой, относящиеся к разным генотипам:

- контрольная группа — первотелки кавказской бурой породы;
- 1-я опытная — полукровные по голштинской породе (1/2 кавказская бурая х 1/2 голштинская);
- 2-я опытная — двухпородные (3/4 кавказская бурая х 1/4 голштинская);
- 3-я опытная — трехпородные (5/8 кавказская бурая х 1/8 джерсейская х 1/4 голштинская) животные, выращенные на хозяйственных рационах (3212 корм. ед. и 262 кг переваримого протеина).

Животные были подобраны по принципу пар-аналогов с учетом возраста, месяца отела, физиологического состояния и генотипа. Содержание коров в хозяйстве — пастбищно-стойловое, привязным способом. Кормление и доение коров двукратное. Морфологические и функциональные свойства вымени коров-первотелок определяли на втором и третьем месяцах лактации в соответствии с методическими рекомендациями ВАСХНИЛ⁴.

Суточный удой молока учитывался индивидуальными контрольными дойками.

¹ Гриценко С. А. Наследуемость различных хозяйственно полезных признаков коров черно-пестрой породы зоны Южного Урала // Известия ОГАУ. 2005; 8-1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nasleduemost-razlichnyh-hozyaystvenno-poleznyh-priznakov-korov-chno-pestroy-porody-zony-yuzhnogo-urala> (дата обращения: 31.07.2023).

² Полежаева Т.А. Графическая оценка экстерьера вымени коров. Методические рекомендации. Калуга. 1987; 4: 12.

³ Горелик О.В., Санова З.С., Федосеева Н.А. и др. Влияние суммарной оценки экстерьерных особенностей вымени коров на их продуктивность / Аграрный вестник Урала. 2019; 1(180): 10–16.

⁴ Методические указания «Оценка вымени и молокоотдачи коров молочных и молочно-мясных пород». ВАСХНИЛ. 1985; 35.

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась методами биометрической статистики⁵. Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили с помощью компьютера с процессором Intel Core i9 (США), лицензионного пакета программного обеспечения Microsoft Office 2016 (США). Для оценки существенности различий между двумя средними величинами использовали t-критерий по Стьюденту. Различия считались статистически достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Форму вымени подопытных групп первотелок изучали путем визуальной оценки. Данные оценки животных по форме вымени показали, что при идентичном уровне кормления, у подавляющего большинства опытных животных сформировались чашеобразная (90%) и (10%) округлая формы вымени.

Данные промеров вымени коров-первотелок различных генотипов по группам, отражены в таблице 1.

Данные промеров свидетельствуют, что вымя коров 1-й и 3-й опытных групп по всему составу показателей, включающих обхват и длину вымени, ширину и глубину передней четверти вымени, превышает данные по коровам контрольной группы. При этом следует отметить, что среди изучаемых генотипических групп животных более объемистое вымя сформировалось у коров-первотелок 3-й опытной группы (табл. 1).

У коров-первотелок данной опытной группы все показатели, характеризующие морфологические свойства вымени, существенно превышают аналогичные показатели вымени сверстниц контрольной группы (табл. 1). Так, превышение обхвата вымени коров 3-й опытной группы над аналогичным показателем по контрольной группе составляет 15 см (16,2%), длины вымени — 12,1 см (28,6%), ширины передней четверти вымени — 14,9 см (38,8%), глубины передней четверти вымени — 4,9 см (24,3%).

Вымя коров 2-й опытной группы по трем показателям (обхват и длина вымени, глубина передней четверти вымени) превышает данные по коровам контрольной группы, и только ширина передней четверти вымени несущественно меньше аналогичного показателя по ко-

ровам контрольной группы. Данная разница составляет 0,3 см (1,3%).

Соски у животных 3-й опытной группы также более предпочтительной формы, чем у животных контрольной группы, так как они превосходят аналоги не только по длине, но и по диаметру. Разница в показателях между диаметром и длиной сосков у опытных групп первотелок заметно больше, чем у контрольных: по длине передних сосков — на 0,82 см (12,8%), по длине задних сосков — на 0,7 см (11,3%), по диаметру сосков — на 0,1 см (4,2%). Однако расстояние между выменем и землей у коров контрольной группы превышает аналогичный показатель у коров 3-й опытной группы на 4,6 см (8,1%). Также эти показатели 1-й и 2-й опытных групп меньше показателей контрольной группы коров.

В целом следует отметить, что дно вымени в основном горизонтальное, расстояние между выменем и землей по группам колеблется от 52,1 до 56,7 см.

Соотношение показателей, характеризующих состояние сосков коров 1-й опытной группы, аналогично соотношению между 3-й группой и контрольной, а диаметр сосков у коров 2-й группы меньше аналогичного показателя по коровам контрольной группы. Следовательно, по расположению сосков предпочтительнее выглядит вымя у коров 3-й опытной группы.

Функциональные показатели вымени коров характеризуются суточным удоем, интенсивностью молокоотдачи, а также индексом вымени животных. В ходе эксперимента было установлено, что за сутки от коров 3-й опытной группы надои молока превысили аналогичный показатель по животным других исследуемых групп, особенно контрольной группы — на 7,3 кг (54,9%) (табл. 2). Превышение данного показателя наблюдается также по 1-й и 2-й опытным группам.

Интенсивность молокоотдачи характеризует скорость доения коров. Более высокая интенсивность молокоотдачи по сравнению с контрольной группой животных наблюдалась у коров всех опытных групп. Однако максимальное превышение показателей было зафиксировано по 3-й опытной группе — на 0,37 кг/мин.

Индекс вымени характеризует равномерность развития четвертей вымени животных.

В ходе исследования было установлено, что индекс вымени коров 3-й опытной группы имеет максималь-

Таблица 1. Промеры вымени коров-первотелок различных генотипов ($M \pm m$, см)
Table 1. Udder measurements of first-calf cows of various genotypes ($M \pm m$, cm)

Промеры вымени	Группа			
	контрольная	опытная		
		1-я	2-я	3-я
Обхват вымени	92,4 $\pm$ 1,17	102,2 $\pm$ 1,16*	98,7 $\pm$ 1,14	107,4 $\pm$ 1,18*
Длина вымени	30,0 $\pm$ 0,66	39,8 $\pm$ 0,82*	36,2 $\pm$ 0,77*	42,1 $\pm$ 0,96*
Ширина передней четверти вымени	23,5 $\pm$ 0,46	33,7 $\pm$ 0,50*	23,2 $\pm$ 0,45	38,4 $\pm$ 0,52*
Глубина передней четверти вымени	20,2 $\pm$ 0,35	23,6 $\pm$ 0,48*	22,3 $\pm$ 0,47	25,1 $\pm$ 0,52*
Длина передних сосков	6,4 $\pm$ 0,31	7,14 $\pm$ 0,25	7,11 $\pm$ 0,30	7,22 $\pm$ 0,29*
Длина задних сосков	6,2 $\pm$ 0,17	6,8 $\pm$ 0,19	6,7 $\pm$ 0,22	6,9 $\pm$ 0,24
Диаметр сосков	2,3 $\pm$ 0,08	2,3 $\pm$ 0,04	2,2 $\pm$ 0,05	2,4 $\pm$ 0,05
Расстояние между выменем и землей	56,7 $\pm$ 0,50	53,0 $\pm$ 0,45	54,2 $\pm$ 0,46	52,1 $\pm$ 0,41

* $p > 0,95$ относительно контроля

⁵ Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос. 1970; 363.

Таблица 2. Показатели функциональных свойств вымени у коров-первотелок различных генотипов
Table 2. Indicators of the functional properties of the udder in cows heifers of various genotypes

Группа	Среднесуточный удой, кг	Скорость молокоотдачи, кг/мин		Индекс вымени, %	
		M ± m	C _v	M ± m	C _v
Контрольная	13,3 ± 0,52	1,48 ± 0,04	11,1	43,2 ± 0,4	2,7
1-я опытная	18,0 ± 0,70*	1,64 ± 0,05	9,1	43,4 ± 0,7	2,2
2-я опытная	17,0 ± 0,67*	1,62 ± 0,04	8,9	43,2 ± 0,7	3,5
3-я опытная	20,6 ± 0,81*	1,85 ± 0,06	8,5	44,2 ± 1,4	3,2

ное значение среди оцениваемых животных — 44,2%. Он превышает аналогичный показатель по животным контрольной группы на 1,0%. Также данный показатель по 1-й опытной группе превышает аналогичный показатель по контрольной группе, и только по 2-й опытной и контрольной группам значение индекса вымени коров совпадает.

В ходе исследования вымени четырех генотипических групп животных было установлено формирование более объемистого вымени по четырем показателям у коров-первотелок 3-й опытной группы. Второе место занимают (по аналогичным показателям) представительницы 1-й опытной группы. Неустойчивым может быть признано доминирование коров 2-й опытной группы над сверстницами контрольной группы, так как по трем показателям (обхват и длина вымени, глубина передней четверти вымени) они превосходят, а вот по ширине передней четверти вымени несущественно уступают коровам контрольной группы.

Результаты обмеров продемонстрировали превосходство сосков по длине и диаметру у животных 3-й и 1-й опытных групп над коровами контрольной группы. Представительницы 2-й опытной группы обладают сосками, диаметр которых меньше аналогичного показателя по коровам контрольной группы.

По показателю расстояния между выменем и землей у коров ни одна из опытных групп не превзошла контрольную группу.

Функциональные показатели, надоев молока и интенсивности молокоотдачи по всем опытным группам превысили аналогичный показатель по животным контрольной группы. Индекс вымени коров 3-й и 1-й опытных групп превышает аналогичный показатель по животным контрольной группы, а у коров 2-й опытной и контрольной групп — совпадает. При этом максимальное превышение показателей было зафиксировано по 3-й опытной группе.

Выводы/Conclusion

Таким образом, проведенные исследования подтвердили гипотезу об улучшении морфологических признаков и функциональных свойств вымени коров-первотелок различных генотипов кавказской бурой породы, полученных путем скрещивания с быками голштинской и джерсейской пород.

Ввиду превосходства трехпородных помесей над чистопородным и двухпородным сверстникам изучаемым показателями считается более целесообразным и перспективным их разведение «в себе» в условиях Лчашенского крестьянского коллективного хозяйства, расположенного в Севанском регионе вблизи г. Севан (Армения).

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author bears responsibility for the work and presented data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Анисимова Е.И., Катмаков П.С. Оценка морфофункциональных свойств вымени коров симментальской породы разных внутривидовых типов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (1): 64–68. <https://elibrary.ru/ywxasy>
- Гогаев О.К., Кебеков М.Э., Кадиева Т.А., Тохтиева Э.А. Морфологические и функциональные свойства вымени коров голштинизированной черно-пестрой породы. *Молочное и мясное скотоводство*. 2017; (4): 10–14. <https://elibrary.ru/ytdpkn>
- Бабич Е.А., Овчинникова Л.Ю. Влияние генотипа на морфофункциональные свойства вымени коров первого отела. *Молочное и мясное скотоводство*. 2018; (1): 16–18. <https://elibrary.ru/ytpcdc>
- Вельматов А.П., Тишкина Т.Н., Аль-Исави Али Абдуламир Хамза. Молочная продуктивность и функциональные свойства вымени у голштинизированных коров разных генотипов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016; (3): 96–100. <https://elibrary.ru/wmllder>
- Каратунов В.А., Тузов И.Н. Проявление функциональных свойств вымени голштинских коров австралийской селекции в условиях юга России. *Молочное и мясное скотоводство*. 2019; (6): 23–25. <https://elibrary.ru/psrlqr>
- Соловьева О.И., Амерханов Х.А., Кертеев Р.М. Повышение эффективности разведения молочного скота. Монография. М.: РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2021; 199. ISBN 978-5-9675-1827-0 <https://elibrary.ru/stebbg>
- Костомакхин Н.М., Табаков Г.П., Табакова Л.П., Никитченко В.Е., Коротков А.С. Морфофункциональные свойства вымени, экстерьерные особенности и молочная продуктивность коров разных пород. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2020; (2): 64–84. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-2-64-84>

REFERENCES

- Anisimova E.I., Katmakov P.S. Evaluation of morphofunctional udder properties of simmental cows of different intrabreed types. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018; (1): 64–68 (In Russian). <https://elibrary.ru/ywxasy>
- Gogaev O.K., Kebekov M.E., Kadieva T.A., Tokhtieva E.A. Morphological and functional properties of cows' udder of Holsteinized black pied breed. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2017; (4): 10–14 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytdpkn>
- Babich E.A., Ovchinnikova L.Yu. Influence of the genotype on the morphofunctional properties of crossing the first calving. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2018; (1): 16–18 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytpcdc>
- Velmatov A.A., Tishkina T.N., Al-Isavi Ali Abdulamir Khamza. Milk productivity and udder functional properties of Holstein cows with different genotypes. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2016; (3): 96–100 (In Russian). <https://elibrary.ru/wmllder>
- Karatunov V.A., Tuzov I.N. Udder functional properties manifestation in Holstein cow breed of Australian selection in Southern part of the Russian Federation. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2019; (6): 23–25 (In Russian). <https://elibrary.ru/psrlqr>
- Solov'eva O.I., Amerkhanov Kh.A., Kertiev R.M. Improving the efficiency of dairy cattle breeding. Monograph. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2021; 199 (In Russian). ISBN 978-5-9675-1827-0 <https://elibrary.ru/stebbg>
- Kostomakhin N.M., Tabakov G.P., Tabakova L.P., Nikitchenko V.Y., Korotkov A.S. Morphofunctional properties of udder, conformation features and milk productivity of different cow breeds. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2020; (2): 64–84 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-2-64-84>

8. Хромова Л.Г., Байлова Н.В., Пилюгина Е.А., Мусенко И.В. Морфологические признаки и функциональные свойства вымени коров основных молочных пород, разводимых в Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2017; (4): 89–94. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.4.89>

9. Донник И.М., Лореттс О.Г. Влияние технология доения на молочную продуктивность и качество молока коров. *Аграрный вестник Урала*. 2014; (12): 13–16. <https://elibrary.ru/tcrkjh>

10. Санова З.С., Мазуров В.Н. Использование электронной базы данных при оценке быков-производителей. *Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы VIII Международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2016»*. Москва: Росинформагротех, 2016; 498–501.

11. Horn A., Dohx J., Bozo S. Persistenz Euterkapazität und Melkbarkeit bei Jerseykrazungin. *Archiv für Tierzucht*. 1961; (4): 101–107.

12. Miglior F., Muiz B.L., Van Doormal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1255–1263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)

13. Панин В.А. Морфофункциональные свойства вымени чистопородных и помесных коров в условиях Южного Урала. *Вестник мясного скотоводства*. 2016; (3): 15–21. <https://elibrary.ru/wvpfx>

8. Khromova L.G., Bailova N.V., Pilyugina E.A., Musenko I.V. Morphological features and functional properties of the udder of cows of the main dairy breeds grown in Voronezh oblast. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2017; (4): 89–94 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2017.4.89>

9. Donnik I.M., Loretts O.G. Influence milking technology on milk productivity and quality of milk of cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; (12): 13–16 (In Russian). <https://elibrary.ru/tcrkjh>

10. Sanova Z.S., Mazurov V.N. Use of the electronic database at the assessment of bulls – manufacturers. *Scientific and information support of innovative development of agrarian and industrial complex. Proceedings of the VIII International scientific-practical conference "InformAgro 2016"*. Moscow: Rosinformagrotech. 2016; 498–501 (In Russian).

11. Horn A., Dohx J., Bozo S. Persistenz Euterkapazität und Melkbarkeit bei Jerseykrazungin. *Archiv für Tierzucht*. 1961; (4): 101–107.

12. Miglior F., Muiz B.L., Van Doormal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1255–1263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)

13. Panin V.A. Morphological and functional udder properties of purebred and crossed cows in the conditions of the South Ural. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2016; (3): 15–21 (In Russian). <https://elibrary.ru/wvpfx>

ОБ АВТОРАХ

Арам Мишаевич Мурадян,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
докторант кафедры молочного и мясного скотоводства,
Российский государственный аграрный университет —
Московская сельскохозяйственная академия
им. К.А. Тимирязева,
Тимирязевская ул., д. 49, Москва, 127434, Россия
9090368@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6752-8948>

ABOUT THE AUTHORS

Aram Mishaeovich Muradyan,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Doctoral Student of the Department of Dairy and Beef Cattle
Breeding,
Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural
Academy named after K.A. Timiryazev,
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia
9090368@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6752-8948>



В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА ПЛОДЫ И ОВОЩИ РОССИИ 2023

26-27 ОКТЯБРЯ 2023 г. / СОЧИ

АГРО БИЗНЕС

Организатор форума

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

- Новые направления в отрасли садоводства и виноградарства
- Перспективы отрасли плодоводства и виноградарства
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и ягод
- Инфраструктура сбыта плодов и ягод. Как реализовать?
- Переговоры с сетями
- Государственная поддержка развития плодово-ягодной отрасли

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

Предприятия фруктового садоводства, виноградарства и ягодоводства; Компании, производящие удобрения; Предприятия по переработке и хранению плодово-ягодной продукции; Крестьянские фермерские хозяйства, выращивающие плодово-ягодные культуры открытого грунта; Крупнейшие агропарки и оптово-распределительные центры; Представители крупнейших торговых сетей; Госорганы; Представители профильных ассоциаций и союзов.

По вопросам выступления +7 (988) 248-47-17
и спонсорства:

По вопросам участия: +7 (909) 450-36-10
+7 (960) 476-53-39

e-mail: events@agbz.ru
Регистрация на сайте: fruitforum.ru



УДК 636.22/.28.034; 636.22/.28.082.2(571.150)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57

**М.Г. Максимчук ✉,
Г.Н. Левина***Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика
Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы Подольск,
Россия*

✉ m.maksimchuk@oaohcr.ru

Поступила в редакцию:
27.03.2023Одобрена после рецензирования:
12.07.2023Принята к публикации:
24.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57

**Maxim G. Maksimchuk ✉,
Galina N. Levina***Federal Research Center for Animal
Husbandry named after Academy Member
L.K. Ernst, Dubrovitsy, Podolsk, Russia*

✉ m.maksimchuk@oaohcr.ru

Received by the editorial office:
27.03.2023Accepted in revised:
12.07.2023Accepted for publication:
24.07.2023

Молочная продуктивность и функция воспроизводства коров черно-пестрой породы разных генотипов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Черно-пестрая порода крупного рогатого скота нашей страны на протяжении нескольких десятилетий совершенствовалась голштинской породой. Наряду с ее положительным влиянием имеются и негативные стороны процесса. Так, сократилась продолжительность использования коров, снизились резистентность и функция воспроизводства.

С целью поиска селекционных приемов повышения сохранности коров и улучшения функции воспроизводства выполнены исследования в стадах трех регионов с высокой кровностью по голштинской породе (97% ГШ, 3% ЧП) и потомков от монбельярдских быков (50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП) и выявлены перспективные генотипы коров.

Экспериментальные исследования проводили с 2016 г. при беспривязном и привязном содержании животных.

В эксперименте при беспривязном содержании у дочерей от монбельярдских быков (генотип 50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП) при практически равной продуктивности возраст первого отела был меньше на 41 день, сервис-период — меньше на 25 дней, сохранность ко второй лактации выше, поскольку к ее началу выбыло на 16,1% коров меньше, чем сверстниц генотипа 97% ГШ, 3% ЧП.

В стадах с привязным содержанием и круглогодичным моционом коров выявили сходные данные относительно коров при беспривязном содержании, в частности по возрасту первого отела, который у коров генотипа 50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП был меньше на 49 дней и 23 дня в сравнении со сверстницами генотипа 97% ГШ, 3% ЧП.

Лактационные кривые коров двух генотипов, имеющих практически равный удой за лактацию, различаются: у дочерей монбельярдских быков она более плавная, что благоприятно сказывается на стабилизации функции воспроизводства после отела.

Ключевые слова: скрещивание, молочная продуктивность, воспроизводство, сохранность

Для цитирования: Максимчук М.Г., Левина Г.Н. Молочная продуктивность и функция воспроизводства коров черно-пестрой породы разных генотипов. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 53–57. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57>

© Максимчук М.Г., Левина Г.Н.

Milk productivity and reproduction function of black-and-white holland cows of different genotypes

ABSTRACT

Relevance. The black-and-white breed of cattle in our country has been improved by the Holstein breed for several decades. Along with its positive impact, there are also negative aspects of the process. Thus, the duration of the use of cows was reduced, resistance and reproduction function decreased.

In order to find breeding methods to increase the safety of cows and improve the function of reproduction, studies were carried out in herds of three regions with high bloodiness for the Holstein breed (97% HL, 3% BW) and descendants from Montbéliarde bulls (50% MB, 49% HL, 1% BW) and promising genotypes of cows were identified.

Experimental studies have been carried out since 2016 with loose and tethered animals.

In the experiment, with loose keeping in daughters from Montbéliarde bulls (genotype 50% MB, 49% HL, 1% BW), with almost equal productivity, the age of 1 calving was 41 days less, the service period was 25 days less, the safety to 2 lactations was higher, because by its beginning, 16.1% fewer cows dropped out than peers of the genotype 97% HL, 3% BW.

In herds with tethered housing and year-round exercise of cows, similar data were revealed regarding cows with loose housing, in particular, the age of the first calving, which in cows of the genotype 50% MB, 49% HL, 1% BW was 49 and 23 days less in comparison with peers of the genotype 97% HL, 3% BW.

The lactation curves of cows of two genotypes, which have almost equal milk yield per lactation, differ: in the daughters of Montbéliarde bulls, it is smoother, which favorably affects the stabilization of the reproduction function after calving.

Key words: crossing, milk productivity, reproduction, safety

For citation: Maksimchuk M.G., Levina G.N. Milk productivity and reproduction function of black-and-white holland cows of different genotypes. *Agrarian science*. 2023; 373(3): 53–57 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57>

© Maksimchuk M.G., Levina G.N.

Введение/Introduction

Молочное скотоводство нашей страны, как и всего мира [1], после периода интенсивного разведения, ориентированного на высокие удои коров, в селекции пород стало смещать акцент на более сбалансированные цели, включая долголетие, здоровье, качество молока и экологическую устойчивость.

Черно-пестрая порода крупного рогатого скота нашей страны на протяжении нескольких десятилетий улучшалась голштинской породой. Не исключая ее положительного влияния на продуктивность и технологические качества, проявились и негативные стороны этого процесса. Так, сократилась продолжительность использования коров, составив 2,6–3,6 отела, снизилась резистентность и функция воспроизводства [1].

Кроме того, есть еще очень важные факторы не в пользу селекции функциональных признаков, в частности, в голштинской породе, а также в высоко-голштинизированной черно-пестрой. Это эффект депрессии при накоплении отдаленного инбридинга, что еще в 1800-х годах в Великобритании, в сельскохозяйственном обществе Лестершир, впервые зарегистрировал R. Bakewell [2].

Значительное накопление отдаленного инбридинга и в связи с этим неизбежная сопутствующая деградация функциональных признаков у чистокровных голштинов поставили под сомнение эффективность генетического отбора в породе [2, 3]. В первую очередь причиной этого является то, что средний коэффициент инбридинга голштинских животных стал высоким. Так, в США у коров, родившихся к 2017 году, он составил уже 7,11% [4]. На практике процент инбридинга увеличивается через четыре поколения — от 0,16 до 6,51%. В создавшейся ситуации в голштинской породе заводчикам трудно контролировать накопление инбридинга [5].

Об увеличении продолжительности межотельного и сервис-периода у голштинских коров США с 2004 по 2014 год имеются сообщения ученых [6, 7]. Это было вызвано увеличением числа осеменений на одно плодотворное (CR), например от первого осеменения в 2014 году были стельными лишь 34% коров. Это проявлялось на фоне постоянного увеличения коэффициента инбридинга и препятствовало фенотипическому улучшению фертильности, поскольку инбридинг более вреден для функциональных признаков, таких как фертильность, здоровье и выживание, чем других. Резкое снижение фертильности голштинских коров достигло низкого уровня уже в начале 2000-х годов [8, 9].

Фертильности и продолжительности жизни голштинских коров стало уделяться большее внимание по всему миру [10]. Les Hansen (США) утверждает, что современная голштинская порода слишком инбредная, так как генеалогия всех быков восходит только к четырём великим производителям. Он поясняет: «Поймите меня правильно, я люблю голштинскую породу, но мы вылепили корову, которая хорошо выглядит и производит много молока, но всё это за счет здоровья, воспроизводства, долголетия, что недопустимо». Далее он отмечает: «Мода, а не экономика, вот что сформировало голштинскую породу». Ее дискредитируют высокий процент мертворожденных телят (12% в США), ослабление здоровья, снижение долголетия. И мы расплачиваемся за это. Слишком много коров выбывают до завершения первой лактации, что не дает возможности осуществлять отбор» [11]. Это вызвало необходимость изучения и поиска приемов совершенствования современной голштинизированной черно-пестрой породы.

Достичь прироста валового производства молока при сокращении поголовья можно за счет повышения сохранности коров. В связи с этим важно искать пути повышения продуктивного долголетия при корректировке селекционных приемов.

В настоящее время для совершенствования молочных пород широко используется монбельярдская порода, которая представлена в 50 странах мира во всех климатических зонах. Учитывая ее высокие продуктивные качества, сохранность, резистентность, функцию воспроизводства, она стала востребована для скрещивания с голштинской породой, так как у голштинизированных животных интенсивно усиливалось проявление отрицательной генетической корреляции между продуктивностью и плодовитостью.

Теоретически, конечно, функциональные параметры у животных голштинской породы могли бы быть улучшены путем отбора. Однако их низкая наследуемость и отрицательная корреляция с производственными признаками не способствуют улучшению при селекции. Даже если геномный отбор родительских особей обеспечивает улучшение продуктивных качеств потомства в зависимости от выбора конкретного признака, сделанного заводчиками, генетический прогресс в отношении функциональных признаков может быть очень медленным [12–14].

Приоритеты отбора монбельярдской породы распределяются следующим образом: удой молока, молочного жира и особенно молочного белка, так как селекцию по усовершенствованию монбельярдской породы во Франции много лет осуществляли в направлении улучшения качества молока, она тесно была и остается связанной с производством 11 местных сыров, таких как Comté, Morbier, Reblochon, Gruyère, Tome des Bauges, Epoisses и других [15].

По воспроизводительной функции монбельярды превосходят другие молочные породы. Средний показатель оплодотворения от первого осеменения составляет 60%, у голштинизированных коров этот показатель 43%. У монбельярдской ежегодный ремонт стада составляет на 15% меньше, чем у голштинской породы. В расчетах комплексного индекса ISU критерий «продуктивное долголетие» оценивается на уровне 12,5% [16, 17].

Цель исследования — поиск селекционных приемов повышения сохранности коров, улучшения функции воспроизводства в высокопродуктивных молочных стадах при изучении в сравнительном аспекте коров с высокой кровностью по голштинской породе (97% ГШ, 3% ЧП) и потомков от монбельярдских быков (50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП).

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования продуктивных качеств коров с высокой кровностью по голштинской породе и дочерей монбельярдских быков проводили с 2016 года в сельскохозяйственных предприятиях: СПК «Колхоз им. Горина» Белгородской области, на беспривязном содержании, также в СПК «Перемиловский» Ивановской области (стадо № 1) и ООО «СапфирАгро» Курской области (стадо № 2) на привязном содержании с моционом. Все животные были со средним удоем коров на уровне 8500 кг при массовой доле жира выше 3,8%, белка — более 3,2%.

Для проведения эксперимента были сформированы группы коров, за которыми были закреплены 4 быка монбельярдской породы (Дженсон, Жюльен, Комфорт,

Янис): в СПК «Колхоз им. Горина» — 220 коров, в СПК «Перемиловский» — 30 коров, в ООО «СапфирАгро» — 90 коров. Аналогично формировали группы коров для осеменения спермой быков голштинской породы. Удой матерей быков голштинской породы был в интервале 11,0–13 тыс. кг, монбельярдской — 8,0–9,5 тыс. кг. Кормление коров было на одинаковом уровне. При подборе групп учитывали возраст в лактациях, дату последнего отела и живую массу коров.

Анализ показателей качества молока, полученного на контрольных дойках¹, выполнен в центре коллективного пользования научным оборудованием «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста». Анализ выполнен с помощью аналитической системы MilkoScan 7/Fossomatic 7 DC (FOSS Group, Дания).

Статистическая обработка полученных данных проведена по общепринятым методам вариационной статистики с использованием программного пакета анализа MS Excel-2010 (США), достоверность показателей оценивалась по критерию Стьюдента: *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При беспривязном содержании у коров двух генотипов установлено, что по величине удоя за 305 дней первой лактации, массовой доле жира и белка практически не было различий (табл. 1), однако возраст 1-го отела у дочерей от монбельярдских быков был достоверно меньше на 41 день. Причем при практически равной молочной продуктивности сервис-период у них был короче на 25 дней, что является одним из основных факторов увеличения производства продукции скотоводства.

С интенсивностью воспроизводства стада аналогичным образом связана и экономическая эффективность содержания скота. Поэтому важнейшая задача по воспроизводству стада состоит в том, чтобы ежегодно получать от каждой коровы приплод, сохранить его и вырастить здоровый молодняк [18–21].

В эксперименте при беспривязном содержании у дочерей от монбельярдских быков (генотип 50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП) возраст 1-го отела был меньше на 41 день при практически равной продуктивности, сервис-период был меньше на 25 дней, а сохранность

Таблица 1. Продуктивные качества и сохранность коров двух генотипов по первой лактации (беспривязное содержание)
Table 1. Productive qualities and safety of cows of two genotypes for the first lactation (loose housing)

Генотип коров	Возраст 1-го отела	Удой за 305 дней 1-й лактации	МДЖ	МДБ	Сервис-период	Выбыло коров ко 2-й лактации	
	дни	кг	%	%	дни	гол.	%
97% ГШ, 3% ЧП (П = 87)	738	8445	3,87	3,21	122	28	33,3
± m	19	91	0,01	0,02	19		
50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП (П = 87)	697*	8342	3,88	3,22	97	15	17,2
± m	15	83	0,02	0,01	14		
(50%МБ, 49%ГШ, 1% ЧП) ± к 97% ГШ, 3% ЧП	-41	-103	+0,01	+0,01	-25		-16,1

* $p < 0,05$.

Таблица 2. Продуктивные качества и сохранность коров по первой лактации (стада с привязным содержанием, моцион в загонках)
Table 2. Productive qualities and safety of cows in the first lactation (herds with tethered content, exercise in paddocks)

Предприятие	Генотип коров	Возраст 1-го отела, дней	Удой за 305 дней 1-й лактации, кг	МДЖ, %	Мол. жир, кг	МДБ, %	Мол. белок, кг	Сервис-период, дней	Выбыло коров ко 2-й лактации	
									гол.	%
№ 1 (по 14 гол. в группах)	97% ГШ, 3% ЧП	774	7075	4,01	284	3,28	246	109	1	7,1
	± m	17	72	0,01		0,01		16		
	50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП	725	7813*	4,08	319	3,32	259	93	–	–
	± m	13	57	0,02		0,01		14		
	50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП ± 97% ГШ, 3% ЧП	- 49	+ 735	+0,07	+ 35	+0,04	+ 13	- 16		- 7,1
№ 2 (по 42 гол. в группах)	97% ГШ, 3% ЧП	779	7215	4,27	308	3,34	241	127	8	19,0
	± m	16	64	0,01		0,01		19		
	50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП	756	7318	4,61	337	3,45	252	112	5	11,9
	± m	15	69	0,01		0,01		17		
	50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП ± к 97% ГШ, 3% ЧП	-23	+103	+0,34	+29	+0,11	+11	-15		-7,2

* $p < 0,05$.

¹ ГОСТ Р 57878-2017 Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности крупного рогатого скота молочного и комбинированного направлений.

ко 2-й лактации выше, поскольку к ее началу выбрали на 16,1% коров меньше, чем сверстниц генотипа 97% ГШ, 3% ЧП (табл. 1).

Аналогичный опыт был проведен и в стадах с привязным содержанием и круглогодичным моционом коров на площадках. В результате выявили сходные данные относительно коров при беспривязном содержании. Так, по возрасту 1-го отела, который у коров генотипа 50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП был меньше на 49 дней и 23 дня в сравнении со сверстницами генотипа 97% ГШ, 3% ЧП. В обоих стадах дочери монбельярдских быков превосходили сверстниц (97% ГШ, 3% ЧП) по удою на 103–735 кг, МДЖ — на 0,07–0,34%пп, МДБ —

на 0,04–0,11%пп, имели меньшую продолжительность сервис-периода на 15–16 дней и ниже процент выбытия коров ко 2-й лактации — на 7,1–7,2% (табл. 2).

Выводы/Conclusion

Исследования, выполненные по созданию новых генотипов и оценке животных по продуктивности 1-й лактации, сохранности и функции воспроизводства, показали, что в высокопродуктивных (коммерческих) стадах с генотипом коров по кровности пород 97%, 3% ЧП перспективно использовать быков монбельярдской породы для получения животных с генотипом по кровности пород 50% МБ, 49% ГШ, 1% ЧП.

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 финансовой поддержке научных исследований Минобрнауки РФ в рамках выполнения госзадания на 2022 г. (пер. № темы НИР 2018–2023 гг. АААА-А18-118021590129-9).

FUNDING

This research was carried out with the financial support of scientific research by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation as part of the state assignment for 2022 (registration No. of the research topic for 2018–2023 АААА-А18-118021590129-9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1255–1263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)
- Carvalho F.E. et al. Genetic parameters for various semen production and quality traits and indicators of male and female reproductive performance in Nellore cattle. *BMC Genomics*. 2023; 24: 150. <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09216-5>
- Sewalem A., Kistemaker G.J., Miglior F., Van Doormaal B.J. Analysis of Inbreeding and Its Relationship with Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(6): 2210–2216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72291-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72291-3)
- Dezetter C., Boichard D., Bareille N., Grimard B., Le Mezec P., Ducrocq V. Le croisement entre races bovines laitières: intérêts et limites pour des ateliers en race pure Prim'Holstein? *INRAE Productions Animales*. 2019; 32(3): 359–378. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.3.2575>
- Norman H.D., Wright J.R., Hubbard S.M., Miller R.H., Hutchison J.L. Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2015; 92(7): 3517–3528. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1768>
- Haile-Mariam M., Carrick M.J., Goddard M.E. Genotype by Environment Interaction for Fertility, Survival, and Milk Production Traits in Australian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(12): 4840–4853. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1084>
- Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(1): 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
- Philipson J., Banos G., Arnason T. Present and Future Uses of Selection Index Methodology in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 1994; 77(10): 3252–3261. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77266-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77266-0)
- Berry P.E., Wall E., Pryce J.E. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*. 2014; 8(s1): 105–121. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000743>
- Berglund B. Genetic Improvement of Dairy Cow Reproductive Performance. *Reproduction in Domestic Animals*. 2008; 43(s2): 89–95. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01147.x>
- Hansen L.B. Capitalizing on breed differences and heterosis. Annual meeting of the American Dairy Science Association. *J Dairy Sci*. 2021; 104: 6873–6884. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19927>
- Hietala P., Juga J. Impact of including growth, carcass and feed efficiency traits in the breeding goal for combined milk and beef production systems. *Animal*. 2017; 11(4): 564–573. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001877>
- Pryce J.E., Wales W.J., Haas Y. de, Veerkamp R.F., Hayes B.J. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal*. 2014; 8(1): 1–10. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001687>
- Трухачев В.И., Злыднев Н.З., Селионова М.И. Селекция молочного скота стран Северной Европы: стратегия, методы, результаты. Часть 2. *Молочное и мясное скотоводство*. 2016; (5): 3–7. <https://www.elibrary.ru/wjvidv>

REFERENCES

- Miglior F., Muir B.L., Van Doormaal B.J. Selection Indices in Holstein Cattle of Various Countries. *Journal of Dairy Science*. 2005; 88(3): 1255–1263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)
- Carvalho F.E. et al. Genetic parameters for various semen production and quality traits and indicators of male and female reproductive performance in Nellore cattle. *BMC Genomics*. 2023; 24: 150. <https://doi.org/10.1186/s12864-023-09216-5>
- Sewalem A., Kistemaker G.J., Miglior F., Van Doormaal B.J. Analysis of Inbreeding and Its Relationship with Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(6): 2210–2216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72291-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72291-3)
- Dezetter C., Boichard D., Bareille N., Grimard B., Le Mezec P., Ducrocq V. Dairy crossbreeding: Pros and cons for Holstein dairy systems. *INRAE Productions Animales*. 2019; 32(3): 359–378 (In France). <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.3.2575>
- Norman H.D., Wright J.R., Hubbard S.M., Miller R.H., Hutchison J.L. Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. *Journal of Dairy Science*. 2015; 92(7): 3517–3528. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1768>
- Haile-Mariam M., Carrick M.J., Goddard M.E. Genotype by Environment Interaction for Fertility, Survival, and Milk Production Traits in Australian Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2008; 91(12): 4840–4853. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1084>
- Bernabucci U., Biffani S., Buggiotti L., Vitali A., Lacetera N., Nardone A. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(1): 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
- Philipson J., Banos G., Arnason T. Present and Future Uses of Selection Index Methodology in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 1994; 77(10): 3252–3261. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77266-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77266-0)
- Berry P.E., Wall E., Pryce J.E. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*. 2014; 8(s1): 105–121. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000743>
- Berglund B. Genetic Improvement of Dairy Cow Reproductive Performance. *Reproduction in Domestic Animals*. 2008; 43(s2): 89–95. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01147.x>
- Hansen L.B. Capitalizing on breed differences and heterosis. Annual meeting of the American Dairy Science Association. *J Dairy Sci*. 2021; 104: 6873–6884. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19927>
- Hietala P., Juga J. Impact of including growth, carcass and feed efficiency traits in the breeding goal for combined milk and beef production systems. *Animal*. 2017; 11(4): 564–573. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001877>
- Pryce J.E., Wales W.J., Haas Y. de, Veerkamp R.F., Hayes B.J. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal*. 2014; 8(1): 1–10. <https://doi.org/10.1017/S1751731113001687>
- Truhachev V.I., Zlydnev N.Z., Selionova M.I. Dairy cattle breeding of Northern Europe: strategies, methods, results. Part 2. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2016; (5): 3–7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wjvidv>

15. Berry D.P. *Invited review: Beef-on-dairy—The generation of crossbred beef × dairy cattle. Journal of Dairy Science.* 2021; 104(4): 3789–3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>
16. Taylor J.F., Schnabel R.D., Sutovsky P. *et al.* Review: Genomics of bull fertility. *Animal.* 2018; 12(s1): s172–s183. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000599>
17. Guarini A.R., Neves H.H.R., Schenkel F.S., Carvalho R., Oliveira J.A., Queiroz S.A. Genetic relationship among reproductive traits in Nellore cattle. *Animal.* 2015; 9(5): 760–765. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003103>
18. Мищенко Н.В., Тюлебаев С.Д. Воспроизводительная способность симментальских маток различных генотипов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2011; (3): 156–158. <https://www.elibrary.ru/ofwikp>
19. Левина Г.Н. Продуктивные качества коров симментальской породы молочного типа при разной упитанности в период раздоя. *Молочное и мясное скотоводство.* 2017; (5): 14–16. <https://www.elibrary.ru/zshhlb>
20. Соболева Н.В., Китаев Е.А., Карамаяев С.В., Валитов Х.З. Рост и развитие ремонтных телок в зависимости от их породной принадлежности. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2009; (4): 72–74. <https://www.elibrary.ru/kyhcvp>
21. Левина Г.Н., Зелепукина М.В., Руднева Т.Н., Литовкина Г.Н. Продуктивное долголетие коров симментальской породы в зависимости от величины удоя, способа содержания и быков-отцов из разных стран. *Молочное и мясное скотоводство.* 2020; (3): 11–16. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.85.15.003>

ОБ АВТОРАХ

Максим Григорьевич Максимчук,
аспирант,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, д. 60, Подольск, 142132, Россия
m.maksimchuk@oaohcr.ru

Галина Николаевна Левина,
доктор сельскохозяйственных наук,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, д. 60, Подольск, 142132, Россия
gnlevina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7978-6696>

15. Berry D.P. *Invited review: Beef-on-dairy—The generation of crossbred beef × dairy cattle. Journal of Dairy Science.* 2021; 104(4): 3789–3819. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19519>
16. Taylor J.F., Schnabel R.D., Sutovsky P. *et al.* Review: Genomics of bull fertility. *Animal.* 2018; 12(s1): s172–s183. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000599>
17. Guarini A.R., Neves H.H.R., Schenkel F.S., Carvalho R., Oliveira J.A., Queiroz S.A. Genetic relationship among reproductive traits in Nellore cattle. *Animal.* 2015; 9(5): 760–765. <https://doi.org/10.1017/S1751731114003103>
18. Mischenko N.V., Tyulebaev S.D. Reproductive capacity of simmental dams with different genotypes. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2011; (3): 156–158 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ofwikp>
19. Levina G.N. Performance characteristics of simmental dairy cows having different bcs indices during days in milk. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming.* 2017; (5): 14–16 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zshhlb>
20. Soboleva N.V., Kitaev Ye.A., Karamayev S.V., Valitov Kh.Z. Growth and development of replacement heifers as dependent on their breed. *Izvestia Orenburg State Agrarian University.* 2009; (4): 72–74 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kyhcvp>
21. Levina G.N., Zelepukina M.V., Rudneva T.N., Litovkina G.N. Productive longevity of simmental breed cows, depending on the volume of milk yield, method of keeping and stud-bulls from different countries of origin. *Journal of Dairy and Beef Cattle Farming.* 2020; (3): 11–16 (In Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.85.15.003>

ABOUT THE AUTHORS

Maxim Grigorievich Maksimchuk,
Graduate Student,
Federal Research Center for Animal Husbandry
named after Academy Member L.K. Ernst
60 Dubrovitsy, Podolsk, 142132, Russia
m.maksimchuk@oaohcr.ru

Galina Nikolaevna Levina,
Doctor of Agricultural Sciences,
Federal Research Center for Animal Husbandry
named after Academy Member L.K. Ernst
60 Dubrovitsy, Podolsk, 142132, Russia
gnlevina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7978-6696>

Е.Ю. Левина¹,
Н.Н. Забашта^{2, 3, 4},
Е.Н. Головкин³ ✉,
Е.П. Лисовицкая^{2, 4},
И.А. Синельщикова³

¹ ООО «Бонака», Краснодар, Россия

² Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

³ Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, Краснодар, Россия

⁴ Краснодарский научно-исследовательский ветеринарный институт — обособленное структурное подразделение «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», Краснодар, Россия

✉ martinija@yandex.ru

Поступила в редакцию:
12.09.2022

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Elena Y. Levina¹,
Nicholay N. Zhabashta^{2, 3, 4},
Elena N. Golovko³ ✉,
Ekaterina P. Lisovitskaya^{2, 4},
Irina A. Sinelshchikova³

¹ «Bonaka» LLC, Krasnodar, Russia

² Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

³ Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia

⁴ Krasnodar Scientific Research Veterinary Institute a separate structural subdivision of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russia

✉ martinija@yandex.ru

Received by the editorial office:
12.09.2022

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Опыт применения кормовой добавки «Бонака-АПК-N» для молодняка свиней

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для улучшения и стабильности физиологических процессов в организме свиней и повышения иммунитета наиболее доступным и оптимальным средством коррекции кишечной нормофлоры является использование в кормлении пробиотиков на основе молочнокислых бактерий.

Методы. В опыте применили экологически безопасную технологию выращивания поросят трехпородного скрещивания (ландрас х пьетрен х дюрок). С трехнедельного возраста (21 день) до 3 месяцев (90 дней) вводили в рацион 2-й и 3-й опытных групп биотехнологическую кормовую добавку «Бонака-АПК-N», ориентированную на оптимизацию интерьера и продуктивности, в дозе, соответственно, 0,5 мл/кг и 1,0 мл/кг ж. м. (в 21–90 дней). Последующий откорм свиней проводили до 6 месяцев (180 дней) с введением добавки «Бонака-АПК-N» в рацион свиней 2-й и 3-й опытных групп в дозе 1,0 мл/кг и 1,5 мл/кг ж. м. соответственно. С начала опыта до убоя учетный период составил 159 суток. Убой произведен в 6 месяцев.

Результаты. Применение добавки в рацион свиней 2-й и 3-й опытных групп привело к увеличению прироста живой массы по сравнению с контролем (1-я группа) на 16,7% и 15,3%, к улучшению физико-химических показателей свинины, к повышению содержания сырого протеина в мышечной ткани по сравнению с контролем, соответственно, на 2,8% и 1,7%; достоверно выше белковый качественный показатель, соответственно, на 23,6% и 16,4%. Анализ результатов научно-хозяйственного опыта подтвердил эффективность применения добавки «Бонака-АПК-N» при выращивании и откорме молодняка свиней на мясо.

Ключевые слова: кормовая добавка «Бонака-АПК-N», поросята трехпородного скрещивания, содержание, откорм, рацион, среднесуточный прирост, интерьер, свинина

Для цитирования: Левина Е.Ю., Забашта Н.Н., Головкин Е.Н., Лисовицкая Е.П., Синельщикова И.А. Опыт применения кормовой добавки «Бонака-АПК-N» для молодняка свиней. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 58–64. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-58-64>

© Левина Е.Ю., Забашта Н.Н., Головкин Е.Н., Лисовицкая Е.П., Синельщикова И.А.

Experience of using the feed additive «Bonaka-APK-N» for young pigs

ABSTRACT

Relevance. To improve and stabilize physiological processes in the body of pigs and increase immunity, the most affordable and optimal means of correcting the intestinal normoflora are the use of probiotics based on lactic acid bacteria in feeding.

Methods. In the experiment, an environmentally safe technology was used for growing piglets of three-breed crossing (landrace x pietren x duroc). From the age of three weeks (21 days) to 3 months (90 days), the biotechnological feed additive «Bonaka-APK-N» was introduced into the diet of the 2nd and 3rd experimental groups, focused on optimizing the interior and productivity, at a dose of 0.5 ml/kg and 1.0 ml/kg, respectively. M. (in 21–90 days). Subsequent fattening of pigs was carried out for up to 6 months (180 days) with the introduction of the additive «Bonaka-APK-N» into the diet of pigs of the 2nd and 3rd experimental groups at a dose of 1.0 ml/kg and 1.5 ml/kg of fat, respectively. From the beginning of the experiment to the slaughter, the accounting period was 159 days. The slaughter was carried out at 6 months.

Results. The use of an additive in the diet of pigs of the 2nd and 3rd experimental groups led to an increase in live weight gain compared with the control (1st group) by 16.7% and 15.3%, to an improvement in the physico-chemical parameters of pork, to an increase in the content of crude protein in muscle tissue compared with the control, respectively, by 2.8% and 1.7%; the protein quality index is significantly higher, respectively, by 23.6% and 16.4%. The analysis of the results of scientific and economic experience confirmed the efficiency of the use of the additive «Bonaka-APK-N» in the cultivation and fattening of young pigs for meat.

Key words: feed additive «Bonaka-APK-N», three-breed piglets, maintenance, fattening, diet, average daily gain, interior, pork

For citation: Levina E.Yu., Zhabashta N.N., Golovko E.N., Lisovitskaya E.P., Sinelshchikova I.A. Experience of using the feed additive «Bonaka-APK-N» for young pigs. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 58–64 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-58-64>

© Levina E.Yu., Zhabashta N.N., Golovko E.N., Lisovitskaya E.P., Sinelshchikova I.A.

Введение/Introduction

Мясная продуктивность свиней, качество и питательная ценность свинины зависят от многих прижизненных факторов (генотип, пол, условия выращивания, технологии содержания и откорма, включая элементы биотехнологий и др.), влияющих на морфологический состав туш, физико-химические и органолептические характеристики мяса. Важная роль отводится повышению качества свинины, что во многом зависит от рациона кормления, технологии и условий содержания [1].

Важнейшим показателем мясной продуктивности свиней является выход мышечной ткани в тушах. Анализ показателей по выходу мышечной ткани свидетельствует о том, что туши мясного направления продуктивности значительно превосходят по выходу мышечной ткани туши сального и универсального типов свиней [2].

В настоящее время перспективно использование в свиноводстве генотипов свиней трехпородного скрещивания зарубежной и отечественной селекции с высокими показателями мясной продуктивности [3, 4].

Известно применение в кормлении сельскохозяйственных животных комплексных пробиотиков в виде ветеринарных препаратов или биологически активных кормовых добавок [5, 6]. Они необходимы для обеспечения физиологических процессов в организме свиней и повышения иммунитета. Наиболее доступными и оптимальными средствами коррекции кишечной микрофлоры являются пробиотики на основе молочнокислых бактерий [7–11].

По результатам исследований авторов пробиотическая кормовая добавка на основе молочнокислых микроорганизмов *Streptococcus lactis* и *Lactobacillus acidophilus* оказала положительное действие на организм свиней. Добавка ее в корм повысила прирост живой массы свиней на 6,6% [1].

Механизм действия пробиотиков (лактобактерий, бифидобактерий, дрожжевых *Saccharomyces cerevisiae*, некоторых штаммов кишечной палочки и пр.) связан с позитивным влиянием на организм животного через избирательную стимуляцию роста или усиления метаболической активности нормальной микрофлоры кишечника животных [12].

Цель исследований — изучение влияния кормовой добавки «Бонака-АПК-N» с пробиотическими свойствами на гематологические показатели, мясную продуктивность, затраты корма на единицу прироста живой массы молодняка трехпородного гибрида свиней (ландрас х пьетрен х дюрок), физико-химические характеристики и безопасность свинины.

Материалы и методы исследований /

Materials and methods

В ООО «Новые аграрные технологии» (с. Выселки, Краснодарский край, Россия) проведен научно-

хозяйственный опыт по откорму свиней (от отъема до убоя) с целью изучения влияния кормовой добавки «Бонака-АПК-N», являющейся комплексом пробиотиков и метаболитов на продуктивность, качество и безопасность полученной свинины. Кормовая добавка «Бонака-АПК-N» (ООО «Бонака», Краснодар) ранее прошла испытания на птице (пат. RU 2 742 867 C1¹).

«Бонака-АПК-N» состоит из бакконцентрата, включающего пробиотические лактобактерии и пропионовокислые бактерии, предварительно сублимированные до состояния лиофилизированного порошка, и наполнителей из сыворотки сухой молочной, порошка цеолита, заменителя сухого обезжиренного молока и фульвовых кислот (метаболитов) с соотношением компонентов, масс. %: бакконцентрат — 0,4, сыворотка молочная сухая — 10,0, цеолит — 20,0, фульвовые кислоты — 2,0, остальное — заменитель сухого обезжиренного молока.

В 2022 году были проведены испытания этой добавки на молодняке свиней, являющихся, так же как и птица, моногастричными животными. Сформировали группы аналогов поросят-отъемышей от животных трехпородного скрещивания (ландрас х пьетрен х дюрок) в три группы по 12 голов.

В опыте применили интенсивную технологию выращивания. В соответствии со схемой опыта (табл. 1) с трехнедельного (21 день) до трехмесячного возраста (21–90 дней) пороссятам 2-й и 3-й опытной группы вводили кормовую комплексную добавку «Бонака-АПК-N» в дозе, соответственно, 0,5 мл/кг и 1,0 мл/кг ж. м. и от трех до шести месяцев (90–180 дней) — в дозе 1,0 мл/кг и 1,5 мл/кг ж. м.

Предлагаемые дозы для пробиотиков — стандартные. С начала опыта до убоя учетный период составил 159 суток. Убой животных обеих групп произведен в возрасте шести месяцев.

Результаты исследований обработаны биометрически с применением программного обеспечения Statistic 10 Stat soft (Dell, США), Microsoft Excel 19 (Microsoft, США).

В процессе исследования биотехнологическим методом создан комплекс в нативной (жидкой) форме для моногастричных животных «Бонака-АПК-N», включающий лакто- и пропионовокислые бактерии с титром $1 \cdot 10^9$ КОЕ / 1 г и метаболитические фульвовые кислоты (2 г/кг комплекса «Бонака-АПК-N»). Ранее установлено, что комплекс «Бонака-АПК-N» не оказывает угнетающего действия на молочнокислые бактерии в кишечнике птицы, мелкого и крупного рогатого скота [6, 7, 12].

Молодняк контрольной и опытных (2-й и 3-й) групп ($n = 12$) находился на основном рационе (табл. 2).

Комбикорм основного рациона соответствовал требованиям ГОСТ 34109-2017².

Таблица 1. Схема опыта ($n = 12$)

Table 1. Experience scheme ($n = 12$)

Группа	Особенности кормления (возрастной период)	
	от 21 дня до 3 мес.	от 3 до 6 мес.
1-я (контроль)	ОР (основной рацион)	ОР
2-я (ОР + «Бонака-АПК-N»)	ОР + «Бонака-АПК-N» 0,5 мл / 1 кг ж. м.	ОР + «Бонака-АПК-N» 1,0 мл / 1 кг ж. м.
3-я (ОР + «Бонака-АПК-N»)	ОР + «Бонака-АПК-N» 1,0 мл / 1 кг ж. м.	ОР + «Бонака-АПК-N» 1,5 мл / 1 кг ж. м.

¹ Патент RU 2 742 867 C1 Кормовая пробиотическая добавка для птиц / Левина Е.Ю., правообладатель: ООО «НЦ "Бонака"». 2021; 26.

² ГОСТ 34109-2017 Комбикорма полнорационные для свиней. Общие технические условия.

Таблица 2. Состав и питательная ценность основного рациона (ОР) для свиней по периодам выращивания и откорма
Table 2. Composition and nutritional value of the basic diet (OR) for pigs by growing and fattening periods

Состав	Возраст, дней	
	21–90	91–180
Ячмень, %	28,0	35,0
Кукуруза, %	8,7	6,9
Тритикале, %	6,5	6,96
Пшеница, %	28,7	28,4
Отруби, %	4,0	4,0
Жмых соевый, %	11,0	7,9
Шрот подсолнечный, %	3,19	3,2
Рыбная мука, %	3,7	2,0
Мясокостная мука, %	4,1	3,5
Премикс витаминно-минеральный, %	КС-1–1,0	КС-3, 4–1,0
Мел, %	0,6	0,6
Соль, %	0,4	0,4
Лизин кристаллический (98 %)	0,12	0,14
В 1 кг комбикорма:		
обменной энергии, МДж	12,9–13,8	12,7–13,4
сырого протеина, г	190,0–171,1	155,8–120,0
сырой клетчатки, г	40,0–43,0	45,5–57,5
сырого жира, г	5,0–7,4	4,7–5,5
кальция, г	9,5	8,2
фосфора, г	8,66	7,2
доступного* лизина, г	8,3	7,1
доступного метионина, г	4,9	4,3
доступного треонина, г	5,3	4,5

Контрольная (1-я) группа была на ОР с полнорационным комбикормом, 2-я и 3-я опытные группы животных получали комплекс «Бонака-АПК-N» (дополнительно к ОР) в соответствии со схемой опыта (табл. 1).

Снятие свиней контрольной и опытных групп с откорма и убой проведены в шестимесячном возрасте.

В процессе научно-исследовательской работы применяли стандартные методы полного зоотехнического анализа в лабораториях ИЦ «Аргус» Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии, вошедшие в межгосударственные и действующие национальные стандарты или нормативные методические указания, и стандартные лабораторные приборы и оборудование.

Для исследования крови использовали биохимический анализатор Vitalab Flexor (Vital Scientific, Нидерланды).

Длиннейшую мышцу спины свиней исследовали на содержание химических компонентов, физико-хими-

ческих, качественных показателей, на токсические контантинанты в соответствии с действующими стандартами и методическими указаниями^{3, 4}.

В длиннейшей мышце определяли pH по ГОСТ Р 51478-99⁵, массовую долю влаги — по ГОСТ 9793-2016⁶, массовую долю жира — по ГОСТ 23042-86⁷, п. 2, содержание азота с последующим пересчетом на белок (сырой протеин) — по ГОСТ 25011-17⁸, п. 2, массовую долю золы — по ГОСТ 26929-94⁹. При расчете полноценности белка мышечной ткани говядины (БКП — белкового качественного показателя) определяли количество заменимой аминокислоты (оксипролина) по методу Неймана и Логана и незаменимой (триптофана) — по методу Грейна и Смита (Антипова Л.В. и др., 2001). Свинец и кадмий — по ГОСТ 30692-2000¹⁰, мышьяк — по ГОСТ 26930-86¹¹, ртуть — по МУ № 5178-90¹², радионуклиды — по МУК 2.6.1.1194-03¹³, антибиотик левомицетин — по МУК 4.1.1912-04¹⁴,

³ Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос. 2001; 376.

⁴ Позняковский В.М. Экспертиза мяса и мясопродуктов. Качество и безопасность [Электронный ресурс]: учебно-справочное пособие / Позняковский В.М. Саратов: Вузовское образование. 2014; 527.

⁵ ГОСТ Р 51478-99 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH).

⁶ ГОСТ 9793-2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги.

⁷ ГОСТ 23042-86 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.

⁸ ГОСТ 25011-17 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.

⁹ ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.

¹⁰ ГОСТ 30692-2000 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно-абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия.

¹¹ ГОСТ 26930-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка.

¹² МУ № 5178-90 Методические указания по обнаружению и определению содержания общей ртути.

¹³ МУК 2.6.1.1194-03 Методические указания. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность, радиационный контроль.

Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка.

¹⁴ МУК 4.1.1912-04 Определение остаточных количеств левомицетина.

антибиотики тетрациклиновой группы и ба-
цитрацин — по ГОСТ 31903-2012¹⁵, содержание пести-
цидов — по ГОСТ 32308-2013¹⁶.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Молодняк 1-й контрольной группы свиней во все пе-
риоды выращивания и откорма потреблял корма более
охотно, чем в опытных группах (табл. 3).

В опытных группах установлены достоверно меньшие
затраты корма на 1 кг прироста живой массы ($p < 0,05$)
и увеличение живой массы по сравнению с контролем,
во 2-й опытной группе — на 20,4%, в 3-й — на 16,6%.

Среднесуточный прирост живой массы 2-й
(654,1 ± 0,2 г) и 3-й (646,0 ± 0,2 г) опытных групп был
достоверно выше контроля в 1-й группе (560,4 ± 0,2 г),
соответственно, на 16,7% и 15,3% (табл. 4).

О состоянии здоровья животных и воздействии
на организм различных факторов можно судить по по-
казателям крови. Результаты изучения свидетельствуют
о том, что кормовая добавка «Бонака-АПК-N» не оказа-
ла существенного влияния на количество гемоглобина
и эритроцитов (табл. 5).

Общее количество лейкоцитов у всех групп находи-
лось в пределах физиологической нормы. По данным
лейкограммы, у свиней 2-й и 3-й опытных групп с до-

Таблица 3. Потребление и затраты корма на 1 кг прироста живой массы свиней в контрольной и опытных группах, $n = 12$, $M \pm m$
Table 3. Consumption and cost of feed per 1 kg of live weight gain of pigs in the control and experimental groups, $n = 12$, $M \pm m$

Показатель	Группа		
	1-я (контроль)	2-я (опытная)	3-я (опытная)
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг			
21–60 дней	2,1 ± 0,1*	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,1
61–120 дней	3,3 ± 0,2*	2,9 ± 0,1	3,0 ± 0,2
121–180 дней	4,8 ± 0,2*	4,2 ± 0,2	4,3 ± 0,2
21–180 дней	3,8 ± 0,1*	3,3 ± 0,1	3,4 ± 0,2
Затраты корма, в % к контролю			
21–60 дней	100	85,7	85,7
61–120 дней	100	90,9	93,9
121–180 дней	100	87,5	89,6
21–180 дней	100	89,5	92,1

Примечание: * $p < 0,05$ — разница достоверна между 1-й (контроль) и 2-й и 3-й (опытными) группами.

Таблица 4. Динамика живой массы поросят, $n = 12$, $M \pm m$
Table 4. Dynamics of live weight of piglets, $n = 12$, $M \pm m$

Группа	Живая масса в 21-й день, кг	Живая масса в 90-й день, кг	Живая масса в 180-й день, кг	Среднесуточный прирост ж. м. за опыт	
				г	%
1-я (контроль)	6,1 ± 0,2	31,9 ± 0,2*	95,2 ± 4,3*	560,4 ± 0,2*	100
2-я (опытная)	5,9 ± 0,4	38,4 ± 0,2	109,9 ± 3,1	654,1 ± 0,2	116,7
3-я (опытная)	5,9 ± 0,5	37,9 ± 0,2	108,6 ± 2,2	646,0 ± 0,2	115,3

Примечание: * $p < 0,05$ — разница достоверна между 1-й (контроль) и 2-й и 3-й (опытными) группами.

Таблица 5. Показатели клинического анализа крови свиней, $n = 12$, $M \pm m$
Table 5. Indicators of clinical blood analysis of pigs, $n = 12$, $M \pm m$

Показатель	Начало опыта			Завершение опыта		
	Группа					
	1-я (контроль)	2-я (опытная)	3-я (опытная)	1-я (контроль)	2-я (опытная)	3-я (опытная)
Эритроциты, 10 ¹² /л	4,9 ± 0,8	5,5 ± 0,1	5,5 ± 0,4	5,4 ± 0,1	5,6 ± 0,2	5,6 ± 0,3
Гемоглобин, г/л	91,4 ± 2,1	92,4 ± 3,2	91,6 ± 4,2	92,0 ± 4,1	95,6 ± 3,2	93,0 ± 2,2
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	16,8 ± 0,5	17,1 ± 0,3	17,0 ± 0,4	10,2 ± 0,6	10,3 ± 0,4	11,1 ± 0,6
в том числе:						
лимфоциты, %	46,4 ± 0,2	48,3 ± 0,7	48,2 ± 0,6	46,3 ± 0,1	49,9 ± 0,4*	49,6 ± 0,2*
нейтрофилы, %	45,9 ± 0,1	43,5 ± 0,5	45,2 ± 0,7	48,9 ± 0,6	43,5 ± 0,4	45,8 ± 0,6
моноциты, %	7,1 ± 0,8	8,1 ± 0,3	6,7 ± 0,9	4,8 ± 0,8	6,6 ± 0,6	5,1 ± 0,4

Примечание: * $p < 0,05$ — разница достоверна между 1-й (контроль) и 2-й и 3-й (опытными) группами.

¹⁵ ГОСТ 31903-2012 Продукты пищевые. Экспресс-метод определения антибиотиков.

¹⁶ ГОСТ 32308-2013 Мясо и мясные продукты. Определение содержания хлорорганических пестицидов методом газожидкостной хроматографии.

Таблица 6. Физико-химические характеристики и безопасность охлажденной свинины, $n = 12$
Table 6. Physico-chemical characteristics and safety of chilled pork, $n = 12$

Наименование показателя	МДУ**	Фактически, группа		
		1-я (контроль)	2-я (опытная)	3-я (опытная)
Физико-химический показатель				
pH	–	5,8	5,9	6,0
Массовая доля влаги, %	–	73,3	71,5	71,7
Массовая доля белка, %	≥ 17,0	17,8	18,3	18,1
Массовая доля жира, %	≤ 10,0	8,0	9,1	9,2
Массовая доля золы, %	–	0,9	1,1	1,0
БКП (отношение триптофана к оксипролину)	–	5,5	6,8	6,4
Токсичные элементы				
Свинец, мг/кг	≤ 0,1	≤ 0,050 ± 0,02	≤ 0,048 ± 0,02	≤ 0,046 ± 0,02
Мышьяк, мг/кг	≤ 0,1	0,003	0,0025*	0,0025*
Кадмий, мг/кг	≤ 0,05	0,007	0,008	0,007
Ртуть, мг/кг	≤ 0,02	0,006	0,005*	0,005*
Пестициды				
Гексахлорциклогексан (ГХЦГ) (α-, β-, γ-изомеры), мг/кг	≤ 0,02	0,007	0,006	≤ 0,006
ДДТ и его метаболиты, мг/кг	≤ 0,01	≤ 0,005*	≤ 0,005*	≤ 0,005*
Другие (альдрин, дильдрин, гексахлорбензол, гептахлор, эндрин, 2,4-Д, тирам), мг/кг	≤ 0,01	не обнаружены		
Радионуклиды, Бк/кг				
Цезий-137	200	2,4 ± 0,02	2,3 ± 0,02	2,2 ± 0,02
Антибиотики				
Левомецетин, мг/кг	≤ 0,01	0,0003*	0,0003*	0,0003*
Тетрациклиновая группа, ед/г	≤ 0,01	не обнаружены		
Бацитрацин, ед/г	≤ 0,02	0,0003*	0,0003*	0,0003*

Примечание: pH — активность ионов водорода, или отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода,
* нижний предел обнаружения, ** ТР ТС 034/2013¹⁸.

бавлением в рацион «Бонака-АПК-N» по завершении опыта в 180 дней лимфоцитов в составе лейкоцитов было больше в процентном отношении на 7,8% и 7,1% по сравнению с 1-й группой (контроль). Это свидетельствует о лучшей устойчивости организма животных в опытных группах к неблагоприятным факторам среды.

Длиннейшая мышца спины животных 2-й и 3-й опытных групп отличалась более высоким содержанием белка, соответственно, 18,3% и 18,1% по сравнению с контролем (17,8%) и лучшим белково-качественным показателем (БКП), соответственно, 6,8 и 6,4 против 5,5 в контрольной группе. Свинина опытных групп соответствовала требованиям ТР ТС 021/2011¹⁷ по физико-химическим показателям и безопасности (табл. 6).

Выводы / Conclusion

Исследования влияния кормовой добавки «Бонака-АПК-N» в составе рациона для молодняка свиней трехпо-

родного скрещивания (ландрас х пьетрен х дюрок) доказали ее эффективность.

Введение «Бонака-АПК-N» в рацион поросят от отъема до трехмесячного возраста в дозе 0,5 мг/кг и 1,0 мг/кг ж. м. (в 21–90 дней) и от трех до шести месяцев в дозе 1,0 мг/кг и 1,5 мг/кг ж. м. (в 90–180 дней) привело к увеличению прироста живой массы по сравнению с контролем, соответственно, на 16,7% и 15,3% и улучшению физико-химических показателей свинины в обеих опытных группах.

Длиннейшая мышца спины животных опытных групп отличалась более высокими показателями содержания белка, соответственно, на 2,8% и 1,7% и белковым качественным показателем (БКП), соответственно, на 23,6% и 16,4%.

Предложение производству

Рекомендуемая доза кормовой добавки поросятам от отъема до 90 дней — 0,5 мл на 1 кг живой массы, свиньям от 90 до 180 дней — 1,0 мл / 1 кг живой 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.

¹⁷ ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».

¹⁸ ТР ТС 034/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горлов И.Ф., Мосолов А.А., Бараников В.А. Влияние новых кормовых препаратов на мясную продуктивность свиней скороспелого мясного типа (СМ1). *Аграрно-пищевые инновации*. 2018; (1): 54–58. <https://www.elibrary.ru/upoupu>
2. Забашта Н.Н., Головкин Е.Н. Симбиотик для продуктивных свиней, выращиваемых на органическое мясное сырье. *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Краснодар: КубГАУ. 2018; 215–223. <https://www.elibrary.ru/uohmjh>
3. Самсонова О.Е., Бабушкин О.Е. Воспроизводительные, откормочные и мясные качества свиней в зависимости от условий кормления и генотипа животных в условиях Центрально-Черноземной зоны. Монография. Тамбов: Юком. 2019; 116. ISBN 978-5-4480-0233-5 <https://www.elibrary.ru/vugezj>
4. Markowiak P., Ślizewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*. 2018; 10: 21. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
5. Ozheredova N.A., Svetlakova E.V., Verevkin M.N., Simonov A.N., Vasiliev N.V. The influence of a complex of probiotic cultures on intensity of development the animals. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016; 7(2): 716–720. <https://www.elibrary.ru/rfxcee>
6. Забашта Н.Н., Москаленко Е.А., Головкин Е.Н. Жидкие пробиотики для откорма продуктивных свиней при производстве органического мясного сырья. *Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам III научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета*. Краснодар: КубГАУ. 2017; 338–343. <https://www.elibrary.ru/yjpqmx>
7. Гуревич К.Г., Никитюк Д.Б., Никонов Е.Л., Заборова В.А., Веселова Л.В., Золникова О.Ю. Роль пробиотиков и микробиоты в пищеварении, метаболизме нутриентов, гормонов и поддержании гормонального фона. *Профилактическая медицина*. 2018; 21(3): 45–50. <https://doi.org/10.17116/profmed201821345>
8. Dankowiakowska A., Kozłowska I., Bednarczyk M. Probiotics, prebiotics and synbiotics in poultry – mode of action, limitation, and achievements. *Journal of Central European Agriculture*. 2013; 14(1): 467–478. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.1.1222>
9. Шендеров Б.А., Ткаченко Е.И., Захарченко М.М., Синица А.В. Метабиотики: перспективы, вызовы и возможности. *Медицинский алфавит*. 2019; 2(13): 43–48. [https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-13\(388\)](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-13(388))
10. Florowska A., Krygier K., Florowski T., Dłużewska E. Probiotics as functional food ingredients preventing diet-related diseases. *Food & Function*. 2016; 7(5): 2147–2155. <https://doi.org/10.1039/c5fo01459j>
11. Петенко А.И., Волобуева Е.С. Получение и применение функциональной биодобавки для перепелов на основе микробной конверсии растительного сырья. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2021; (8): 9–24. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2108-02>
12. Липова Е.В., Яковлев А.Б. Корректоры микробиоценоза кишечника и пути повышения их эффективности. *Терапевтический архив*. 2015; 87(11): 139–143. <https://doi.org/10.17116/terarkh20158711139-144>

ОБ АВТОРАХ

Елена Юрьевна Левина (Облогина),
генеральный директор,
ООО «Бонака»,
ул. Кузнецкая, д. 66, Краснодар, 350007, Россия
elena.levina@bonaka.ru

Николай Николаевич Забашта,
• доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии, хранения и переработки животноводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
ул. Калинина, д. 13, Краснодар, 350007, Россия;
• ведущий научный сотрудник, заведующий отделом токсикологии и качества кормов, руководитель, Испытательный центр «Аргус», Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, ул. Первомайская, д. 4, Краснодар, 350055, Россия;
• директор, Краснодарский научно-исследовательский ветеринарный институт — обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», ул. 1-я Линия, д. 1, Краснодар, 350004, Россия
n.zabashta@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1319-716X>

REFERENCES

1. Gorlov I.F., Mosolov A.A., Baranikov V.A. The influence of new feeding drugs on the meat productivity of pigs precocious meat type. *Agrarian-and-food innovations*. 2018; (1): 54–58 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/upoupu>
2. Zabashta N.N., Golovko E.N. Symbiotic for productive pigs raised on organic meat raw materials. *Modern aspects of production and processing of agricultural products. Collection of articles based on the proceedings of the IV scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2018; 215–223 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uohmjh>
3. Samsonova O.E., Babushkin O.E. Reproductive, fattening and meat qualities of pigs depending on feeding conditions and animal genotype in the conditions of the Central Chernozem zone. Monograph. Tambov: Yukom. 2019; 116 (In Russian). ISBN 978-5-4480-0233-5 <https://www.elibrary.ru/vugezj>
4. Markowiak P., Ślizewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathogens*. 2018; 10: 21. <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
5. Ozheredova N.A., Svetlakova E.V., Verevkin M.N., Simonov A.N., Vasiliev N.V. The influence of a complex of probiotic cultures on intensity of development the animals. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016; 7(2): 716–720. <https://www.elibrary.ru/rfxcee>
6. Zabashta N.N., Moskalenko E.A., Golovko E.N. Liquid probiotics for fattening productive pigs in the production of organic meat raw materials. *Modern aspects of production and processing of agricultural products. Collection of articles based on the proceedings of the III scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2017; 338–343 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yjpqmx>
7. Gurevich K.G., Nikityuk D.B., Nikonov E.L., Zaborova V.A., Veselova L.V., Zolnikova O.Yu. The role of probiotics and microbiota in digestion, nutrient and hormone metabolism, and hormonal background maintenance. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2018; 21(3): 45–50 (In Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed201821345>
8. Dankowiakowska A., Kozłowska I., Bednarczyk M. Probiotics, prebiotics and synbiotics in poultry – mode of action, limitation, and achievements. *Journal of Central European Agriculture*. 2013; 14(1): 467–478. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.1.1222>
9. Shenderov B.A., Tkachenko E.I., Zakharchenko M.M., Sinita A.V. Metabiotics: prospects, challenges and opportunities. *Medical alphabet*. 2019; 2(13): 43–48 (In Russian). [https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-13\(388\)-43-48](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-2-13(388)-43-48)
10. Florowska A., Krygier K., Florowski T., Dłużewska E. Probiotics as functional food ingredients preventing diet-related diseases. *Food & Function*. 2016; 7(5): 2147–2155. <https://doi.org/10.1039/c5fo01459j>
11. Petenko A.I., Volobueva E.S. Preparation and application of a functional biological additive for quails based on microbial conversion of plant raw materials. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2021; (8): 9–24 (In Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2108-02>
12. Lipova E.V., Yakovlev A.B., Aivazian A.A. Enteric microbiocenotic modifiers and ways of enhancing their efficacy. *Therapeutic archive*. 2015; 87(11): 139–143 (In Russian). <https://doi.org/10.17116/terarkh20158711139-144>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Yuryevna Levina (Oblogina):
General Director,
«Bonaka» LLC,
66 Kuznechnaya Str., Krasnodar, 350007, Russia
elena.levina@bonaka.ru

Nikolay Nikolaevich Zabashta,
• Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technology, Storage and Processing of Livestock Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinin Str., Krasnodar, 350007, Russia;
• Leading Researcher, Head of the Department of Toxicology and Feed Quality, Head, «Argus» Testing Center, Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya Str., Krasnodar, 350055, Russia;
• Director, Krasnodar Scientific Research Veterinary Institute is a separate structural subdivision of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine, 1 1st Line Str., Krasnodar, 350004, Russia
n.zabashta@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1319-716X>

Елена Николаевна Головки,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
отдела токсикологии и качества кормов,
Краснодарский научный центр по зоотехнии
и ветеринарии,
ул. Первомайская, д. 4, Краснодар, 350055, Россия
martinija@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6764-4682>

Екатерина Петровна Лисовицкая,

• кандидат технических наук, старший научный сотрудник
отдела эпизоотологии, микологии и ветеринарно-санитарной
экспертизы,
Краснодарский научно-исследовательский ветеринарный
институт — обособленное структурное подразделение ФГБНУ
«Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»,
ул. 1-я Линия, д. 1, 350004, Краснодар, Россия;
• доцент кафедры технологии, хранения и переработки
животноводческой продукции,
Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина,
ул. Калинина, д. 13, Краснодар, 350007, Россия
lisovickaya.ekaterina@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1933-6458>

Ирина Алексеевна Синельщикова,

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник отдела токсикологии
и качества кормов,
Испытательный центр «Аргус»,
Краснодарский научный центр по зоотехнии
и ветеринарии,
ул. Первомайская, д. 4, пос. Знаменский, Краснодар,
350055, Россия
ic.argus@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2786-9625>

Elena Nikolaevna Golovko,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher
of the Department of Toxicology and Feed Quality,
Krasnodar Scientific Center for Animal Science
and Veterinary Medicine,
4 Pervomayskaya Str., Krasnodar, 350055, Russia
martinija@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6764-4682>

Ekaterina Petrovna Lisovitskaya,

• Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
of the Department of Epizootology, Mycology and Veterinary
and Sanitary Examination,
Krasnodar Scientific Research Veterinary Institute is a separate
structural subdivision of the Krasnodar Scientific Center
for Animal Science and Veterinary Medicine,
1 1st Line Str., 350004, Krasnodar, Russia;
• Associate Professor of the Department of Technology, Storage
and Processing of Livestock Products,
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
13 Kalinina Str., Krasnodar, 350007, Russia
lisovickaya.ekaterina@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1933-6458>

Irina Aleksandrovna Sinelshchikova,

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher of the Department of Toxicology
and Feed Quality,
«Argus» Test Center,
Krasnodar Scientific Center for Animal Science
and Veterinary Medicine,
4 Pervomayskaya Str., village Znamensky, Krasnodar,
350055, Russia
ic.argus@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2786-9625>

УДК 636.038

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-65-71

Е.А. Лакота ✉,
О.А. Воронцова

Федеральный аграрный научный центр
Юго-Востока, Саратов, Россия

✉ lena.lakota@yandex.ru

Поступила в редакцию:
20.04.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-65-71

Elena A. Lakota ✉,
Olga A. Vorontsova

Federal Agrarian Scientific Center
of the South-East, Saratov, Russian

✉ lena.lakota@yandex.ru

Received by the editorial office:
20.04.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Экстерьерно-продуктивные показатели овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев при внутрипородном отборе

РЕЗЮМЕ

Представлены исследования внутрипородного отбора овец ставропольской породы зоны Поволжья с целью повышения продуктивных качеств. Эксперимент проводился в ЗАО «Новая жизнь» Новоузенского района Саратовской области. Материал исследований — чистопородные овцы ставропольской породы. Изучаемое потомство формировалось: I группа — от маток крепкого типа, II — от маток нежного типа, III — от маток рыхлого типа. Оценка подопытного молодняка проводилась в возрасте 13–14 месяцев. При оценке живой массы преимущество молодняка «рыхлый х крепкий» тип над «нежный х крепкий» составило 11,93%, над животными «крепкий х крепкий» — 3,58%, I группа превосходила II на 8,06%. По настригу шерсти овцы I группы превосходили молодняк II и III на 9,61% и 5,04%, животные III группы преобладали над II на 4,34%. По экстерьеру потомки сочетания «рыхлый х крепкий» тип превосходили «крепкий х крепкий», «нежный х крепкий» по ширине груди на 12,9% и 23,16%, по обхвату груди на 11,45% и 17,54%, молодняк «крепкий х крепкий» преобладал над «нежный х крепкий» по ширине груди на 9%, по обхвату груди на 5,45%. По индексу сбитости овцы сочетаемости «рыхлый х крепкий» превосходили «крепкий х крепкий», «нежный х крепкий» на 11,38% и 11,88%. Большим грудным индексом отличались животные сочетания «рыхлый х крепкий» в сравнении с аналогами «крепкий х крепкий», «нежный х крепкий» — на 3,47% и 3,95%. При использовании внутрипородного отбора овец ставропольской породы молодняк сочетаний родительских пар разных конституционально-продуктивных типов хорошо унаследовал экстерьерные и продуктивные особенности родительских особей, что является важным фактором при ведении селекционной работы.

Ключевые слова: порода, отбор, продуктивность, экстерьер, овца, показатель, возраст

Для цитирования: Лакота Е.А., Воронцова О.А. Экстерьерно-продуктивные показатели овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев при внутрипородном отборе. *Аграрная наука*. 2023; 373(3): 65–71. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-65-71>

© Лакота Е.А., Воронцова О.А.

Exterior-productive indicators of Stavropol breed sheep aged 13–14 months with inbreeding selection

ABSTRACT

The article presents researches of intra-breed selection of sheep of the Stavropol breed of the Volga region in order to improve productive qualities.

The experiment was carried out in CJSC "New Life" of the Novouzensky district of the Saratov region. The research material is purebred sheep of the Stavropol breed. The studied offspring were formed: group I — from queens of the strong type, II — from queens of the tender type, III — from queens of the loose type. The evaluation of the experimental young was carried out at the age of 13–14 months. When assessing the live weight, the advantage of young animals «loose x strong» type over «tender x strong» was 11.93%, over animals «strong x strong» — 3.58%. Group I outperformed group II by 8.06%. In terms of wool shearing, sheep of group I outperformed young animals of II and III by 9.61% and 5.04%, animals of group III prevailed over II by 4.34%. According to the exterior, the descendants of the combination «loose x strong» type surpassed «strong x strong», «gentle x strong» in chest width by 12.9% and 23.16%, in chest circumference by 11.45% and 17.54%, the young «strong x strong» prevailed over «gentle x strong» in chest width by 9%, chest circumference by 5.45%. According to the downed sheep compatibility index, «loose x strong» outperformed «strong x strong», «tender x strong» by 11.38% and 11.88%. The large breast index was distinguished by the animal combinations «loose x strong» in comparison with the analogues «strong x strong», «gentle x strong» by 3.47% and 3.95%. When using intrabreed selection of sheep of the Stavropol breed, the young of combinations of parent pairs of different constitutionally productive types have well inherited the exterior and productive features of the parent individuals, which is an important factor in conducting breeding work.

Key words: breed, selection, productivity, exterior, sheep, indicator, age

For citation: Lakota E.A., Vorontsova O.A. Exterior-productive indicators of Stavropol breed sheep aged 13–14 months with inbreeding selection. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 65–71 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-65-71>

© Lakota E.A., Vorontsova O.A.

Введение/Introduction

Улучшение пород овец, совершенствование их продуктивности предполагают отбор наиболее соответствующих для определенных условий и целей животных с применением эффективной системы спаривания¹. Обязательным условием отбора (вне зависимости от фенотипических и генотипических факторов) должен быть высокий уровень содержания и кормления животных, поскольку различные продуктивные признаки изменяются (в большей или меньшей степени) под воздействием внешней среды [14].

Установлено, что отбор и подбор с учетом внутривидового типа при чистопородном разведении овец способствуют повышению и улучшению биологической полнотности животных [5].

В условиях современной расстановки приоритета ценной политики на шерсть и мясо возросла необходимость более глубокого анализа биологических особенностей тонкорунных пород овец, что позволит в максимальной степени использовать их биологические возможности для увеличения производства овцеводческой продукции².

При разведении животных «в чистоте» в первую очередь требуется оценка хозяйственно-биологических особенностей основных структурных единиц породы, ведущими из которых являются наличие внутривидовых типов и выявление наиболее желательных из них, а также разработка научно обоснованных принципов и методов преобразования нежелательных [6].

Поэтому в целях создания более интенсивного генотипа овец ставропольской породы поволжской популяции, отличающегося высокими продуктивными параметрами, соответствующего современным и прогнозируемым потребностям рынка, актуальным является корректирование направления селекции. Для этого следует разрабатывать перспективные селекционные методы и подходы улучшения овец при использовании внутривидового отбора и подбора [7, 8].

Наличие внутри какой-либо породной группы овец различных, отличающихся друг от друга типов конституции, обладающих рядом ценных свойств, способствует обогащению породы, сохраняя при этом все важные ее биологические свойства [9, 10].

В сухостепной зоне Поволжья ставропольская меринская порода овец является перспективной по своим продуктивным качествам. Возможность вести селекционную работу с целью сохранения уникальных биологических свойств овец этой породы будет достигнута только при наличии нескольких отличных друг от друга конституционально-продуктивных типов, каждый из которых обладает рядом уникальных особенностей [11].

Цель исследований — выявить экстерьерно-продуктивные особенности овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев при внутривидовом отборе в зоне Поволжья.

Научным подходом исследований является то, что в результате использования такого селекционного метода, как внутривидовый отбор родительских пар

по принадлежности к разным конституционально-продуктивным типам, было получено потомство с определенными продуктивными особенностями для ведения дальнейшей селекции таких животных в местных условиях. По мнению И.Г. Козлова [12], для формирования массива тонкорунных овец (желательного конституционально-продуктивного типа) необходимы однородный подбор родительских пар и последующее разведение «в себе».

Научная новизна. Впервые с использованием внутривидового отбора, как селекционного метода, создается новый перспективный генотип овец ставропольской породы в зоне Поволжья.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Научно-исследовательская работа проводилась в ЗАО «Новая жизнь» Новоузенского района Саратовской области Российской Федерации с 2020 по 2022 г. Работа велась на основании общепринятых методов^{3, 4}.

В качестве исходного материала для получения подопытного потомства служили чистопородные матки и бараны ставропольской породы⁵. Формирование подопытных групп овцематок проводилось следующим образом: при отборе их по принадлежности к разным конституционально-продуктивным типам применялась глазомерная оценка внешних форм, степени выраженности шерстных и мясных параметров продуктивности, которые в процессе опыта уточнялись по промерам статей тела, см (измерение перед стрижкой), живой массе, кг (взвешивание овец во время бонитировки), настрига шерсти, кг (взвешивание рунной шерсти при стрижке).

Были сформированы три подопытные группы (по 20 голов в каждой). В первой находились материнские особи преимущественно с уклоном к крепкому типу конституции (живой массой 50–55 кг, настригом немытой шерсти 4,55 кг), во второй — к нежному (45–50 кг; 55,2 кг), третьей — к рыхлому (55–57 кг, 44,5 кг). Матки содержались в одной отаре с одинаковыми условиями кормления. Для спаривания использовались бараны (по три головы в каждой группе), обладающие в основном крепким типом конституции, живой массой 80–95 кг и настригом шерсти 8,39 кг.

Научные исследования велись по схеме (табл. 1).

Таблица 1. Потомство, полученное в результате внутривидового отбора родительских пар по принадлежности к разным конституционально-продуктивным типам ($n = 20$)

Table 1. Offspring obtained as a result of inbreeding selection of parent pairs by belonging to different constitutionally productive types ($n = 20$)

Группа/яручки СТ*	Сочетания по типу конституции
I	крепкий х крепкий (контроль)
II	нежный х крепкий (опыт)
III	рыхлый х крепкий (опыт)

* СТ — ставропольская порода овец.

¹ Яблунковский М.Ю., Усеев Н.А., Надбитов Н.К., Зулаев М.С. Целенаправленная селекция — основа повышения продуктивности овец // Вестник ИКИАТ. 2012; 2(25). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselenapravlennoy-selektsiya-osnova-povysheniya-produktivnosti-ovets> (дата обращения: 31.07.2023).

² Завгородняя Г.В., Дмитрик И.И., Сердюков И.Г. Факторы ценообразования шерсти тонкорунных пород овец при ее продаже // Сельскохозяйственный журнал. 2019; 2(12). — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-tsenoobrazovaniya-shersti-tonkorunnyhporod-ovets-pri-ee-prodazhe> (дата обращения: 31.07.2023).

³ Методические рекомендации по созданию заводских типов, линий и семейств овец тонкорунных и полутонкорунных пород. ВАСХНИЛ. Москва. 1984; 30.

⁴ Рекомендации по созданию селекционных групп овец в племенных хозяйствах тонкорунных и полутонкорунных мясо-шерстных пород. ВАСХНИЛ, ВНИИОК. Ставрополь. 1991; 20.

⁵ <http://agrolib.ru/rasteniyevodstvo/item/f00/s01/e0001954/index.shtml> Ставропольская порода тонкорунных овец шерстного направления.

За полученным потомством (ярочки) на протяжении эксперимента велось наблюдение. Оценка молодняка проводилась в возрасте 13–14 месяцев.

Для проведения научно-исследовательской работы выделили по 20 голов ярочек в каждой подопытной группе. Приплоду опытной группы, кроме индивидуальных номеров, выставляемых на правом ухе, ставилась специальная метка — выщип на левом ухе.

У молодняка овец были определены следующие показатели продуктивности:

- живая масса, кг (взвешивание животных при бонитировке);
- настриг шерсти, кг (взвешивание руна при стрижке);
- выход чистой шерсти, % (соотношение массы чистой (мытой) шерсти, выраженное в процентах, к первоначальной массе грязной (немытой), устанавливаемое методом лабораторных анализов путем промывки всей партии исследуемой шерсти), коэффициент шерстности, г (соотношение настрига чистой (мытой) шерсти на 1 кг живой массы животного);
- промеры тела, см (высота в холке, высота в крестце, косая длина туловища, ширина груди, обхват груди и обхват пясти) (измерение статей тела у животных во время бонитировки); на основании взятых промеров вычислялись индексы телосложения, % (показатели, выражающие отношение анатомически связанных между собой промеров тела, в процентах для характеристики особенностей телосложения)⁶.

При использовании внутрипородной селекции выявлялись экстерьерно-продуктивные показатели овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев; определялись желательные показатели продуктивности улучшенных животных.

Сравнительную экономическую эффективность разведения овец ставропольской породы при внутрипородном отборе в результате выявления экстерьерно-продуктивных особенностей в возрасте 13–14 месяцев оценивали общепринятыми методами^{7–10}.

В основу сравнительной экономической оценки овец при внутрипородном отборе родительских пар было положено определение стоимости полученной продукции по результатам сложившихся цен в ЗАО «Новая жизнь», действующих на период проведения научно-хозяйственного опыта (2020–2022 гг.) согласно закупочным ценам: за 1 кг живой массы — 130 руб., стоимость шерстной продукции определялась из расчета 250 руб. за 1 кг в физическом волокне.

Принципы обращения с животными соответствовали статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ¹¹.

Основные научные данные исследований обрабатывались биометрически^{12–14}. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием компьютерной программы Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В ходе проведения исследований согласно вышеуказанной схеме опыта были отобраны наилучшие (оптимальные) варианты внутрипородного отбора, иными словами, сочетаемости родительских пар овец ставропольской породы среди допустимых при наличии правила предпочтения одного другому. Такое правило можно назвать критерием оптимальности, а мерой предпочтения будут служить показатели качества.

При сочетании оптимальных вариантов внутрипородного отбора родительских пар овец ставропольской породы были определены оптимальные параметры продуктивности чистопородного потомства в возрасте 13–14 месяцев (табл. 2).

При оценке живой массы ярок (табл. 2) преимущество молодняка «рыхлый х крепкий» тип III группа) над сверстницами «нежный х крепкий» (II группа) составило 11,93%, или $45,12 \pm 0,28$ против $40,31 \pm 0,26$, а над животными «крепкий х крепкий» (I группа) — 3,58%, или $45,12 \pm 0,28$ против $43,56 \pm 0,26$ ($p \geq 0,999$); ярки I группы превосходили II на 8,06%, или $43,56 \pm 0,26$ против $40,31 \pm 0,26$ ($p \geq 0,999$), статистически рассчитанная

Таблица 2. Продуктивность молодняка в возрасте 13–14 месяцев при внутрипородном отборе родительских пар ($M \pm m$)
Table 2. Productivity of young animals at the age of 13–14 months with inbreeding selection of parental pairs ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	I (контроль) крепкий х крепкий	II (опыт) — нежный х крепкий	III (опыт) — рыхлый х крепкий
Живая масса, кг	$43,56 \pm 0,26$	$40,31 \pm 0,26^{***}$	$45,12 \pm 0,28^{***}$
Настриг немытой шерсти, кг	$4,79 \pm 0,06$	$4,37 \pm 0,05^{***}$	$4,56 \pm 0,04^{***}$
Настриг чистой шерсти, кг	$2,45 \pm 0,04$	$2,21 \pm 0,03^{***}$	$2,35 \pm 0,02^{***}$
Выход чистой шерсти, %	$51,1 \pm 0,36$	$50,5 \pm 0,29$	$51,5 \pm 0,32$
Коэффициент шерстности, г	$56,2 \pm 0,22$	$54,8 \pm 0,16^{***}$	$52,1 \pm 0,19^{***}$

Примечание: данные достоверны при $^{***} p \geq 0,999$.

⁶ Борисенко Е.Я. Практикум по разведению сельскохозяйственных животных. Колос. 1972; 232.

⁷ Нуреев Р. М. Курс микроэкономики: учебник / Р. М. Нуреев. 3-е изд., испр. и доп. М.: Норма, ИНФРА-М. 2017; 624. ISBN 978-5-91768-450-5

⁸ Экономика сельского хозяйства: учебное пособие / И.А. Минаков, Н.П. Касторнов, Р.А. Смыков [и др.]; ред. И.А. Минаков. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос. 2005: 400. ISBN 5-9532-0286-5

⁹ Экономика сельского хозяйства: учебник / Н.Я. Коваленко, В.С. Сорокин, С.А. Орехов [и др.]; под ред. Н.Я. Коваленко. М.: Колос. 2008; 400. ISBN 978-5-9532-0693-8

¹⁰ Экономика сельского хозяйства: учебное пособие / Н.А. Попов, Е.Н. Попова, Л.Е. Веселовская [и др.]; под ред. Н.А. Попова. М.: Магистр, Инфра-М. 2010; 398. ISBN 978-5-9776-0141-2

¹¹ 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».

¹² Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во Московского университета. 1970; 367.

¹³ Катмаков П.С. Биометрия. Учебное пособие для вузов / П.С. Катмаков, В.П. Гавриленко, А.В. Бушов; под общ. ред. П.С. Катмакова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт. 2023.

¹⁴ Лакин Г.Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1990; 352: илл. ISBN 5-06-000471-6

арифметическая величина согласно выборке животных для сравнения величины изменчивости в группах, чтобы выявить, какая из них является более однородной и наоборот.

Следовательно, потомство от сочетаний «крепкий х крепкий» и «рыхлый х крепкий» было крупнее и обладало большей энергией роста в сравнении с молодняком «нежный х крепкий». Выявленное преимущество молодняка этих двух групп обуславливалось проявлением эффекта гетерозиса, которому способствовала сочетаемость оптимальных вариантов внутрипородного отбора родительских пар овец ставропольской породы. Эти научные выводы подтверждаются Х.Ф. Кушнер, Д.А. Андриенко, П.Н. Шкилевым [13, 14].

Необходимо отметить, что потомство, полученное при сочетании оптимальных вариантов внутрипородного отбора родительских пар овец ставропольской породы, находилось под наблюдением от рождения, затем в период отъема (4,5 месяца). В течение опытного периода была жесткая выборка животных, так называемая выранжировка. Все подопытные потомки, безусловно, не могли быть абсолютно одинаковыми, но частично удалось достигнуть некоторой однородности по продуктивным параметрам. Такое проявление однородности изучаемых животных закономерно сохранилось и в годичном возрасте (13–14 месяцев), как

показывают табличные данные, а также доказываются В.Д. Мильчевским [15].

По однородности стада необходимо также констатировать: в ЗАО «Новая жизнь» селекционно-племенная работа с овцами ведется уже длительный период времени, и разводимые здесь животные в достаточной степени отселекционированы. Это подтверждается высокой степенью достоверности разницы таких основных показателей продуктивности, как живая масса, настриг шерстного волокна, выявленных у подопытных животных.

Оценка шерстной продуктивности показала (табл. 2), что по настригу физической шерсти ярки I группы в возрасте 13–14 месяцев превосходили молодняк II и III группы на 9,61% и 5,04% соответственно ($p \geq 0,999$), овцы III группы преобладали над II на 4,34%. Это преимущество обуславливалось оптимальным соотношением основных параметров физико-технологических свойств шерсти, которые формируют шерстную продуктивность (живая масса, выход шерстных волокон). По настригу чистой шерсти преимущество также было у животных I группы, которое над II и III составило, соответственно, 1,08% и 4,25% ($p \geq 0,999$). В то же время молодняк I группы лидировал по коэффициенту шерстности над животными двух других подопытных подразделений на 1,4 г и 4,1 г ($p \geq 0,999$), а у сверстниц III группы был более высокий выход чистой шерсти на 0,41%.

Потомство от всех вариантов отбора родительских пар обладало хорошей уравненностью шерсти по руну, но лучшим и перспективным по качественным показателям шерстного руна можно считать молодняк I группы — «крепкий х крепкий» тип телосложения.

Учитывая такой оптимальный отбор и подбор, дальнейшую продуктивную направленность, можно предположить, что это соотношение распределения изучаемых овец может наследственно сохраниться и в последующих поколениях (фото 1).

Оценка продуктивности недостаточно полно характеризует развитие молодняка в результате внутрипородного отбора родительских пар. Дополнением на протяжении всего научно-производственного опыта служило изучение линейных промеров у подопытного потомства.

Рис. 2. Ярки ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев в период проведения бонитировки. Фото автора

Fig. 2. Bright Stavropol breed aged 13–14 months during the bonitation period. Photo of the author



Таблица 3. Промеры телосложения молодняка при внутрипородном отборе родительских пар, см ($n = 10$), ($M \pm m$)
Table 3. Measurements of the physique of young animals during inbreeding selection of parental pairs, cm ($n=10$), ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	I (контроль) — крепкий х крепкий	II (опыт) — нежный х крепкий	III (опыт) — рыхлый х крепкий
Высота в холке	64,14 ± 0,54	62,10 ± 0,56**	66,25 ± 0,58**
Высота в крестце	65,00 ± 0,52	64,27 ± 0,54	66,05 ± 0,59
Ширина груди за лопатками	23,01 ± 0,36	21,11 ± 0,33***	26,00 ± 0,31***
Глубина груди	33,78 ± 0,12	31,21 ± 0,13***	36,32 ± 0,18***
Косая длина туловища	68,85 ± 0,61	65,54 ± 0,57**	70,65 ± 0,55**
Обхват груди	90,84 ± 0,14	86,14 ± 0,16***	101,25 ± 0,19***
Обхват пясти	9,72 ± 0,16	10,03 ± 0,22	9,83 ± 0,20

*** $p \geq 0,999$, ** $p \geq 0,99$.

Результаты исследований выявили (табл. 3), что молодняк «рыхлый х крепкий» и «крепкий х крепкий» лучше развивался в сравнении с потомками «нежный х крепкий». Ярочки сочетания «рыхлый х крепкий» превосходили сверстниц «крепкий х крепкий», «нежный х крепкий» по ширине груди на 12,9% и 23,16% ($p \geq 0,999$), по обхвату груди на 11,45% и 17,54% ($p \geq 0,999$), при этом молодняк «крепкий х крепкий» преобладал над «нежный х крепкий» по ширине груди на 9%, по обхвату груди на 5,45% соответственно ($p \geq 0,999$). Вместе с тем ярки отбора «крепкий х крепкий» и «рыхлый х крепкий» по сравнению с «нежный х крепкий» отличались также наибольшей высотой в холке и крестце. У овец I группы над II разница по этим показателям составила 3,28% и 1,13%, молодняк III группы преобладал над II на 6,68% и 2,76% соответственно ($p \geq 0,999$). По косой длине туловища ярки сочетания «рыхлый х крепкий» имели превосходство над аналогами «крепкий х крепкий» и «нежный х крепкий», соответственно, на 2,61% и 7,79% ($p \geq 0,99$).

Для полной характеристики экстерьерного роста и развития молодняка вычислялись индексы телосложения (табл. 4).

По индексу сбитости ярочки сочетаемости «рыхлый х крепкий» превосходили сверстниц «крепкий х крепкий» и «нежный х крепкий» на 11,38% и 11,88% ($p \geq 0,999$). Большим грудным индексом отличались овцы сочетания «рыхлый х крепкий» в сравнении с аналогами «крепкий х крепкий» и «нежный х крепкий», соответственно, на 3,47% и 3,95% ($p \geq 0,999$).

Следовательно, подопытное потомство, полученное в результате внутривидового отбора по экстерьерно-продуктивным параметрам, характеризовалось растянутостью тела, развитой грудной клеткой, что в конечном итоге может выявить у них достаточно хорошо развитые мясные качества, подтверждается научными данными Е.А. Лакота, О.А. Воронцовой, С.Н. Замыгиным, А.И. Ерохиным, А.А. Вениаминовым [16, 17].

В целом при использовании внутривидового отбора овец ставропольской породы молодняк сочетаний родительских пар разных конституционально-продуктивных типов хорошо унаследовал экстерьерные и продуктивные особенности родительских особей. В связи с тем, что внутривидовый подбор и отбор осуществлялись внутри одной породы, коэффициент наследуемости и изменчивости у получаемого потомства может оказаться значительно выше, что является важным фактором при ведении селекционной работы. А как считают Ю.А. Столповский, О.Е. Лазебный, К.Ю. Столповский, Г.Е. Сулимова [18], выяснение генетической детерминации продуктивных качеств овец позволяет

вести отбор на улучшение определенного продуктивного признака при чистопородном разведении.

Прогресс каждой породы, повышение ее генетической ценности во многом зависят от наличия в ней животных разных внутривидовых конституционально-продуктивных типов с их отличительными продуктивными качествами и биологическими особенностями.

В условиях степного Поволжья для дальнейшего продуктивного совершенствования овец ставропольской породы в результате внутривидового отбора родительских пар с различными типами телосложения, сочетаемости оптимальных вариантов спаривания баранов и маток и выявления из них наиболее эффективных целесообразно учитывать оптимальные продуктивные параметры полученного потомства в возрасте 13–14 месяцев.

При этом в структуре чистопородных овец ставропольской породы поволжской популяции, разводимых в ЗАО «Новая жизнь», условно выделенные три типа телосложения, которые отличаются между собой по экстерьерным и продуктивным показателям:

- крепкий х крепкий,
- нежный х крепкий,
- рыхлый х крепкий.

Анализ экстерьерно-продуктивных показателей овец ставропольской породы в возрасте 1314 месяцев для повышения генетического потенциала позволяет целенаправленно создавать внутрихозяйственные группы животных с определенными экстерьерно-продуктивными особенностями. Вместе с тем овцы ставропольской породы из ЗАО «Новая жизнь» в большей степени соответствуют наиболее разводимому стандартному типу телосложения — «крепкий х крепкий», так как в условиях современной экономической обстановки такие животные выгодны.

В результатах исследований расчет выручки реализуемой продукции проводился по итогам показателей групп подопытных овец в возрасте 13–14 месяцев. При отборе родительских пар овец ставропольской породы от ярочек сочетания «крепкий х крепкий» дополнительно получено живой массы 3,25 кг, или 422,5 руб., настрига шерсти — 0,42 кг, или 105 руб.; «нежный х крепкий» — 1,56 кг и 0,23 кг, или 202,8 руб. и 57,5 руб., «рыхлый х крепкий» — 4,81 кг и 0,19 кг, или 625,3 руб. и 47,5 руб. прибыли на одну условную голову.

Выводы/Conclusion

Выявление и оценка экстерьерно-продуктивных особенностей овец ставропольской породы в возрасте 13–14 месяцев при внутривидовом отборе родительских пар показали, что в условиях Поволжья наиболее

Таблица 4. Индексы телосложения молодняка при внутривидовом отборе родительских пар, % ($n = 10$), ($M \pm m$)
Table 4. Indices of the physique of young animals during inbreeding selection of parental pairs, % ($n = 10$), ($M \pm m$)

Индекс	Группа		
	I (контроль) — крепкий х крепкий	II (опыт) — нежный х крепкий	III (опыт) — рыхлый х крепкий
Длинноногости	89,87 $\pm$ 0,56	98,97 $\pm$ 0,54***	82,40 $\pm$ 0,58***
Растянутости	107,34 $\pm$ 0,56	105,53 $\pm$ 0,54	106,64 $\pm$ 0,57
Сбитости	131,93 $\pm$ 0,36	131,43 $\pm$ 0,33***	143,31 $\pm$ 0,31***
Костистости	15,15 $\pm$ 0,14	16,15 $\pm$ 0,15	14,83 $\pm$ 0,19
Грудной	68,11 $\pm$ 0,63	67,63 $\pm$ 0,59***	71,58 $\pm$ 0,55***

*** $p \geq 0,999$

перспективно разведение потомства, полученного от сочетаемости «крепкий х крепкий» тип телосложения. Эти животные превосходили особой сочетания «нежный х крепкий» по живой массе на 8,06%, и «рыхлый х крепкий» по настригу шерсти на 5,04%. Овцы подбора «крепкий х крепкий» преобладали по шири-

не груди над «нежный х крепкий» на 9%, обхвату груди — на 5,45%, к тому же (по сравнению с двумя другими сочетаниями) на 1,81% и 0,7% имели более высокий индекс растянутости. В то же время сочетания «нежный х крепкий» и «рыхлый х крепкий» также можно использовать для селекционно-племенной работы.

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 гранта Национального исследовательского университета финансовых ресурсов «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока». Работа является неотъемлемой частью государственных тематических планов по животноводству Национального исследовательского университета финансовых ресурсов «ФАНЦ Юга-Востока» в едином государственном научном реестре (№ 15070.6453009901.13.5.003) на тему «Создание новых высокопродуктивных стад овец ставропольской породы повожской популяции с использованием современных методов и методик разведения».

FUNDING

The materials were prepared as part of the grant national of financial resources research University «Federal Agrarian Scientific Center of the South-East». The work is an integral part of the state thematic plans for animal husbandry of the national of financial resources research University «FANC of the South-East» in the unified register of State Science (No. 15070.6453009901.13.5.003) on the topic «To create new highly productive flocks of sheep of the Stavropol breed of the Volga population using modern breeding methods and techniques».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крикун Т.Н. Об особенностях признания селекционных достижений. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2002; (2): 1–7.
2. Chu M. *et al.* Polymorphisms of coding region of BMPR-IB gene and their relationship with litter size in sheep. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(6): 4071–4076. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0526-z>
3. Абонеев В.В. О «породе» в породах. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2016; (4): 50–55. <https://www.elibrary.ru/xdnfel>
4. Мороз В.А. Так нужны ли нам овцы? *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2011; (3): 51–53.
5. Гаглов А.Ч., Негреева А.Н., Мусаев Ф.А. Использование подбора овец для улучшения питательной ценности баранины. *Аграрная наука*. 2021; (11–12): 63–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-63-67>
6. Марзанов Н.С. и др. Эволюция и генная технология в тонкорунном овцеводстве. Москва: *Росинформагротех*. 2012; 174. ISBN 978-5-7367-0909-0 <https://www.elibrary.ru/qlctsd>
7. Суров А.И. Селекционные и технологические приемы повышения продуктивности овец. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2009; (3): 30–33.
8. Яковенко А.М., Абонеев В.В., Горковенко Л.Г., Марченко В.В. Эффективный метод повышения конкурентоспособности овцеводства. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2016; (2): 25–27. <https://www.elibrary.ru/wclkkj>
9. Кузьмина Е. Конституционно-продуктивные типы в селекции памирских овец. *Вопросы повышения продуктивности овец в Таджикистане. Сборник научных трудов*. Душанбе: ТаджНИИЖ. 1982; 12–19.
10. Старовойтенко В.К. Использование внутрипородных экстерьерно-конституциональных типов в тонкорунном овцеводстве. Сипачев С.Г. (ред.). *Проблемы генетики и селекции в Западно-Сибирском регионе. Научные труды*. Тюмень, 1976; 23: 129–131.
11. Семенов А.П., Лакота Е.А., Пешкова Т.А., Ознобленникова Н.В. О формировании племенной базы мериносовых овец в степной зоне Поволжья. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2004; (2): 3, 4. <https://www.elibrary.ru/okefpl>
12. Козлов И.Г. Влияние разных форм подбора на продуктивность полукровных забайкальско-ставропольских помесей. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2013; (4): 19, 20. <https://www.elibrary.ru/rtcqir>
13. Кушнер Х.Ф. Проблемы гетерозиса в животноводстве. Москва. 1969; 63.
14. Андриенко Д.А., Шкилев П.Н. Особенности экстерьера и изменения параметров тела молодянка овец ставропольской породы в постнатальном онтогенезе. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2009; (2): 110–113 (На англ. яз.). <https://www.elibrary.ru/ktzqqd>
15. Мильчевский В.Д. Как сформулировать конечную цель для прогноза результатов селекции животных по комплексу признаков. *Зоотехния*. 2016; (12): 5–8. <https://www.elibrary.ru/xhaqud>
16. Лакота Е.А., Воронцова О.А., Замыгин С.Н. Влияние целенаправленного отбора на экстерьерно-продуктивные показатели овец ставропольской породы в зоне сухой степи Поволжья. *Аграрная наука*. 2022; (5): 45–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-45-48>

REFERENCES

1. Krikun T.N. On the features of recognition of breeding achievements. *Sheep, goats, wool business*. 2002; (2): 1–7 (In Russian).
2. Chu M. *et al.* Polymorphisms of coding region of BMPR-IB gene and their relationship with litter size in sheep. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(6): 4071–4076. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0526-z>
3. Aboneev V.V. About the “breed” in breeds. *Sheep, goats, wool business*. 2016; (4): 50–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xdnfel>
4. Moroz V.A. So do we need sheep? *Sheep, goats, wool business*. 2011; (3): 51–53 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/oizywl>
5. Gaglov A.C., Negreeva A.N., Musaev F.A. Using sheep selection to improve the nutritional value of lambmeat. *Agrarian science*. 2021; (11–12): 63–67 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-63-67>
6. Marzanov N.S. *et al.* Evolution and gene technology in fine-wool sheepbreeding. Moscow: *Rosinformagrotech*. 2012; 174 (In Russian). ISBN 978-5-7367-0909-0 <https://www.elibrary.ru/qlctsd>
7. Surov A.I. Breeding and technological methods of increasing the productivity of sheep. *Sheep, goats, wool business*. 2009; (3): 30–33 (In Russian).
8. Yakovenko A.M., Aboneev V.V., Gorkovenko L.G., Marchenko V.V. An effective method of increasing the competitiveness of sheep breeding. *Sheep, goats, wool business*. 2016; (2): 25–27 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wclkkj>
9. Kuz'mina E. Constitutionally productive types in the breeding of Pamir sheep. *Issues of increasing the productivity of sheep in Tajikistan. Collection of scientific papers*. Dushanbe: Tajik Scientific Research Institute of Animal Husbandry. 1982; 12–19 (In Russian).
10. Starovoiitenko V.K. The use of intrabreed exterior-constitutional types in fine-wool sheep breeding. Sipachev S.G. (ed.). *Problems of genetics and breeding in the West Siberian region. Scientific works*. Tyumen. 1976; 23: 129–131 (In Russian).
11. Semenov A.P., Lakota E.A., Peshkova T.A., Oznohlenikova N.V. On the formation of the breeding base of merino sheep in the steppe zone of the Volga region. *Sheep, goats, wool business*. 2004; (2): 3, 4 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/okefpl>
12. Kozlov I.G. The influence of different forms of selection on the productivity of half-blooded Trans-Baikal-Stavropol crossbreeds. *Sheep, goats, wool business*. 2013; (4): 19, 20 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/rtcqir>
13. Kushner Kh.F. Problems of heterosis in animal husbandry. Moscow. 1969; 63 (In Russian).
14. Andriyenko D.A., Shkilyov P.N. Peculiarities of exterior and changes in body measurements of Stavropol lambs in the postnatal period. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2009; (2): 110–113. <https://www.elibrary.ru/ktzqqd>
15. Mil'chevskij V.D. How to formulate an ultimate goal for the forecast of results of a choice by several kinds of utility from an animal. *Zootekhnika*. 2016; (12): 5–8 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xhaqud>
16. Lakota E.A., Vorontsova O.A., Zamygin S.N. The influence of targeted selection on the exterior and productive indicators of Stavropol sheep in the dry steppe zone of the Volga region. *Agrarian science*. 2022; (5): 45–48 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-45-48>

17. Ерохин А.И., Вениаминов А.А. Эффективность отбора овец по отдельным признакам и комплексу. *Животноводство*. 1975; (10): 34–36.

18. Столповский Ю.А., Лазебный О.Е., Столповский К.Ю., Сулимова Г.Е. Применение для оценки популяционной структуры, идентификации и сходства генофондов пород и видов domestифицированных животных. *Генетика*. 2010; 46 (6): 825–833. <https://www.elibrary.ru/lloscp>

17. Erokhin A.I., Veniaminov A.A. Efficiency of sheep selection by individual characteristics and complex. *Zhivotnovodstvo*. 1975; (10): 34–36 (In Russian).

18. Stolpovskii Y.A., Sulimova G.E., Lazebny O.E., Stolpovskii K.Y. The use of the ISSR-PCR method for identifying domesticated animal breeds and species, inferring their population structures, and assessing gene pool similarity. *Russian Journal of Genetics*. 2010; 46(6): 825–833. <https://doi.org/10.1134/>

ОБ АВТОРАХ

Елена Александровна Лакота,
доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока,
ул. Тулайкова, д. 7, Саратов, 410010, Россия
lena.lakota@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2930-0763>

Ольга Александровна Воронцова,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока,
ул. Тулайкова, д. 7, Саратов, 410010, Россия
olga.vorontsova59@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS

Elena Alexandrovna Lakota,
Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher,
Federal Agrarian Scientific Center of the South-East,
7 Tulaykov Str., Saratov, 410010, Russia
lena.lakota@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2930-0763>

Olga Aleksandrovna Vorontsova,
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Federal Agrarian Scientific Center of the South-East,
7 Tulaykov Str., Saratov, 410010, Russia
olga.vorontsova59@mail.ru

Г.К. Дускаев,
О.В. Кван ✉,
Е.В. Шейда,
Ш.Г. Рахматуллин,
Г.И. Левахин

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

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.04.2023

Одобрена после рецензирования:
12.07.2023

Принята к публикации:
24.07.2023

Galimzhan K. Duskaev,
Olga V. Kvan ✉,
Elena V. Sheida,
Shamil G. Rakhmatullin,
Georgiy I. Levakhin

Federal Research Center of Biological
Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.04.2023

Accepted in revised:
12.07.2023

Accepted for publication:
24.07.2023

Влияние веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба, на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Всестороннее изучение свойств растений, содержащих фитобиотические компоненты, позволит широко применять растительные экстракты в кормлении животных в качестве биологически активных добавок последнего поколения на основе сырья естественного происхождения. Цель работы — изучение влияния веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба (ВВВЭКД), на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров.

Методика. Объектом исследования являются цыплята-бройлеры кросса «Смена-8». Для эксперимента были отобраны 120 голов цыплят-бройлеров, которых методом аналогов разделили на четыре группы ($n = 30$). Контрольная группа получала основной рацион (ОР), I опытная — ОР + ВВВЭКД (1 мл/кг живой массы.), II опытная — ОР + ВВВЭКД (2 мл/кг живой массы.), III опытная — ОР + ВВВЭКД (3 мл/кг живой массы). Анализ химических элементов в полученной золе исследуемых образцов осуществлялся с использованием масс-спектрометра Elan 9000 и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V.

Результаты. Полученные результаты в разрезе влияния ВВВЭКД на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров стоит обсуждать в контексте уже имеющихся данных о том, что ряд соединений, обнаруженных в экстрактах растений, могут обладать способностью хелатировать ионы переходных металлов, особенно $Fe(II)$ и $Cu(II)$, что имеет важное значение. В ходе эксперимента было показано, что введение в рацион цыплят-бройлеров экстракта коры дуба преимущественно вело к накоплению макроэлементов (калия — с 0,8 до 6,24%, магния — с 1,02 до 7,14%, фосфора — с 5,31 до 7,9%) и эссенциальных микроэлементов в мышцах (кобальта — в 1,5 раза, хрома — в 3,67 раза, лития — в 1,67 раза, никеля — в 4 раза, кремния — в 1,34 раза), а также к снижению содержания в них токсичных и условно токсичных элементов: алюминия — в 1,62 раза, свинца — в 2 раза. При этом наиболее целесообразным является применение экстракта коры дуба в дозе 1 мл/кг живого веса птицы.

Ключевые слова: минеральный обмен, химические элементы, экстракт коры дуба, цыплята-бройлеры, мышечная ткань, печень

Для цитирования: Дускаев Г.К., Кван О.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Левахин Г.И.

Влияние веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба, на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 72–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-72-79>

© Дускаев Г.К., Кван О.В., Шейда Е.В., Рахматуллин Ш.Г., Левахин Г.И.

The effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark on the concentration of chemical elements in the body of broiler chickens

ABSTRACT

Relevance. A comprehensive study of the properties of plants containing phytochemical components will make it possible to widely use plant extracts in animal feeding as biologically active additives of the latest generation based on raw materials of natural origin. The aim of the work is to study the effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark (BBVECD) on mineral metabolism in the body of broiler chickens.

Methodology. The object of the study are broiler chickens of the Smena-8 cross. 120 heads of broiler chickens were selected for the experiment, which were divided into 4 groups by the method of analogues ($n = 30$). The control group received the basic ration (RR), I experimental — RR + BBVECD (1 ml/kg of live weight.), II experimental — RR + BBVECD (2 ml/kg of live weight.), III experimental — RR + BBVECD (3 ml/kg of live weight). The analysis of chemical elements in the obtained ash of the studied samples was carried out using the «Elan 9000» mass spectrometer and the «Optima 2000 V» atomic emission spectrometer.

Results. The results obtained in the context of the effect of BBVECD on mineral metabolism in broiler chickens should be discussed in the context of already available data that a number of compounds found in plant extracts may have the ability to chelate transition metal ions, especially $Fe(II)$ and $Cu(II)$, which is important. During the experiment, it was shown that the introduction of oak bark extract into the diet of broiler chickens mainly led to the accumulation of macronutrients (potassium — from 0.8 to 6.24%, magnesium — from 1.02 to 7.14%, phosphorus — from 5.31 to 7.9%) and essential trace elements in muscles (cobalt — 1.5 times, chromium — 3.67 times, lithium — 1.67 times, nickel — 4 times, silicon — 1.34 times), as well as to reduce the content of toxic and conditionally toxic elements in them: aluminum — 1.62 times, lead — 2 times. In this case, the most appropriate is the use of oak bark extract in a dose of 1 ml/kg of live weight of poultry.

Key words: mineral metabolism, chemical elements, oak bark extract, broiler chickens, muscle tissue, liver

For citation: Duskaev G.K., Kvan O.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Levakhin G.I. The effect of substances isolated from an aqueous extract of oak bark on the concentration of chemical elements in the body of broiler chickens. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 72–79 (In Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-72-79>

© Duskaev G.K., Kvan O.V., Sheida E.V., Rakhmatullin Sh.G., Levakhin G.I.

Введение/Introduction

Растительные экстракты в качестве кормовых добавок представляют собой перспективную область исследований, так как предполагается, что эти соединения могут быть использованы в качестве заменителей обычных противомикробных препаратов. Как известно, данные экстракты обнаруживают противомикробную и противовоспалительную активность [1, 2]. Несколько растительных экстрактов и их влияние на микрофлору кишечника были тщательно изучены, в том числе ментол [3], эвгенол [4], циннамальдегид [5], лимонен [6] и др. [7]. Из-за сходства в химической структуре эти соединения частично схожи с действием традиционных антибиотиков. При этом существуют сообщения, показывающие, что тяжелые металлы например, микроэлементы меди и цинка, использовались для антибиотикоподобных эффектов [8], особенно при использовании у свиней или домашней птицы, а также у крупного рогатого скота.

D.M.R. Brogna *et al.* сообщили о биологической активности растительных экстрактов как кормовых добавок для улучшения процессов ферментации в рубце, модулирования микробиоты, улучшения переваривания и усвоения минеральных веществ за счет повышения активности пищеварительных ферментов, снижения окислительных процессов и роста патогенных бактерий [9].

S.K. Dev *et al.* (2019) описан способ экстракции из растительного сырья, позволяющий получать нетоксичную композицию биологически активных веществ из ядовитых растений, содержащих флавоноиды, на примере ядовитого растения авран лекарственный (*Gratiola officinalis* L.). С увеличением процентного содержания этилового спирта (от 15 к 96%), используемого в качестве экстрагента, изменяется выход алкалоидов так, что экстракт, полученный 96%-ным этиловым спиртом, не дает положительной качественной реакции на содержание алкалоидов [10].

Немаловажно, что всестороннее изучение свойств растений, содержащих фитобиотические компоненты, позволит широко применять растительные экстракты в кормлении животных в качестве биологически активных добавок последнего поколения на основе сырья естественного происхождения [11]. В условиях интенсивных технологий животноводства фитобиотики будут способны нивелировать такие явления, как улучшение иммунного и антиоксидантного статуса животных, обеспечивают повышение всех видов продуктивности за счет улучшения потребления, перевариваемости, усвояемости кормов, нормализации кишечной микрофлоры и гомеостаза в целом (*European Medicines Agency*, 2010)¹.

Обратим внимание, что многочисленные исследования показывают, что существует возможность совместного использования веществ, когда бактерии подвергнутся воздействию растительных экстрактов [12] или высоких концентраций тяжелых металлов [13] даже без воздействия самих противомикробных препаратов.

Цель работы — изучение влияния веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба (ВВВЭКД), на концентрацию химических элементов в организме цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Экспериментальные исследования были проведены на базе отдела кормления сельскохозяйствен-

ных животных им. профессора С.Г. Леушина ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (<https://цкп-бст.рф/>).

Объект исследований — цыплята-бройлеры кросса «Смена-8» (ЗАО «Птицефабрика «Оренбургская»», <https://pfo56.ru>).

Работа была выполнена в соответствии с протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (ГОСТ 33044-2014², утвержденный Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.11.2014 № 1700-ст) и The experimental research on animals was conducted according to instructions, recommended by the Russian Regulations, 1987 (Order on 12.08.1977 No.755 the USSR Ministry of Health) and The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996). Все процедуры над животными были выполнены в соответствии с правилами Комитета по этике животных Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Схема эксперимента. Для эксперимента были отобраны 120 голов цыплят-бройлеров, которых методом пар-аналогов разделили на четыре группы ($n = 30$). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания. Формирование основных рационов (ОР) для подопытной птицы проводилось с учетом рекомендаций ВНИТИП (14). Контрольная группа — основной рацион (ОР), I опытная — ОР + ВВВЭКД 1 (1 мл / кг ж. м.), II опытная — ОР + ВВВЭКД 2 (2 мл / кг ж. м.), III опытная — ОР + ВВВЭКД 3 (3 мл / кг ж. м.). ВВВЭКД задавался индивидуально с питьевой водой.

Птица в процессе исследований содержалась в клетках КУН-05 площадью 4050 см² (90 x 45 x 45 см). Кормление бройлеров проводилось один раз в сутки, учет поедаемости кормов — ежесуточно, нормирование — согласно потребности организма в различные возрастные периоды, цыплята-бройлеры всех групп в период эксперимента получали рацион: в 7–10 дней — ПК-0, 11–24 дня — ПК-5, от 25 дней и старше — ПК-6. В рационах использовался промышленный комбикорм ЗАО «Птицефабрика «Оренбургская»», который включал пшеницу, кукурузу, шрот соевый, шрот подсолнечный, витаминно-минеральный премикс (микроэлементы Ca, P, Na, K, Cl, макроэлементы Fe, Cu, Zn, Mn, J, Se, витамины A, D₃, E, K₃, B₁–B₆, B₁₂, B₉, H). Микроклимат в помещении соответствовал требованиям ОНТП-4-88. После убоя в пробах тканей (печень, мышечная ткань) определяли массовую долю сухого вещества, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки, массовую долю сырой золы, аминокислотный состав тканей по стандартизированным методикам в Центре коллективного пользования, биологических систем и агротехнологий г. Оренбурга. Отбор 10 проб печени, грудной и бедренной мышечной ткани осуществляли на 35-е сутки эксперимента согласно ГОСТ 31467-2012³ и методическим рекомендациям. **Элементный статус.** Элементный состав (Ca, K, Mg, Na, P, Zn, V, Si, Se, Ni, Mn, Li, I, Fe, Cu, Cr, Co, As, Al, Cd, Pb, Sn, Sr) проб мышечной, бедренной ткани и печени был изучен с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» г. Москвы. Методика основана

¹ Assessment report on *Salvia Officinalis* L., Folium and *Salvia Officinalis* L., Aetheroleum. *European Medicines Agency*. 2010; 39. Available at:

https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-report/superseded-assessment-report-salvia-officinalis-l-folium-salvia-officinalis-l-aetheroleum_en.pdf

² ГОСТ 33044-2014 Принципы надлежащей лабораторной практики.

³ ГОСТ 31467-2012 Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы отбора проб и подготовка их к испытаниям.

на окислительно-кислотной «мокрой» минерализации проб и последующем анализе на требуемые химические элементы методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием в качестве источника возбуждения высокочастотной индуктивно связанной аргонной плазмы. При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озоление проводилось с использованием микроволновой системы разложения MD-2000 (США). Оценка содержания химических элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

Кора дуба *Quercus cortex* (производитель АО «Красногорсклессредства», Россия, Р N001007/01 от 20.04.2007). Кора дуба измельченная, содержит 8% дубильных веществ, галловую и эллаговую кислоты, кверцитин и другие биологически активные вещества. Кусочки коры дуба разнообразной формы имеют светло-коричневый, светло-серый, серебристый или желтовато-коричневый цвет, со слабым и своеобразным запахом, усиливающимся при смачивании водой. Для приготовления экстракта кору дуба помещали в эмалированную посуду, заливали водой (из расчета: компонент лекарственного растения — 20 г, вода — 200 мл), закрывали крышкой и нагревали в течение 10 минут, далее процеживали, не охлаждали, добавляли воду до расчетного объема и опять кипятили. Далее проводили экстракцию на аппарате Сокслета с подключением обратного холодильника. На водяной бане доводили до кипения. Пары попадали в обратный холодильник, охлаждались и стекали в гильзу. Дополнительно сырье, находясь в гильзе над колбой, нагревалось парами. По мере наполнения гильзы происходила экстракция, после достижения экстрактом уровня слива гильза освобождалась, раствор сливался обратно в колбу и цикл повторялся. И так до полного истощения сырья. Экстрагирование в аппарате Сокслета осуществляли при температуре 100 °С в течение 5 часов. При получении экстракта аппаратом Сокслета восьмикратно экстрагировали сырье, при этом готовый экстракт накапливался в основной колбе. Затем полученные экстракты коры дуба были помещены в холодильник для очищения (при температуре 8 градусов С) на двое суток, после чего их профильтровали.

Идентификация химических веществ экстракта коры дуба выполнялась на газовом хроматографе с масс-селективным детектором GCMS 2010 Plus (Shimadzu, Япония), на колонке HP-5MS. При интерпретации результатов исследований использовалось программное обеспечение GCMS Solutions, GCMS PostRun Analysis, для идентификации соединений использовался набор библиотек спектров CAS, NIST08, Mainlib, Wiley9 и DD2012 Lib. Количественное присутствие отдельных идентифицированных компонентов оценивалось относительной величиной (%), соотносящей площадь пика к общей площади экстракта.

Была использована смесь веществ, выделенных из водного экстракта коры дуба и синтезированных химическим путем (Acros): 2-н-пропилрезорцинол 98%, AVH27024), 4-гидрокси-3-метоксибензальдегид 99%, AC14082-1000), 7-гидроксикумарин 99%, AC12111-0250), 3,4,5-триметоксифенол 98,5%, AC18914-0050), скополетин 95%, AC30290-0010), кониферилловый спирт (98%, AL22373-5). Анти-QS-эффект данной композиции веществ (QC) подтвержден с использованием штамма *C. violaceum* CV026 методами диффузии в агар (качественно) и методом серийных разведений в жидкой питательной среде (количественно).

Статистическую обработку проводили с помощью программы SPSS Statistics Version 20 (IBM, США), рассчитывая коэффициент корреляции Пирсон, оценка критерий проводилась по шкале Чеддока.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Дополнительное включение ВВЭКД в рацион цыплят-бройлеров привело к незначительным изменениям уровня макроэлементов в теле тушки исследуемой птицы. Так, уровень кальция достоверно снизился в группах, получавших ВВЭКД, на 17,2% ($p = 0,031$) по отношению к контрольной группе. В I опытной группе отмечено достоверное снижение последнего на 24,1% ($p \leq 0,05$), во II опытной группе — на 31,0% ($p \leq 0,05$) относительно контроля. Схожая картина в целом по группам наблюдалась по уровню фосфора, а именно достоверное снижение на 19,1% ($p = 0,022$), также обнаружена слабая корреляционная зависимость по шкале Чеддока между содержанием фосфора в печени исследуемой птицы и уровнем экстракта коры дуба в рационе II и III опытных групп ($R_2 = 0,435$ и $R_3 = 0,412$ соответственно). Содержание калия, магния и натрия в печени цыплят-бройлеров оставалось на одинаковом уровне независимо от применения и количества вводимого ВВЭКД (табл. 1).

По концентрации микроэлементов в исследуемом органе на конец эксперимента выявлено достоверное накопление Fe, а именно отмечалась средняя положительная корреляционная зависимость в III опытной группе ($R_3 = 0,532$) по отношению к контролю. Схожая картина накопительного эффекта наблюдается и по Li, а именно увеличение на 20,0% ($p = 0,033$) по отношению к контрольной группе. В свою очередь, концентрация марганца и цинка снижалась в печени цыплят-бройлеров по мере увеличения концентрации экстракта QC. Так, по Mn — на 20,5% ($p = 0,031$ и средняя отрицательная корреляционная зависимость $R_1 = -0,532$, $R_2 = -0,584$, $R_3 = -0,546$), по Zn — на 18,2% ($p = 0,004$ и слабая отрицательная корреляционная зависимость $R_1 = -0,411$; $R_2 = -0,432$, $R_3 = -0,342$). Дополнительное включение различных доз ВВЭКД не оказало существенного влияния на накопление или выведение других эссенциальных и условно-эссенциальных элементов, таких как As, Co, Cr, Cu, I, Ni, Se, Si, V, и достоверных изменений по отношению к контрольной группе выявлено не было (рис. 1).

Дополнительное включение в рацион исследуемой птицы ВВЭКД в различных дозировках (I — 1 мл / кг ж. м., II — 2 мл / кг ж. м., III — 3 мл / кг ж. м.) привело к достоверному снижению: Al — в 1,5 раза ($p = 0,002$), Cd — в 4,4 раза ($p = 0,001$), Pb — в 1,4 раза ($p = 0,023$) по отношению к контрольной группе. Причем по Cd была определена высокая отрицательная корреляционная зависимость во всех опытных группах ($R_1 = -0,865$, $R_2 = -0,754$, $R_3 = -0,841$), что указывало на достоверное его снижение. Противоположная картина наблюдалась по содержанию Sn в печени цыплят-бройлеров, а именно достоверное накопление последнего в 1,5 раза ($p = 0,031$) относительно контроля (рис. 2).

Включение в рацион цыплятам-бройлерам ВВЭКД способствовало тому, что уровень таких макроэлементов, как K, Mg, Na и P, в грудных мышцах исследуемой птицы оставался на одинаковом уровне, за исключением Ca. Концентрация Ca в опытных группах достоверно превысила контрольную группу на 40,7% ($p = 0,041$), отмечена средняя положительная корреляционная за-

Таблица 1. Концентрация химических элементов в печени цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 1. Concentration of chemical elements in the liver of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				Р
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,29 ± 0,04	0,22± 0,03	0,20 ± 0,05	0,31 ± 0,04	0,031
K	7,17 ± 0,35	6,52 ± 0,52	7,49 ± 0,29	8,53 ± 0,42	0,652
Mg	0,75 ± 0,02	0,76 ± 0,03	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,04	0,123
Na	3,81 ± 0,16	2,73 ± 0,22	3,61 ± 0,19	5,54 ± 0,30	0,311
P	11,7 ± 0,40	11,9 ± 0,39	7,59 ± 0,41	8,89 ± 0,43	0,022
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,007 ±0,0005	0,008 ± 0,0006	0,007 ± 0,0008	0,006 ± 0,0007	0,151
Co	0,053 ± 0,008	0,058 ± 0,010	0,04 ± 0,012	0,058 ± 0,013	0,243
Cr	0,087 ±0,018	0,072 ± 0,025	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,04	0,121
Cu	12,9 ± 0,86	13,0 ± 0,95	11,0 ± 0,82	13,9 ± 1,16	0,332
Fe	393 ± 12	416 ± 11	508 ± 14	589 ± 11	0,033
I	0,18 ± 0,007	0,21 ± 0,006	0,20 ± 0,008	0,14 ± 0,009	0,132
Li	0,004 ± 0,00016	0,006 ± 0,00020	0,005 ± 0,00017	0,004 ± 0,00017	0,033
Mn	13,2 ± 0,44	12,6 ± 0,40	8,07 ± 0,32	10,9 ± 0,37	0,031
Ni	0,47 ± 0,08	0,78 ± 0,11	0,34 ± 0,07	0,26 ± 0,06	0,321
Se	2,47 ± 0,3	2,48 ± 0,3	1,9 ± 0,4	2,24 ± 0,5	0,144
Si	6,52 ± 0,31	12,5 ± 0,44	4,42 ±0,12	3,47 ± 0,15	0,321
V	0,010 ± 0,002	0,008 ± 0,003	0,009 ± 0,003	0,012 ± 0,004	0,124
Zn	114 ± 4	94,2 ± 3,2	91,6 ± 3,4	94 ± 3,6	0,004

Рис. 1. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в печени цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 1. Concentration of essential and conditionally essential elements in the liver of broiler chickens, mg/kg

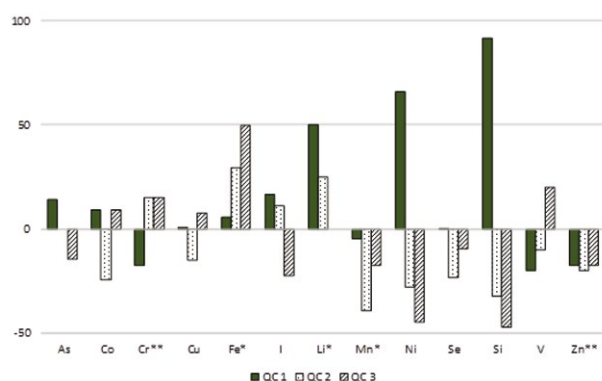
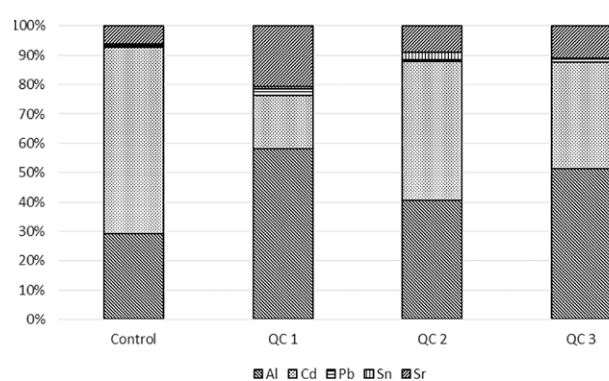


Рис. 2. Концентрация токсичных элементов в печени цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 2. Concentration of toxic elements in the liver of broiler chickens, mg/kg



висимость во II опытной группе в зависимости от уровня введенного экстракта ($R_2 = 0,554$).

В анализируемых грудных мышцах цыплят-бройлеров дополнительное включение ВВВЭКД достоверно привело к максимальному снижению йода в 9,85 раза ($p = 0,001$), отмечена высокая отрицательная корреляционная зависимость во всех опытных группах ($R_1 = -0,723$, $R_2 = -0,832$, $R_3 = -0,845$) по отношению к уровню введенного экстракта. Уровень эссенциальных микроэлементов за счет введения экстракта привел к достоверному их увеличению. Так, Co — в 1,5 раза ($p = 0,033$), Cr — в 3,67 раза ($p = 0,001$), Li — в 1,67 раза ($p = 0,031$), Ni — в 4 раза ($p = 0,005$), Si — в 1,34 раза ($p = 0,031$) относительно контрольной группы. Следует

отметить, что количество микроэлементов Cr и Ni в грудных мышцах исследуемой птицы накапливалось прямо пропорционально уровню ВВВЭКД в рационе цыплят. Так, по Cr отмечена средняя положительная корреляционная зависимость ($R_1 = 0,512$, $R_2 = 0,516$, $R_3 = 0,623$ соответственно), по Ni — средняя положительная корреляционная зависимость ($R_1 = 0,501$, $R_2 = 0,562$, $R_3 = 0,631$ соответственно).

ВВВЭКД в опытных группах привел к достоверному снижению Cd в 1,75 раза ($p = 0,033$) по отношению к контрольной группе. Однако следует отметить, что при дозировке 1 мл экстракта на 1 кг живой массы наблюдалось максимальное выведение всех токсичных элементов по отношению к опытным группам (рис. 4).

Таблица 2. Концентрация химических элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 2. Concentration of chemical elements in the pectoral muscles of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				Р
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,37 ± 0,03	0,22 ± 0,02	0,041
K	7,37 ± 0,41	7,83 ± 0,46	7,43 ± 0,50	7,49 ± 0,40	0,121
Mg	0,98 ± 0,04	1,05 ± 0,05	0,99 ± 0,05	1,05 ± 0,06	0,214
Na	1,58 ± 0,12	1,55 ± 0,09	1,31 ± 0,14	1,38 ± 0,11	0,135
P	7,72 ± 0,39	8,24 ± 0,48	8,13 ± 0,51	8,33 ± 0,49	0,124
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,008 ± 0,0005	0,008 ± 0,0006	0,008 ± 0,0006	0,012 ± 0,0010	0,124
Co	0,006 ± 0,0004	0,01 ± 0,002	0,001 ± 0,0003	0,016 ± 0,005	0,033
Cr	0,09 ± 0,002	0,11 ± 0,004	0,11 ± 0,003	0,78 ± 0,03	0,001
Cu	1,05 ± 0,11	1,25 ± 0,12	1,08 ± 0,18	1,47 ± 0,24	0,231
Fe	27,3 ± 1,33	23,9 ± 1,51	28,3 ± 1,46	31,6 ± 1,77	0,333
I	7,29 ± 0,41	1,22 ± 0,10	0,56 ± 0,06	0,43 ± 0,07	0,001
Li	0,003 ± 0,0005	0,008 ± 0,0009	0,003 ± 0,0006	0,004 ± 0,0005	0,031
Mn	0,55 ± 0,09	0,66 ± 0,12	0,58 ± 0,11	0,64 ± 0,15	0,125
Ni	0,06 ± 0,008	0,09 ± 0,010	0,13 ± 0,009	0,51 ± 0,035	0,005
Se	0,4 ± 0,07	0,41 ± 0,072	0,38 ± 0,069	0,45 ± 0,075	0,264
Si	10,4 ± 0,79	9,64 ± 0,85	12,5 ± 0,96	19,5 ± 1,44	0,031
V	0,004 ± 0,0002	0,005 ± 0,0003	0,006 ± 0,0004	0,007 ± 0,0004	0,033
Zn	26,9 ± 1,24	29,8 ± 1,28	24,5 ± 1,31	30,6 ± 1,52	0,123

В исследуемых мышцах голени цыплят-бройлеров уровень концентрации макроэлементов в сравнении с контрольной группой достоверно не изменялся, как и в случае с грудными мышцами исследуемой птицы, также отмечалось достоверное накопление кремния в 1,34 раза ($p = 0,045$) по отношению к контролю, причем максимальное накопление в группе, получавшей ВВВЭКД в дозе 3 мл/кг живой массы, с высокой положительной корреляционной связью ($R_3 = 0,753$) в сравнении с уровнем введенного экстракта. По кобальту, хрому и цинку наблюдается противоположная картина, а именно достоверное их снижение, соответственно, в 1,29 раза ($p = 0,031$), в 1,46 раза ($p = 0,033$), в 1,14 раза ($p = 0,033$) относительно контрольной группы (табл. 3, рис. 5).

По уровню токсичных элементов в бедренных мышцах исследуемой птицы наблюдалась противоположная картина в сравнении с уровнем последних в грудных мышцах. Концентрация *Al* и *Pb* достоверно снижалась в 1,62 раза ($p = 0,001$, отрицательная высокая корреляционная связь $R_1 = -0,723$, $R_2 = -7,653$, $R_3 = -7,452$) и в 2 раза ($p = 0,001$, отрицательная высокая корреляционная связь $R_1 = -0,712$, $R_2 = -0,762$, $R_3 = -0,764$), соответственно, относительно контроля.

Считается, что натуральные кормовые добавки растительного происхождения являются более безопасными, чем применяемые химические вещества (в частности, для антибиотикотерапии). Травы и их экстракты, включенные в корм для сельскохозяйственных животных вместо химических продуктов, способны стимули-

Рис. 3. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 3. Concentration of essential and conditionally essential elements in the pectoral muscles of broiler chickens, mg/kg

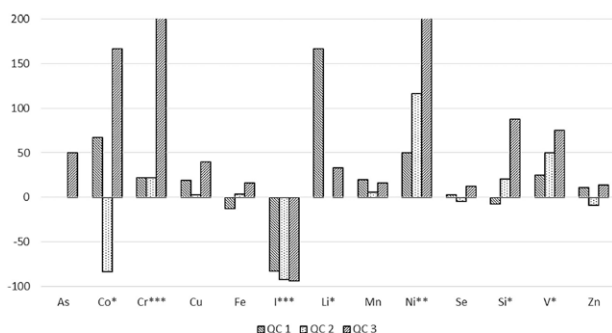


Рис. 4. Концентрация токсичных элементов в грудных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 4. Concentration of toxic elements in the pectoral muscles of broiler chickens, mg/kg

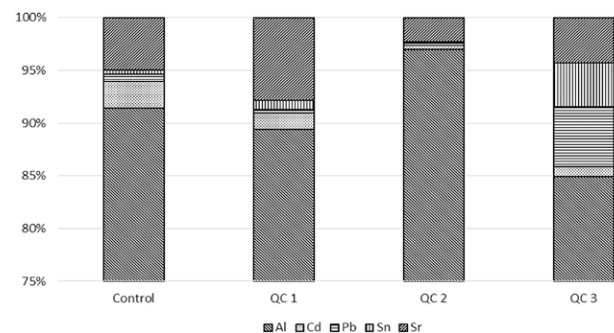


Таблица 3. Концентрация химических элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров ($M \pm m$)
Table 3. Concentration of chemical elements in the femoral muscles of broiler chickens ($M \pm m$)

Элемент	Группа				Р
	контроль	I	II	III	
Макроэлементы, г/кг					
Ca	0,26 ± 0,07	0,19 ± 0,06	0,21 ± 0,08	0,20 ± 0,10	0,212
K	9,42 ± 0,51	9,69 ± 0,50	10,1 ± 0,60	9,59 ± 0,68	0,133
Mg	1,11 ± 0,05	1,09 ± 0,08	1,19 ± 0,07	1,06 ± 0,07	0,324
Na	4,04 ± 0,22	3,56 ± 0,20	4,06 ± 0,24	4,04 ± 0,25	0,236
P	6,48 ± 0,38	6,56 ± 0,36	7,20 ± 0,49	6,38 ± 0,41	0,321
Эссенциальные и условно-эссенциальные элементы, мг/кг					
As	0,006 ± 0,0004	0,006 ± 0,0005	0,006 ± 0,0004	0,005 ± 0,0006	0,241
Co	0,009 ± 0,0005	0,007 ± 0,0006	0,007 ± 0,0004	0,008 ± 0,0005	0,031
Cr	0,16 ± 0,03	0,12 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,10 ± 0,02	0,033
Cu	3,87 ± 0,15	2,18 ± 0,13	5,48 ± 0,20	2,52 ± 0,18	0,264
Fe	56,7 ± 2,13	33,9 ± 2,09	42,8 ± 2,11	37,7 ± 2,44	0,034
I	0,13 ± 0,004	0,16 ± 0,005	0,12 ± 0,004	0,12 ± 0,006	0,236
Li	0,001 ± 0,0003	0,001 ± 0,0004	0,001 ± 0,0003	0,001 ± 0,0006	0,362
Mn	0,64 ± 0,015	0,52 ± 0,017	0,69 ± 0,020	0,57 ± 0,019	0,283
Ni	0,07 ± 0,003	0,06 ± 0,004	0,05 ± 0,003	0,07 ± 0,005	0,321
Se	0,51 ± 0,017	0,66 ± 0,022	0,52 ± 0,024	0,47 ± 0,029	0,126
Si	4,81 ± 0,21	4,37 ± 0,29	4,82 ± 0,20	10,2 ± 0,44	0,045
V	0,009 ± 0,0005	0,004 ± 0,0006	0,005 ± 0,0004	0,004 ± 0,0004	0,214
Zn	68,8 ± 3,51	55,4 ± 3,22	57,9 ± 3,41	67,3 ± 3,69	0,033

Рис. 5. Концентрация эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 5. Concentration of essential and conditionally essential elements in the femoral muscles of broiler chickens, mg/kg

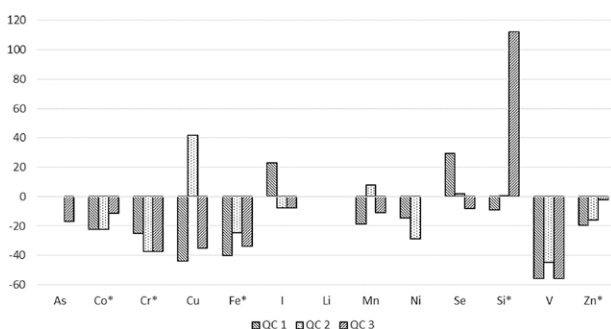
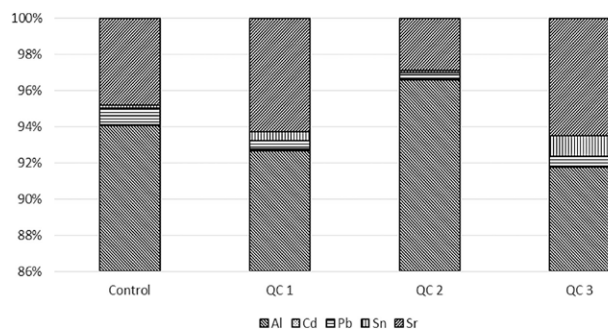


Рис. 6. Концентрация токсичных элементов в бедренных мышцах цыплят-бройлеров, мг/кг

Fig. 6. Concentration of toxic elements in the femoral muscles of broiler chickens, mg/kg



ровать и способствовать эффективному использованию питательных веществ в кормах, что приводит к более быстрому росту животных, увеличению производительности и повышению эффективности кормов [14]. Кроме того, травы и их экстракты содержат активные вещества, которые могут улучшать обмен веществ, пищеварение и обладают бактериальным и иммуностимулирующим действием животных.

Экстракт коры дуба, использованный в исследовании, традиционно применяется в качестве антимикробного [15] и антиоксидантного вещества [16], а также широко изучается как перспективная кормовая добавка для кормления сельскохозяйственных животных [17].

Полученные результаты в разрезе влияния ВВВЭКД на обмен минеральных веществ в организме цыплят-бройлеров стоит обсуждать в контексте уже имеющихся

данных о том, что ряд соединений, обнаруженных в экстрактах растений, могут обладать способностью хелатировать ионы переходных металлов, особенно Fe (II) и Cu (II), что имеет важное значение [18]. Хелатирующая способность полифенола связана с присутствием в составе растительных экстрактов молекул, несущих катехиновые или галлоильные группы и конденсированные танины [19].

Кроме того, существуют данные, показывающие, что экстракты лекарственных растений, богатые полифенолами, имеют неодинаковые тенденции накопления металлов в мясе цыплят-бройлеров [20]. Так, в эксперименте с экстрактом шалфея было показано, что он обладал влиянием на все факторы накопления металлов, это оказывало значительный положительный эффект на все виды куриного мяса [21].

В эксперименте, как и в исследовании, растительные экстракты из лекарственных трав имели специфическое влияние на накопление металлов. В целом наблюдалась умеренная корреляция между общим количеством фенолов и накоплением металлов. Вышеуказанное может быть связано с антагонизмом между ионами металлов и присутствием других хелатирующих агентов (аминокислот и белков) в рационах питания, которые могут выступать в качестве конкурента для комплексообразования металлов и влиять на накопление металлов в мясе цыплят-бройлеров.

Выводы/Conclusion

Таким образом, введение в рацион цыплят-бройлеров ВВВЭКД преимущественно привело к накоплению макроэлементов (калия — с 0,8 до 6,24%, магния — с 1,02 до 7,14%, фосфора — с 5,31 до 7,9%) и эссенциальных микроэлементов в мышцах (кобальта — в 1,5 раза, хрома — в 3,67 раза, лития — в 1,67 раза, никеля — в 4 раза, кремния — в 1,34 раза), а также к снижению содержания в них токсичных и условно токсичных элементов, таких как алюминий (в 1,62 раза) и свинец (в 2 раза). При этом наиболее целесообразным является применение экстракта коры дуба в дозе 1 мл/кг живого веса птицы.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific 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 проекта НИР № 0761-2019-0005.

FUNDING

The work was carried out within the framework NIR No. 0761-2019-0005.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abuga I., Sulaiman S.F., Wahab R.A., Ooi K.L., Rasad M.S.B.A. In vitro antibacterial effect of the leaf extract of *Murraya koenigii* on cell membrane destruction against pathogenic bacteria and phenolic compounds identification. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020; 33: 101010. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.101010>
2. Alagawany M., El-Hack M.E.A., El-Kholy M.S. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016; 23(7): 6774–6782. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5919-z>
3. Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. The *Boswellia serrata* resin in broiler chicken diets and mineral elements content and meat nutritional value. *Biological Trace Element Research*. 2017; 179(2): 294–303. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0966-6>
4. Amachawadi R.G., Scott H.M., Aperce C., Vinasco J., Drouillard J.S., Nagaraja T.G. Effects of in-feed copper and tylosin supplementations on copper and antimicrobial resistance in fecal enterococci of feedlot cattle. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 118(6): 1287–1297. <https://doi.org/10.1111/jam.12790>
5. Vasilchenko A.S. et al. Antimicrobial activity of the indolicidin-derived novel synthetic peptide In-58. *Journal of Peptide Science*. 2017; 23(12): 855–863. <https://doi.org/10.1002/psc.3049>
6. Andjelković M. et al. Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. *Food Chemistry*. 2006; 98(1): 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.044>
7. Attia G., El-Eraky W., Hassanein E., El-Gamal M., Farahat M., Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *International Journal of Poultry Science*. 2017; 16(9): 344–353. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.344.353>
8. Beghelli D., et al. *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. aqueous extracts in growing-finishing pig nutrition: effects on antioxidant status, immune responses, polyphenolic content and sensorial properties. *Journal of Food Research*. 2019; 8(2): 90–99. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n2p90>
9. Brogna D.M.R. et al. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*. 2014; 96(2-A): 744–749. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.019>
10. Dev S.K., Choudhury P.K., Srivastava R., Sharma M. Antimicrobial, anti-inflammatory and wound healing activity of polyherbal formulation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019; 111: 555–567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.075>
11. Duskaev G.K., Kazachkova N.M., Ushakov A.S., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F. The effect of purified Quercus cortex extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Veterinary world*. 2018; 11(2): 235–239. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.235-239>
12. Fasinu P.S., Bouic P.J., Rosenkranz B. An overview of the evidence and mechanisms of herb–drug interactions. *Frontiers in Pharmacology*. 2012; 3: 69. <https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00069>
13. Yausheva E., Kosyan D., Duskaev G., Kvan O., Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2019; 9(4): 4168–4171. <https://doi.org/10.33263/BRIAC94.168171>

REFERENCES

1. Abuga I., Sulaiman S.F., Wahab R.A., Ooi K.L., Rasad M.S.B.A. In vitro antibacterial effect of the leaf extract of *Murraya koenigii* on cell membrane destruction against pathogenic bacteria and phenolic compounds identification. *European Journal of Integrative Medicine*. 2020; 33: 101010. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.101010>
2. Alagawany M., El-Hack M.E.A., El-Kholy M.S. Productive performance, egg quality, blood constituents, immune functions, and antioxidant parameters in laying hens fed diets with different levels of *Yucca schidigera* extract. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016; 23(7): 6774–6782. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5919-z>
3. Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowska B., Samolińska W. The *Boswellia serrata* resin in broiler chicken diets and mineral elements content and meat nutritional value. *Biological Trace Element Research*. 2017; 179(2): 294–303. <https://doi.org/10.1007/s12011-017-0966-6>
4. Amachawadi R.G., Scott H.M., Aperce C., Vinasco J., Drouillard J.S., Nagaraja T.G. Effects of in-feed copper and tylosin supplementations on copper and antimicrobial resistance in fecal enterococci of feedlot cattle. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 118(6): 1287–1297. <https://doi.org/10.1111/jam.12790>
5. Vasilchenko A.S. et al. Antimicrobial activity of the indolicidin-derived novel synthetic peptide In-58. *Journal of Peptide Science*. 2017; 23(12): 855–863. <https://doi.org/10.1002/psc.3049>
6. Andjelković M. et al. Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. *Food Chemistry*. 2006; 98(1): 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.044>
7. Attia G., El-Eraky W., Hassanein E., El-Gamal M., Farahat M., Hernandez-Santana A. Effect of dietary inclusion of a plant extract blend on broiler growth performance, nutrient digestibility, caecal microflora and intestinal histomorphology. *International Journal of Poultry Science*. 2017; 16(9): 344–353. <https://doi.org/10.3923/ijps.2017.344.353>
8. Beghelli D., et al. *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. aqueous extracts in growing-finishing pig nutrition: effects on antioxidant status, immune responses, polyphenolic content and sensorial properties. *Journal of Food Research*. 2019; 8(2): 90–99. <https://doi.org/10.5539/jfr.v8n2p90>
9. Brogna D.M.R. et al. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*. 2014; 96(2-A): 744–749. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.019>
10. Dev S.K., Choudhury P.K., Srivastava R., Sharma M. Antimicrobial, anti-inflammatory and wound healing activity of polyherbal formulation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2019; 111: 555–567. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.075>
11. Duskaev G.K., Kazachkova N.M., Ushakov A.S., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F. The effect of purified Quercus cortex extract on biochemical parameters of organism and productivity of healthy broiler chickens. *Veterinary world*. 2018; 11(2): 235–239. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.235-239>
12. Fasinu P.S., Bouic P.J., Rosenkranz B. An overview of the evidence and mechanisms of herb–drug interactions. *Frontiers in Pharmacology*. 2012; 3: 69. <https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00069>
13. Yausheva E., Kosyan D., Duskaev G., Kvan O., Rakhmatullin S. Evaluation of the impact of plant extracts in different concentrations on the ecosystem of broilers' intestine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2019; 9(4): 4168–4171. <https://doi.org/10.33263/BRIAC94.168171>

14. Giannenas I. *et al.* Effects of dietary oregano essential oil, laurel essential oil and attapulgit on chemical composition, oxidative stability, fatty acid profile and mineral content of chicken breast and thigh meat. *European Poultry Science*. 2016; 80. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.134>
15. Herkel' R. *et al.* The effect of a phytogetic additive on nutritional composition of turkey meat. *Journal of Central European Agriculture*. 2016; 17(1): 25–39. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.1.1664>
16. Hoseinifar S.H., Zou H.K., Miandare H.K., Van Doan H., Romano N., Dadar M. Enrichment of common carp (*Cyprinus carpio*) diet with medlar (*Mespilus germanica*) leaf extract: effects on skin mucosal immunity and growth performance. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.023>
17. Alagbe J.O. Effect of Feeding Different Levels of *Luffa aegyptiaca* Extracts on the Growth Performance of Broiler Chicken Fed Corn-Soya Meal Diet. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2019; 7(4): 287–297. <https://doi.org/10.33945/SAMI/IJABBR.2019.4.1>
18. Kamal S.A., Mohammed G.J., Hameed I.H. Antimicrobial, Anti-inflammatory, Analgesic Potential and Cytotoxic Activity of *Salvadora persica*: A review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2018; 9(3): 393–398. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00242.5>
19. Karamać M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by Tannin Constituents of Selected Edible Nuts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2009; 10(12): 5485–5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
20. Khokhar S., Apenten R.K.O. Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure–activity relations. *Food Chemistry*. 2003; 81(1): 133–140. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00394-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00394-1)
21. Koné A.P., Desjardins Y., Gosselin A., Cinq-Mars D., Guay F., Saucier L. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Science*. 2019; 150: 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.013>

ОБ АВТОРАХ

Галимжан Калиханович Дускаев,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (3532) 30-81-70
gduskaev@mail.ru
<https://doi.org/0000-0002-9015-8367>

Ольга Вилориевна Кван,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (922) 548-56-57
kwan111@yandex.ru,
<https://doi.org/0000-0002-0561-7002>

Елена Владимировна Шейда,

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. +7 (922) 862-64-02
elena-shejjda@mail.ru <https://doi.org/0000-0002-2586-613X>

Шамиль Гафиуллинович Рахматуллин,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия,
Тел. +7 (922) 815-72-25
shahm2005@rambler.ru <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>

Георгий Иванович Левахин,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия
Тел. 8 (3532) 30-81-70
fncbst@mail.ru

14. Giannenas I. *et al.* Effects of dietary oregano essential oil, laurel essential oil and attapulgit on chemical composition, oxidative stability, fatty acid profile and mineral content of chicken breast and thigh meat. *European Poultry Science*. 2016; 80. <https://doi.org/10.1399/eps.2016.134>
15. Herkel' R. *et al.* The effect of a phytogetic additive on nutritional composition of turkey meat. *Journal of Central European Agriculture*. 2016; 17(1): 25–39. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.1.1664>
16. Hoseinifar S.H., Zou H.K., Miandare H.K., Van Doan H., Romano N., Dadar M. Enrichment of common carp (*Cyprinus carpio*) diet with medlar (*Mespilus germanica*) leaf extract: effects on skin mucosal immunity and growth performance. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 346–352. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.023>
17. Alagbe J.O. Effect of Feeding Different Levels of *Luffa aegyptiaca* Extracts on the Growth Performance of Broiler Chicken Fed Corn-Soya Meal Diet. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2019; 7(4): 287–297. <https://doi.org/10.33945/SAMI/IJABBR.2019.4.1>
18. Kamal S.A., Mohammed G.J., Hameed I.H. Antimicrobial, Anti-inflammatory, Analgesic Potential and Cytotoxic Activity of *Salvadora persica*: A review. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2018; 9(3): 393–398. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2018.00242.5>
19. Karamać M. Chelation of Cu(II), Zn(II), and Fe(II) by Tannin Constituents of Selected Edible Nuts. *International Journal of Molecular Sciences*. 2009; 10(12): 5485–5497. <https://doi.org/10.3390/ijms10125485>
20. Khokhar S., Apenten R.K.O. Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure–activity relations. *Food Chemistry*. 2003; 81(1): 133–140. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00394-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00394-1)
21. Koné A.P., Desjardins Y., Gosselin A., Cinq-Mars D., Guay F., Saucier L. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Science*. 2019; 150: 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.013>

ABOUT THE AUTHORS

Galimzhan Kalikhanovich Duskaev,

Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. +7 (3532) 30-81-70
gduskaev@mail.ru
<https://doi.org/0000-0002-9015-8367>

Olga Vilorievna Kvan,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. +7 (922) 548-56-57
kwan111@yandex.ru,
<https://doi.org/0000-0002-0561-7002>

Elena Vladimirovna Sheida,

Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory of Biological Tests and Examinations, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8-922-862-64-02
elena-shejjda@mail.ru <https://doi.org/0000-0002-2586-613X>

Shamil Gafullovich Rakhmatullin,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the S.G. Leushin Department of Animal Feeding and Feed Technology, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8 (922) 815-72-25
shahm2005@rambler.ru <https://doi.org/0000-0003-0143-9499>

Georgy Ivanovich Levakhin,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Animal Feeding and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 January 9th Str., Orenburg, 460000, Russia
Tel. 8 (3532) 30-81-70
fncbst@mail.ru

УДК 631: 631.821: 631.816

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85

А.В. Ивенин ✉,
Ю.А. Богомолова,
А.П. Саков

Нижегородский государственный
агротехнологический университет,
Нижний Новгород, Россия

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Поступила в редакцию:
04.04.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85

Alexey V. Ivenin ✉,
Yulia A. Bogomolova,
Alexander P. Sakov

Nizhny Novgorod State Agrotechnological
University, Nizhny Novgorod, Russia

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Received by the editorial office:
04.04.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы от уровня минерального питания на фоне последействия известкования в условиях Нижегородской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современный уровень сельскохозяйственного производства немалозначим без применения средств химизации: извести, минеральных удобрений. Проведение известкования кислых почв с внесением минеральных удобрений является важным приемом комплексной мелиорации. Избыточная кислотность среды является одной из главных причин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур.

Методы. Исследование проводили в длительном стационарном опыте в Нижегородской области на светло-серой лесной почве. Изучались влияние различных доз минеральных удобрений на фоне последействия извести на продуктивность звена севооборота и изменение показателей кислотности и степени насыщенности основаниями почвы. Опыт закладывался по двухфакторной схеме.

Результаты. В статье говорится о том, что к 2022 году последействия различных изучаемых доз извести не влияют на изменение уровня продуктивности кормовых культур звена севооборота: викоовес (вика-овес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п. Суммарная продуктивность составляет 19,6–20,8 т/га к. е. по фактору применения извести в 1978 г. Наибольшую продуктивность изучаемого звена севооборота обеспечивают тройные дозы минеральных удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е.

Примененные дозы извести (при закладке опыта) к 2022 г. не влияют на изменения агрохимических (обменная, гидролитическая кислотности и степень насыщенности почвы основаниями) показателей в 20-сантиметровом слое почвы. Применение тройных и двойных доз минеральных удобрений способствует подкислять почву по сравнению с вариантами без применения минеральных удобрений и одинарными дозами.

Ключевые слова: минеральные удобрения, доза извести, клевер, вико-овсяная смесь, длительный стационарный опыт

Для цитирования: Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П. Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы от уровня минерального питания на фоне последействия известкования в условиях Нижегородской области. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 80–85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85>

© Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П.

The change in agrochemical parameters of light gray forest soil from the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the Nizhny Novgorod region

ABSTRACT

Relevance. The modern level of agricultural production is inconceivable without the use of chemicals: lime, mineral fertilizers. Liming acidic soils with the introduction of mineral fertilizers are important methods of complex land reclamation. Excessive acidity of the medium is one of the main reasons for low productivity of agricultural crops.

Methods. The research was carried out in a long-term stationary experiment in the Nizhny Novgorod region on light gray forest soil. The influence of various doses of mineral fertilizers on the background of lime aftereffect on the productivity of the crop rotation link and changes in the acidity and degree of saturation of the soil bases were studied. The experience was based on a two-factor scheme.

Results. The article says that by 2022, the aftereffects of various studied lime doses do not affect changes in the level of productivity of fodder crops of the crop rotation link: vica-oats (vico-oats) + clover — clover 1 g. p. — clover 2 g. p. — clover 3 g. p. The total productivity is 19.6–20.8 t/ha by the factor of lime application in 1978. The greatest productivity of the studied crop rotation link is provided by triple doses of mineral fertilizers (24.4 t/ha by the standard), double and single doses provide the level of productivity of the crop rotation link in 20.0–20.1 t/ha by the standard, the cultivation of forage crops according to the natural agrophone provides a productivity level of 17.2 t/ha k. e.

The applied lime doses, when laying the experiment, by 2022 do not affect the changes in agrochemical (exchange, hydrolytic density and the degree of saturation of the soil with bases) indicators in the twenty-centimeter soil layers. The use of triple and double doses of mineral fertilizers contributes to acidifying the soil compared to options without the use of mineral fertilizers and single doses.

Key words: mineral fertilizers, lime dose, clover, vico-oat mixture, long stationary experience

For citation: Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P. The change in agrochemical parameters of light gray forest soil from the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 80–85 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85>

© Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P.

Введение/Introduction

Высокий уровень развития сельскохозяйственного производства является основным стимулом для активизации агропромышленного комплекса страны. Однако с целью максимального удовлетворения первичных потребностей общества возникает необходимость не только в повышении плодородия почвы, но и в рационализации использования земельными ресурсами, что невозможно без использования средств химизации, в частности органических и минеральных удобрений, известкования [1–3].

Избыточная кислотность почвы (наличие водородных ионов в почвенном растворе и обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе (ППК) является одной из первопричин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур. На кислых почвах снижается коэффициент усвояемости макро- и микроэлементов питания — как из самой почвы, так и из применяемых агроариями минеральных и органических удобрений [4–6].

Также практически все сельскохозяйственные культуры угнетаются при повышенной кислотности почвы: они относятся к культурам, для которых наиболее благоприятной является кислотность, близкая к нейтральной — pH_{KCl} 6,0–6,5 (пшеница, ячмень, клевер), или переносящим умеренную кислотность и щелочность pH_{KCl} 5,5–7,0 (озимая рожь, овес, гречиха).

Повышение кислотности до pH_{KCl} 4,5–5,0 может повлечь снижение их продуктивности в 1,5–2 раза. При этом необходимо учитывать: несмотря на то что отдельные факторы жизни растений не могут быть заменены другими, создание более благоприятных условий для их роста и развития может ослабить негативное действие лимитирующего фактора (в том числе и неблагоприятную реакцию среды).

Отрицательное влияние повышенного содержания в почве ионов водорода и алюминия на большинство культурных растений может быть минимизировано за счет повышения плодородия почвы (на хорошо гумусированных буферных почвах с высокой степенью насыщенности ППК основаниями, с высоким содержанием элементов питания, оптимальными условиями по увлажнению и тепловому режиму отрицательное влияние повышенной кислотности на развитие сельскохозяйственных растений несколько нивелируется) [7–10]. Поэтому изучение влияния известкования с применением различных доз минерального питания в ротации севооборота является актуальной задачей современного сельскохозяйственного производства.

Цель исследований — изучить влияние различных доз минеральных удобрений и последствий известкования на продуктивность звена севооборота и изменение показателей кислотности и степени насыщенности основаниями светло-серой лесной почвы в условиях Нижегородской области.

Материалы и методы исследований /

Materials and methods

Исследования проводили в 2019–2022 гг. в длительном стационарном опыте, заложенном в 1978 г. на опытном поле Нижегородского НИИСХ. Стационар включен

в Реестр длительных полевых опытов Россельхозакадемии (№ 073) и является достоянием российской аграрной науки, имеет аттестат и строго регламентированную методику проведения.

Почва светло-серая лесная, в период закладки опыта (1978 г.) — сильноокислая (pH_{KCl} 4,3, Нг — 3,69 мг-экв. на 100 г почвы), с высоким содержанием подвижных форм фосфора (252,0 мг/кг) и средним содержанием обменного калия (117,0 мг/кг), слабогумусированная (1,60).

Представлены результаты наблюдений звена севооборота: вико-овес (викоовес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п.

Опыт проводили по схеме:

- фактор А — дозы минеральных удобрений: $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{45}P_{30}K_{45}$ (одинарная), $N_{90}P_{60}K_{90}$ (двойная), $N_{135}P_{90}K_{135}$ (тройная) под вико-овсяную смесь с подсевом клевера и $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{15}P_{40}K_{60}$ (одинарная), $N_{30}P_{80}K_{120}$ (двойная), $N_{60}P_{160}K_{180}$ (тройная) под клевер 1, 2, 3 г. п.;
- фактор В — известкование в дозах по 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 гидролитической кислотности (г. к.). Известкование проведено доломитовой мукой в 1978 г.

Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки — 108,0 м², учетная — 64,0 м².

В 2019 г. началась шестая ротация севооборота: возделывание вико-овсяной смеси с одновременным подсевом клевера. Сорта: овес Яков, вико яровая Белорозовая 109, клевер Мартум.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур исследуемого звена севооборота: предшественник — ячмень Яромир. После уборки ячменя провели традиционную обработку почвы с использованием зяблевой вспашки на глубину 20–22 см.

Сев вико-овсяной смеси провели 3 мая 2019 г. с одновременным подсевом семян клевера. Внесение минеральных удобрений проводили согласно схеме опыта вразброс (вручную): в 2019 г. под предпосевную культивацию АКШ-4.2 на глубину 4–6 см, в 2020–2022 гг. по пласу клевера 1, 2 и 3 г. п. с заделкой зубовой бороной БЗСС-1,0 на глубину 4–6 см.

Минеральные удобрения: диаммофоска ($N:P_2O_5:K_2O$) — 10%:26%:26%, хлористый калий (K_2O) — 60%, аммиачная селитра — 34,4%.

Уборку вико-овсяной смеси и клевера провели роторной косилкой КРН-2,1 путем скашивания зеленой массы (в фазу восковой спелости у вики — 6 августа; от бутонизации до начала цветения у клевера: 18 июня — в 2020 г., 15 июня — в 2021 г., 12 июня — в 2022 г.) Зеленой массу вико-овсяной смеси и клевера учитывали сплошным методом с пересчетом на абсолютно сухое вещество (СВ).

Кислотность почвы определяли: pH солевой вытяжки потенциометрически — по ГОСТ 26483-85¹, гидролитическую кислотность — по ГОСТ 26212-91², сумму поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу — по ГОСТ 27821-88³.

Математическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову⁴ с использованием программы статистической обработки Statist (США).

¹ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

² ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

³ ГОСТ 27821-2020 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Агропромиздат. 2011; 251.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Погодные условия вегетационного периода 2019 г. были засушливыми (ГТК Селянинова составили величины 1,10, при среднемноголетнем значении — 1,24). Погодные условия вегетационных периодов 2020 г. и 2022 г. полностью соответствовали требованиям роста и развития растений клевера (ГТК Селянинова, соответственно, составили 1,30 и 1,41).

Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были в целом неблагоприятными (ГТК — 0,70), при этом ГТК за I декаду июня составил 2,00, что выше средних многолетних значений июня (ГТК — 1,30). Несмотря на неравномерность выпадения осадков в 2021 г., погодные условия в целом за вегетацию позволили сформировать урожай зеленой массы клевера 2 г. п. на уровне 2020 г.

К моменту уборки клевера 3 г. п. в 2022 г. агрохимические показатели почвы находились на уровне своих показателей в период закладки полевого опыта в 1978 г. Средняя обменная кислотность почвы по фактору применения извести в 20-сантиметровом слое почвы (фактор В) находилась в интервале 4,13–4,35 единиц pH_{KCl} (изначальная кислотность составляла ту же величину — pH_{KCl} 4,3; по группировке почв по степени кислотности — сильнокислые при сильной степени нуждаемости почв в известковании) и не имела

существенных различий от применения изучаемых доз известкового материала ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 0,23) (последствие проведенного мероприятия не прослеживается).

Гидролитическая кислотность не отличалась по вариантам применения известкового материала и также находилась на уровне ее показателей при закладке полевого опыта (3,69 мг-экв. на 100 г почвы) в интервале 3,27–3,91 мг-экв / 100 г почвы ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 0,65).

Сумма поглощенных оснований — в интервале 9,4–10,7 мг-экв / 100 г почвы ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 1,36) и соответствует своим показателям в период закладки почвы (10,8 мг-экв / 100 г почвы) (табл. 1).

Применение тройных и двойных доз минеральных удобрений в среднем по фактору А увеличивает обменную кислотность до pH_{KCl} 4,11 по сравнению с вариантами полевого опыта без применения минеральных удобрений (pH_{KCl} 4,36) при $HCP_{0,5}$ по фактору А — 0,19) и применения одинарных доз (pH_{KCl} 4,38 при $HCP_{0,5}$ по фактору А — 0,19).

В целом эта же тенденция просматривается и при рассмотрении показателя гидролитической кислотности в слое почвы 0–20 см: средняя гидролитическая кислотность по фактору применения минеральных удобрений при тройной и двойной дозах способствует увеличению кислотности до H_r 3,76 мг-экв / 100 г почвы,

Таблица 1. Влияние удобрений и последствие известкования на физико-химические показатели почвы в слое 0–20 см (закладка 1978 г.)

Table 1. The effect of fertilizers and the aftereffect of liming on the physico-chemical parameters of the soil in layer of 0–20 cm (bookmark 1978)

Фон NPK (фактор А)	Дозы CaCO ₃ , г. к. (фактор В)						Среднее по фактору А	HCP _{0,5} (фактор А)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
pH _{KCl}								
(NPK) ₀	4,34	4,29	4,23	4,58	4,45	4,27	4,36	0,19
(NPK) ₁	4,21	4,30	4,52	4,40	4,45	4,42	4,38	
(NPK) ₂	4,05	4,09	4,08	4,20	4,25	4,00	4,11	
(NPK) ₃	3,92	3,87	4,51	4,05	4,28	4,05	4,11	
Среднее по фактору В	4,13	4,14	4,34	4,31	4,35	4,19	–	
HCP _{0,5} (фактор В)	0,23							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	0,47							
H _r , мг-экв / 100 г почвы								
(NPK) ₀	3,37	3,16	3,20	2,73	3,83	3,22	3,25	0,48
(NPK) ₁	3,80	3,81	3,37	2,97	3,03	3,16	3,34	
(NPK) ₂	3,82	4,09	3,63	3,56	3,52	3,93	3,76	
(NPK) ₃	4,38	4,57	3,03	3,81	3,07	3,68	3,76	
Среднее по фактору В	3,84	3,91	3,28	3,27	3,36	3,50	–	
HCP _{0,5} (фактор В)	0,65							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	1,18							
S, мг-экв / 100 г почвы								
(NPK) ₀	9,9	12,0	11,2	11,6	11,4	10,5	11,1	1,11
(NPK) ₁	9,0	9,2	11,6	11,0	10,3	10,1	10,2	
(NPK) ₂	9,7	8,7	9,9	11,0	9,8	9,6	9,6	
(NPK) ₃	8,8	8,5	10,2	9,0	9,2	8,6	9,8	
Среднее по фактору В	9,4	9,6	10,7	10,7	10,2	9,7	–	
HCP _{0,5} (фактор В)	1,36							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	2,73							

что на 0,51 мг-экв / 100 г почвы выше по сравнению с применением нулевых доз минеральных удобрений (3,25 мг-экв / 100 г, НСР₀₅ по фактору А — 0,48) (табл. 1).

Различий по показателю суммы обменных оснований по всем вариантам полевого опыта выявлено не было (табл. 1).

По результатам исследований видно, что к 2022 г. последствия различных изучаемых доз известки в полевом опыте не влияют на изменения уровня урожайности вико-овсяной смеси (9,1–10,6 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,7), клевера 1 г. п. (6,7–8,2 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,6), клевера 2 г. п. (7,1–8,0 т/га к. е.

Таблица 2. Влияние удобрений и последствие разных доз известкования на урожайность зеленой массы сельскохозяйственных культур за 2019–2022 гг. (в пересчете на абсолютно СВ), т/га к. е.

Table 2. The effect of fertilizers and the aftereffect of different doses of liming on the yield of green mass of agricultural crops for 2019–2022. (in terms of absolutely dry matter), t/ha f. u.

Фон NPK (фактор А)	Дозы СаСО ₃ , г. к. (фактор В)						Среднее по фактору А	НСР _{0,5} (фактор А)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
Урожайность вико-овсяной смеси 2019 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	7,1	5,2	8,4	8,3	8,2	9,1	7,7	1,5
(NPK) ₁	8,8	9,2	9,3	9,4	9,6	10,6	9,5	
(NPK) ₂	10,6	10,6	10,4	10,5	10,7	10,8	10,6	
(NPK) ₃	10,6	11,5	11,6	2,0	11,9	12,1	11,6	
Среднее по фактору В	9,3	9,1	9,9	10,1	10,1	10,6	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,7							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,2							
Урожайность клевера 1 г. п. 2020 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	5,4	3,9	7,0	5,0	8,7	6,1	6,0	1,2
(NPK) ₁	5,2	7,6	7,9	8,2	7,6	8,2	7,4	
(NPK) ₂	8,6	6,1	9,5	6,8	6,9	8,9	7,8	
(NPK) ₃	9,9	9,3	7,5	9,8	8,4	9,6	9,1	
Среднее по фактору В	7,3	6,7	8,0	7,5	7,9	8,2	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,6							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,0							
Урожайность клевера 2 г. п. 2021 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	6,1	7,9	6,4	5,0	6,8	7,0	6,5	1,3
(NPK) ₁	8,5	6,6	8,3	6,9	7,7	7,2	7,5	
(NPK) ₂	6,9	8,2	6,4	8,1	6,0	5,5	6,9	
(NPK) ₃	7,8	9,2	7,3	8,3	10,4	9,6	8,8	
Среднее по фактору В	7,3	8,0	7,1	7,1	7,7	7,3	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,7							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,1							
Урожайность клевера 3 г. п. 2022 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	4,9	4,7	4,3	4,9	4,6	4,3	4,6	1,1
(NPK) ₁	7,0	6,0	4,4	3,4	3,9	6,1	5,1	
(NPK) ₂	4,7	6,0	4,5	4,8	6,1	5,9	5,3	
(NPK) ₃	5,7	6,7	6,7	7,3	6,0	6,7	6,5	
Среднее по фактору В	5,6	5,9	5,0	5,1	5,2	5,8	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,3							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	2,6							
Суммарная урожайность кормовых культур за 2020–2022 гг., т/га к. е.								
(NPK) ₀	16,4	16,5	17,7	14,9	20,1	17,4	17,2	–
(NPK) ₁	20,7	20,2	20,6	18,5	19,2	21,5	20,1	
(NPK) ₂	20,2	20,3	20,4	19,7	19,0	20,3	20,0	
(NPK) ₃	23,4	25,2	21,5	25,4	24,8	25,9	24,4	
Среднее по фактору В	20,2	20,6	20,1	19,6	20,8	21,3	–	

при НСР₀₅ по фактору В — 1,7), клевера розового 3 г. п. (5,0–5,9 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,3) (табл. 2).

Применение всех изучаемых доз минеральных удобрений (одинарной, двойной и тройной) обеспечивает прибавку в урожае вико-овсяной смеси и клевера 1 г. п. по сравнению с естественным (нулевая доза) агрофоном полевого опыта (табл. 2).

Применение изучаемых тройных доз минеральных удобрений позволило повысить среднюю урожайность клевера 2 и 3 г. п. по сравнению с вариантами с естественным плодородием почвы и вариантами применения одинарных и двойных доз минерального питания до 8,8 т/га к. е. в 2021 г. и до 6,5 т/га к. е. в 2022-м (табл. 2).

В целом за ротацию изучаемого звена севооборота выявлено, что наибольшую продуктивность обеспечивают тройные дозы изучаемых удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е. (табл. 2).

Выводы/Conclusion

Изменения агрохимических (обменная, гидролитическая кислотности и степень насыщенности почвы основаниями) показателей в 20-сантиметровом слое почвы к 2022 г. не зависят от изучаемых доз извести, примененных при закладке длительного стационарного опыта в 1978 г.

Установлено, что к 2022 г. последствия различных изучаемых доз извести в полевом опыте не влияют на изменения уровня продуктивности кормовых культур звена севооборота (вика-овес (викоовес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п.). Суммарная продуктивность звена севооборота составляет 19,6–20,8 т/га к. е. по фактору применения извести в 1978 г.

Наибольшую продуктивность изучаемого звена севооборота обеспечивают тройные дозы минеральных удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е.

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госрегистрация № АААА-А19-119042290131-9).

FUNDING

The study was carried out at the expense of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation State registration (No. АААА19-119042290131-9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусное состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; (10): 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
2. Карабутов А.П., Соловichenko В.Д., Никитин В.В., Навольнева Е.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов. *Земледелие*. 2019; (2): 3–8. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
3. Шаповалова Н.Н., Менкина Е.А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018; (5): 43–46. <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91>
4. Сорокин И.Б., Сиротина Е.А. Известкование — один из факторов повышения плодородия почв Томской области. *Агрохимический вестник*. 2019; (1): 7–10. <https://elibrary.ru/yxmdil>
5. Комиссарова В.С., Богомолова Ю.А., Сюбаева А.О. Влияние длительного последствия известкования и систематического применения удобрений на кислотность светло-серой лесной почвы. *Плодородие*. 2018; (2): 6–8. <https://elibrary.ru/xrvfwf>
6. Тиранов А.Б., Григорьев А.В. Влияние биологических приемов в звене кормового севооборота на продуктивность и плодородие почвы. *Аграрная наука*. 2022; (9): 79–83. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-79-83>
7. Антонов В.Г., Ермолаев А.П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018; (4): 87–92. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
8. Ивенин В.В., Ивенин А.В., Шубина К.В., Минеева Н.А. Сравнительная эффективность возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (3): 27–32. <https://elibrary.ru/ytnsst>
9. Пилипенко Н.Г., Днепровская В.Н. Эффективность ресурсосберегающих технологий предпосевной обработки почвы в полевом севообороте. *Земледелие*. 2012; (4): 29–30. <https://elibrary.ru/pbyknb>
10. Дригидер В.К., Стукалов Р.С., Гаджимаров Р.Г., Вайцеховская С.С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы. *Земледелие*. 2019; (6): 28–32. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

REFERENCES

1. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; (10): 83–87 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
2. Karabutov A.P., Solovichenko V.D., Nikitin V.V., Navolneva E.V. Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations. *Zemledelie*. 2019; (2): 3–8 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
3. Shapovalova N.N., Menkina Ye.A. Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; (5): 43–46 (In Russian). <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91>
4. Sorokin I.B., Sirotnina E.A. Liming of acid soils — improvement of soil fertility in the Tomsk region. *Agrochemical Herald*. 2019; (1): 7–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/yxmdil>
5. Komissarova V.S., Bogomolova Ju.A., Syubaeva A.O. The influence of long after-effect of liming and systematic application of mineral fertilizers on the acidity indicators of light-grey forest soil. *Plodородie*. 2018; (2): 6–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/xrvfwf>
6. Tiranov A.B., Grigoriev A.V. The influence of biological techniques in the feed crop rotation link on soil productivity and fertility. *Agrarian science*. 2022; (9): 79–83 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-79-83>
7. Antonov V.G., Ermolaev A.P. The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (4): 87–92 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
8. Ivenin V.V., Ivenin A.V., Choubina K.V., Mineeva N.A. Comparative efficiency of technologies of cultivation of grain crops in the crop rotation link on light grey forest soils of the Volga-Vyatka region. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2018; (3): 27–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytnsst>
9. Pilipenko N.G., Dneprovskaya V.N. Efficiency of resource-saving technologies of pre-sowing soil treatment in field crop rotation. *Zemledelie*. 2012; (4): 29–30 (In Russian). <https://elibrary.ru/pbyknb>
10. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G., Veytsekhovskaya S.S. Influence of crop rotation on the efficiency of arable land use at the cultivation of field crops without soil tillage. *Zemledelie*. 2019; (6): 28–32 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

ОБ АВТОРАХ

Алексей Валентинович Ивенин,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
a.v.ivenin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7072-4029>

Юлия Александровна Богомолова,
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-3727-115>

Александр Петрович Саков,
кандидат сельскохозяйственных наук, Нижегородский
государственный агротехнологический университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
nnovniish@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

ABOUT THE AUTHORS

Alexey Valentinovich Ivenin,
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
a.v.ivenin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7072-4029>

Yulia Aleksandrovna Bogomolova,
Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Alexander Petrovich Sakov,
Candidate of Agricultural Sciences,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
nnovniish@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

М.-Р.А. Казиев ✉,
Н.Р. Магомедов,
С.А. Теймуров

Федеральный аграрный научный центр
Республики Дагестан, Махачкала, Россия

✉ samteim@rambler.ru

Поступила в редакцию:
08.03.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Magomed-Rasul A. Kaziev ✉,
Nurulislam R. Magomedov,
Samir A. Teymurov

Federal agricultural research center
of the Republic of Dagestan, Makhachkala,
Russia

✉ samteim@rambler.ru

Received by the editorial office:
08.03.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Совершенствование системы обработки почвы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Основной причиной снижения урожаев сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы является ухудшение условий для формирования мощной корневой системы и активной ее деятельности, поэтому физические свойства почв имеют важное значение в деле повышения эффективного плодородия почв и получения высоких урожаев возделываемых культур. Правильное регулирование агрофизических свойств почвы является главной задачей обработки почвы. Цель исследования — изучение влияния системы обработки почвы по фазам развития озимой пшеницы в орошаемой равнинной зоне на агрофизические показатели лугово-каштановой почвы и продуктивность зерна.

Методы. Полевой опыт осуществляли в орошаемой зоне Терско-Сулакской подпровинции на лугово-каштановой почве. Схема опыта включала систему обработки почв (поливной полупар и полупар) и удобрений (на трех уровнях минерального питания для озимой пшеницы).

Результаты. Применение систем обработки поливного полупара и полупара в орошаемом земледелии Терско-Сулакской подпровинции благоприятно воздействует на агрофизические свойства почвы, которые способны противостоять размыванию пашни от водной эрозии, способствует продуктивности озимой пшеницы. Характеризуя оценку исследования по системам обработки почвы при возделывании озимой пшеницы, преимущественные показатели по полупаровой системе обработки связаны с лучшим содержанием продуктивной влаги, агрофизических свойств почвы и внесением минеральных удобрений, что повлияло на увеличение урожая и структуру зерна. Таким образом, определена адаптивная система обработки лугово-каштановой почвы в условиях орошения.

Ключевые слова: плодородие, лугово-каштановая почва, обработка почвы, агрофизические свойства, минеральные удобрения, фаза развития, озимая пшеница

Для цитирования: Казиев М.-Р.А., Магомедов Н.Р., Теймуров С.А. Совершенствование системы обработки почвы в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 86–92. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>

© Казиев М.-Р.А., Магомедов Н.Р., Теймуров С.А.

Improvement of the tillage system in the conditions of irrigation of the Tersko-Sulak substructure

ABSTRACT

Relevance. The main reason for the decrease in crop yields during soil compaction is the deterioration of conditions for the formation of a powerful root system and its active activity, therefore, the physical properties of soils are important in increasing the effective fertility of soils and obtaining high yields of cultivated crops. Proper regulation of the agrophysical properties of soils is the main task of tillage. The aim of the study is to study the influence of the tillage system on the phases of development of winter wheat in the irrigated plain zone on the agrophysical indicators of meadow-chestnut soil and grain productivity.

Methods. The field experiment was carried out in the irrigated zone of the Tersko-Sulak substructure on meadow-chestnut soil. The scheme of the experiment includes a system of tillage (irrigation half-steam and half-steam) and fertilizers (at 3 levels of mineral nutrition for winter wheat).

Results. The use of irrigation half-steam and half-steam treatment systems in irrigated agriculture of the Tersko-Sulak substructure has a beneficial effect on the agrophysical properties of the soil, which are able to resist the erosion of arable land from water erosion, contributes to the productivity of winter wheat. Characterizing the evaluation of the study on tillage systems for winter wheat cultivation, the predominant indicators for the semi-steam treatment system are associated with a better content of productive moisture, agrophysical properties of soils and the introduction of mineral fertilizers, which affected the increase in yield and grain structure. Thus, an adaptive system of meadow-chestnut soil treatment under irrigation conditions has been determined.

Key words: fertility, meadow-chestnut soil, tillage, agrophysical properties, mineral fertilizers, development phase, winter wheat

For citation: Kaziev M.-R.A., Magomedov N.R., Teymurov S.A. Improvement of the tillage system in the conditions of irrigation of the Tersko-Sulak substructure. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 86–92 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-86-92>

© Kaziev M.-R.A., Magomedov N.R., Teymurov S.A.

Введение/Introduction

Устанавливая систему обработки почвы, нужно в первую очередь учитывать почвенно-климатические условия, характер предшествующего использования поля, засоренность его сорняками, механический состав, засоленность, структурность и плотность почвы, а также биологию культур, под посев которых она отводится.

Основной причиной снижения урожаев сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы является ухудшение условий для формирования мощной корневой системы и активной ее деятельности [1], поэтому физические свойства почв имеют важное значение в деле повышения эффективного плодородия почв и получения высоких урожаев возделываемых культур. Правильное регулирование агрофизических свойств почвы является главной задачей ее обработки.

Невозможно повышение плодородия почвы без правильной и рациональной ее обработки, особенно сейчас, когда резко сократилось внесение органических и минеральных удобрений [2, 3]. Необходимо помнить, что, применяя совершенные системы обработки почвы и правильно используя удобрения, можно коренным образом изменить физические и химические свойства почвы и создать благоприятные условия для роста и развития пшеницы [4]. Регионы с аридным климатом и недостаточным увлажнением осадков летом обуславливают применение влагосберегающих технологических приемов для возделывания зерновых культур [5, 6]. Поэтому приемы обработки почвы осуществляются с учетом конкретных особенностей каждого хозяйства и обрабатываемого поля, следует считать важнейшим звеном в комплексе агрономических мероприятий в целях повышения уровня плодородия почв и роста урожайности сельскохозяйственных культур¹.

Цель исследования — изучение влияния системы обработки почвы по фазам развития озимой пшеницы в орошаемой равнинной зоне на агрофизические показатели лугово-каштановой почвы, урожайность и структуру зерна.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Полевой опыт осуществляли в 2015–2019 гг. в орошаемой зоне Терско-Сулакской подпровинции ОС им. С.М. Кирова Хасавюртовского района Республики Дагестан Российской Федерации.

Схема опыта включает систему обработки почв (а) и удобрений (б):

а) система обработки почвы: 1 — поливной полупар (контроль) включает влагозарядковый полив вслед за уборкой озимой пшеницы с использованием оставшейся после предшественника оросительной сети нормой 1200 м³/га, два-три дискования по мере отрастания сорняков (июль — август), отвальную вспашку на 20–22 см в начале II декады сентября, продольно-поперечное дискование с одновременным боронованием во II декаду сентября; 2 — полупаровая система: лущение стерни на глубину 6–8 см, отвальная вспашка на 20–22 см в III декаде июля, выравнивание поверхности почвы мала-

выравнивателем, полив нормой 1200 м³/га в III декаде августа, дискование с одновременным боронованием;

б) система удобрений (на трех уровнях минерального питания) для озимой пшеницы (сорт Крупинка):

1 — контроль (без внесения минеральных удобрений),

2 — N₉₀P₅₀ (N₁₀P₅₀) аммофоса под основную обработку, N₃₀ аммиачной селитры в фазе кущения, N₃₀ в фазе выхода в трубку, N₂₀ карбонида в фазе колошения,

3 — N₁₈₀P₁₀₀ (N₂₀P₁₀₀) под основную обработку, N₆₀ в фазе кущения, N₆₀ в фазе выхода в трубку, N₄₀ в фазе колошения.

Посевная площадь: опытной делянки (S_п) — 112,5 м² (7,5 x 15), учетной (S_у) — 100,8 м² (7,2 x 14), повторность — трехкратная.

Почва лугово-каштановая карбонатная тяжелосуглинистая с слабощелочным составом (в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26483-85)² pH — 7,0–7,5, содержание гумуса в почве (по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-91)³ — 2,94–3,70%, динамика содержания подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26205-91)⁴ в пахотных слоях почвы составляла, соответственно, 1,8–2,3 и 40,8–45,3 мг / 100 г почвы. Плотность верхних слоев почвы — 1,25–1,32 г/см³.

Климат исследуемого района Терско-Сулакской подпровинции Дагестана умеренно континентальный с неустойчивым выпадением осадков летом и значительным притоком солнечной радиации при сумме активных температур 3669 °С (выше +10 °С). Годовые атмосферные осадки — 482 мм, в весенне-летний период — 167–203 мм. Испарение с поверхности почвы — 815–917 мм, восполняется орошением.

Гистограмма средней температуры в зимний период составляет 0,25–2,6 °С, в летний — 24,1–26,4 °С. Абсолютный температурный минимум попадает на пик января (–12,2 °С), в свою очередь, абсолютный максимум выходит на июль (+39,2 °С).

Линейная тенденция изменения температуры за 2010–2020 гг. положительная, становится теплее из-за изменения климата, что подтверждается наблюдениями.

Во время проведения опытов в 2015 году вегетационный период (апрель — май) характеризовался как очень засушливый (ГТК = 0,59) при выпадении в средней сумме осадков 96 мм. В 2016 году — слабо засушливый (ГТК = 1,21), 202 мм осадков, в 2017 году — засушливый (ГТК = 0,99), 152 мм осадков, в 2018–2019 гг. период вегетации характеризовался как сухой (ГТК = 0,39–0,34), осадков выпало, соответственно, 68 мм и 61 мм.

Анализ данных метеонаблюдений получен с метеостанции «Хасавюрт» с учетом среднемноголетних (за последние 10 лет). Влагообеспеченность вегетационного периода озимой пшеницы является гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова Г.Т., которое рассчитывали по формуле⁵:

$$ГТК = r/0,1Σ > 10^{\circ}$$

Изучение агрофизических и водно-физических свойств почвы осуществляли в соответствии с методами, изданными в специализированной литературе^{6, 7}.

¹ Абдурагимов П.А., Караев А.Г., Нураева Э.А. Обработка почвы Дагестана. Махачкала: Дагкнигоиздат. 1974; 60.

² ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

³ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁴ ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

⁵ Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата: мировой агроклиматический справочник. Л.-М. 1977; 220.

⁶ Мазиров М.А., Шеин Е.В., Корчагин А.А., Шушкевич Н.И., Дембовецкий А.В. Полевые исследования свойств почв: учеб. пособие к полевой практике для студентов, обучающихся по направлению подготовки 021900 «Почвоведение». Владимир: Изд-во ВлГУ. 2012; 72.

⁷ Гилёв В.Ю. Физика почв: учеб.-метод. указания по полевой практике. Пермь. 2012; 37.

Обработка почвы под озимые после стерневых предшественников проводилась по системе, разработанной ФАНЦ РД для равнинной зоны Республики Дагестан⁸. Наблюдение за фенологическими фазами растений (от посева до созревания), оценку биологической урожайности и структуры зерна проводили по общепринятой методике⁹, статистический анализ — по Б.А. Доспехову¹⁰ и программе MS Excel 2019 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

От складывающихся погодных условий обработка почвы должна быть направлена на сохранение и накопление влаги, от чего напрямую зависит урожайность озимой пшеницы. Из данных таблицы 1 видно, что в первый период развития озимой пшеницы запас продуктивной влаги в пахотном слое почвы был выше на 2,8 мм на варианте с полупаровой обработкой, чем у поливного полупара. Количество продуктивной влаги перед посевом в пахотной почве составлял от 16,8 до 19,6 мм, во время возобновления весенней вегетации часть накопившейся влаги аккумулируется в несколько раз (от 32,2 до 34,7 мм). К фазе полной спелости количество влаги в пахотном слое снижается из-за ее активного потребления растениями. В начале кущения озимая пшеница формирует вторичную корневую систему, элементы которой выходят за пределы пахотного слоя, поэтому определяющим в формировании урожая (вегетативная масса, генеративные органы) является содержание запаса влаги в метровом слое почвы.

В таблице 2 запас продуктивной влаги в метровом слое по обработке почв полупара в период возобнов-

ления весенней вегетации озимой пшеницы был выше, чем у поливного полупара, на 13,7 мм, соответственно, перед уборкой — на 25,8 мм, по суммарному водопотреблению и коэффициенту водопотребления на одно зерно — выше по системе обработки поливного полупара на 12,1 мм и, соответственно, на 69,7 м³/т полупара.

В агрономическом отношении ценными почвенными агрегатами являются комковато-зернистая структура с размером от 0,25 до 10 мм, обладающая пористостью и водопрочностью, которая обуславливает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы [7, 8].

Применение системы обработки почвы (поливного полупара и полупара) благоприятно воздействует на структуру агрегатного состава пахотного слоя и развитие растений (табл. 3). Наибольшее количество формирования пылевидной фракции в фазе полной спелости способствует устойчивости к действию эрозии и дефляции благодаря созданию среднекомковатой структуры.

Данные исследований по структуре почв в сравнении с обработкой поливного полупара и полупара свидетельствуют о незначительных изменениях в пахотном слое почвы (в период вегетации пшеницы). По системе обработки полупара агрономически ценная структура (0,25–10 мм) была выше, чем у поливного полупара, на 5,4%, водопрочным агрегатам — на 6,5%, коэффициенту структурности — на 0,16%.

Определяющим параметрическим фактором в земледелии является физическое состояние почвы [9]. Изучение структурно-агрегатного состава почвы в совокупности связано с плотностью и пористостью, характерного для каждого горизонта почвы.

Таблица 1. Запас продуктивной влаги пахотного и метрового слоя почвы при разных системах обработки почвы под посев озимой пшеницы за 2015–2019 гг., мм

Table 1. The supply of productive moisture of the arable and meter-long soil layer with different tillage systems for sowing winter wheat for 2015–2019, mm

Показатели	Системы обработки почвы					
	поливной полупар			полупар		
	0–20 см	0–100 см	урожайность, т/га	0–20 см	0–100 см	урожайность, т/га
Перед посевом	16,8	108,9	4,08*	19,6	123,6	4,49*
Весеннее кущение	32,2	114,6		34,7	128,3	
Полная спелость	11,5	39,7		15,3	65,5	
НСР ₀₅ для 0–20 см, мм — 1,69 НСР ₀₅ для 0–100 см, мм — 16,68						

Примечание: * Средняя урожайность озимой пшеницы по всем вариантам опыта (НСР₀₅ в 2015 г. — 0,28, в 2017 г. — 0,26, в 2018 г. — 0,27, в 2019 г. — 0,26, в 2019 г. — 0,30), т/га.

Таблица 2. Влияние разных систем обработки почвы на водный баланс под посевами озимой пшеницы (среднее за 2021–2022 гг.)

Table 2. Influence of different tillage systems on the water balance under winter wheat crops (average for 2021–2022)

Показатели	Технология системы обработки почвы	
	поливной полупар	полупар
Запасы продуктивной влаги в начале весенней вегетации в слое 0–100 см, мм	114,6	128,3
Запасы продуктивной влаги перед уборкой в слое 0–100 см, мм	39,7	65,5
Сумма осадков за вегетационный период, мм	115,8	115,8
Суммарное водопотребление, мм	190,7	178,6
Коэффициент водопотребления, м ³ /т	467,4	397,7

⁸ Система ведения сельского хозяйства в Дагестане. Махачкала: Дагкнигоиздат. 1976; 617.

⁹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос. 2019; 329.

¹⁰ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 6-е изд. Москва: Альянс. 2011; 351.

Таблица 3. Содержание агрегатов в слое 0–20 см в зависимости от способа систем обработки почвы в разные фазы вегетации озимой пшеницы (2015–2019 гг.)

Table 3. The content of aggregates in a layer of 0–20 cm, depending on the method of tillage systems in different phases of winter wheat vegetation (2015–2019)

Период отбора почвенного образца по фазам	Содержание агрегатов, %				Коэффициент структурности ($K_{стр}$)
	> 10 мм	< 0,25 мм	0,25–10 мм	водопрочных	
Поливной полупар					
Всходы	31,9	10,4	64,6	46,7	1,53
Кущение	35,3	11,6	57,9	48,2	1,24
Полная спелость	36,8	12,0	51,7	48,0	1,06
По всем фазам	34,6	11,3	58,1	47,6	1,27
Полупар					
Всходы	28,1	11,5	69,4	52,0	1,75
Кущение	34,0	12,4	62,5	54,4	1,35
Полная спелость	36,3	12,9	58,6	55,7	1,19
По всем фазам	32,8	12,3	63,5	54,1	1,43
НСР ₀₅	4,28	0,38	2,45	3,01	0,15

Таблица 4. Влияние разных систем обработки на плотность и пористость почвы по фазам развития озимой пшеницы (2015–2019 гг.)

Table 4. Influence of different processing systems on soil density and porosity by phases of winter wheat development (2015–2019)

Период отбора почвенного образца по фазам	Слой почвы, см	Плотность, г/см³		Общая пористость, %
		сложения почвы	твердой фазы почвы	
Поливной полупар				
Всходы	0–10	1,15	2,59	55,6
	10–20	1,24	2,63	52,8
	20–30	1,27	2,63	51,7
	0–30	1,22	2,62	53,4
Кущение	0–10	1,18	2,65	55,5
	10–20	1,26	2,67	52,8
	20–30	1,28	2,68	52,3
	0–30	1,24	2,66	53,4
Полная спелость	0–10	1,28	2,70	52,6
	10–20	1,30	2,72	52,2
	20–30	1,31	2,73	52,1
	0–30	1,29	2,72	52,6
По всем фазам	0–30	1,25	2,66	53,2
Полупар				
Всходы	0–10	1,12	2,60	56,9
	10–20	1,17	2,62	55,4
	20–30	1,23	2,63	53,3
	0–30	1,17	2,62	55,4
Кущение	0–10	1,15	2,64	56,4
	10–20	1,24	2,66	53,4
	20–30	1,26	2,66	52,6
	0–30	1,22	2,65	53,9
Полная спелость	0–10	1,25	2,68	53,4
	10–20	1,28	2,70	52,6
	20–30	1,28	2,71	52,7
	0–30	1,27	2,70	53,3
По всем фазам	0–30	1,22	2,66	54,2
НСР ₀₅ по двум системам обработки почвы (0–30 см)		0,04	0,04	2,02

Исследования почв под посевами озимой пшеницы показали, что на вариантах с разными системами обработки в фазах полной спелости (конец вегетации) по сравнению со всходами (возобновление весенней вегетации) характеризовалась меньшими показателями плотности и пористости по всем слоям почвы, плотность повышается от весны к уборке их урожая. В системах обработки почвы (в слое 0–30 см) в начале весенней вегетации она (?) составляла 1,19 г/см³, перед уборкой увеличилась до 1,28 г/см³. Плотность сложения на варианте поливного полупара в 0–30 см составила 1,22 г/см³ и 1,29 г/см³ и твердой фазы — 2,62 г/см³ и 2,72 г/см³ при общей пористости 53,4% и 52,6%, соответственно, по полупаровой обработке 1,17 г/см³ и 1,22 г/см³, 2,62 г/см³ и 2,70 г/см³, 55,4% и 53,3% (табл. 4).

Несущественную разницу на плотность и пористость почв по фазам вегетации озимой пшеницы в 0–30 см (1,22–1,25 г/см³ и 53,2–54,2%) показало применение обработки почв поливного полупара и полупара, что подтверждается дисперсионным анализом к полученным данным (НСР₀₅ — 0,04 г/см³ и 2,02%).

Таким образом, применение изучаемых технологий обработки почв не выявило существенной разницы на плотность и пористость почвы в период вегетации

озимой пшеницы в 0–30 см (1,22–1,25 г/см³ и 53,2–54,2%), что подкрепляется дисперсионным анализом к полученным данным (НСР₀₅ — 0,04 г/см³ и 2,02%).

Опыты по обеим системам обработки почв под посев озимой пшеницы показывают благоприятные агрофизические свойства и не приводили к значительным переуплотнениям пахотного слоя, что также подтверждается другими исследованиями [10].

На основании исходных данных урожайности зерна озимой пшеницы, которые представлены на рисунке 1, можно сделать вывод, что применение полупаровой обработки с системой удобрений обеспечивает получение более высокого урожая по сравнению с обработкой поливного полупара в варианте «контроль без удобрений» на 0,33 т/га (10,6%), N₉₀P₅₀ — на 0,41 т/га (8,8%), N₁₈₀P₁₀₀ — на 0,49 т/га (8,8%).

Влияние систем обработки почв и удобрений на структуру урожая озимой пшеницы показало (среднее по всем вариантам опыта): по количеству растений — 362–398 шт/м² (НСР₀₅ — 25,13), по общему количеству растений — 397–429 шт/м² (НСР₀₅ — 49,62), по количеству продуктивных стеблей — 382–419 шт/м² (НСР₀₅ — 17,97), по массе зерна с одного колоса — 1,06–1,06 г (НСР₀₅ — 0,04), по массе 1000 зерен — 36,6–36,8 г (НСР₀₅ — 1,38).

Как количество растений, так и продуктивных стеблей на единице площади по полупаровой обработке было больше, чем на поливном полупаре. Лучшие данные были получены в варианте с внесением повышенной дозы минеральных удобрений (N₁₈₀P₁₀₀) на фоне полупаровой системы обработки почвы, где количество растений на 1 м² составило 412 шт. (7,3%), общее количество растений — 480 шт/м² (5,6%), продуктивных стеблей — 457 шт/м² (7,2%), масса зерна с одного колоса — 1,22 г (2,0%), масса 1000 семян — 40,7 г (1,6%).

Данные по структуре урожая зерна озимой пшеницы определили положительную оценку полупаровой обработки, при котором (по сравнению с поливным полупаром) увеличилось: количество растений (по всем вариантам опыта) на 1 м² — на 36 шт., общее — на 32 шт., продуктивных стеблей — на 37 шт., масса зерна

Рис. 1. Влияние разных систем обработки почвы и систем удобрений на урожайность зерна озимой пшеницы за 2015–2019 гг., т/га

Fig. 1. Influence of different tillage systems and fertilizer systems on winter wheat grain yield for 2015–2019, t/ha

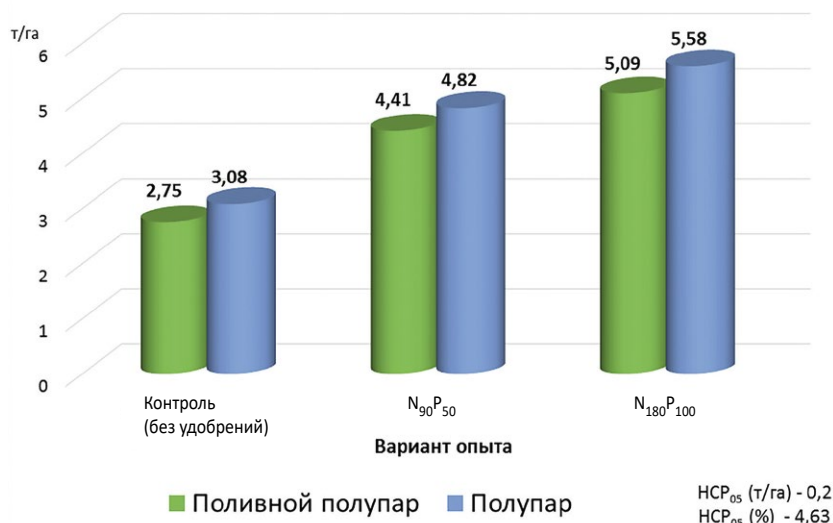
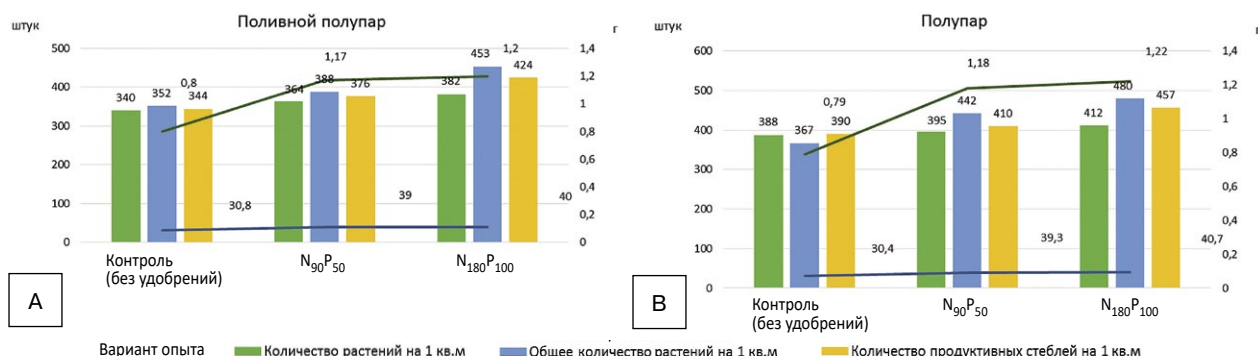


Рис. 2. Влияние разных систем обработки почв (поливной полупар (А) и полупар (В)) и систем удобрений на структуру зерна озимой пшеницы за 2015–2019 гг., т/га

Fig. 2. Influence of different tillage systems (irrigated semi-fallow (A) and semi-fallow (B)) and fertilizer systems on the grain structure of winter wheat for 2015–2019, t/ha



с одного колоса — на 0,07 г, масса с 1000 зерен — на 0,2 г. Этому способствовало более высокое содержание запасов продуктивной влаги метрового слоя почвы и позволило увеличить производство зерна на 9,2% (рис. 2).

Таким образом, в условиях орошения показатели структуры зерна озимой пшеницы в среднем за 2015–2019 гг. достигнуты в варианте с внесением повышенной дозы минеральных удобрений ($N_{180}P_{100}$) при обработке почвы по системе полупара, что на 5,6–7,3% больше, чем при системе поливного полупара.

Выводы/Conclusion

Данные за 2015–2019 гг. в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции Республики Дагестан при возделывании озимой пшеницы по фазам ее развития на лугово-каштановой тяжелосуглинистой почве показали, что содержание продуктивной влаги в период возобновления весенней вегетации и перед началом уборки в метровом слое при применении систем обработки поливного полупара составляло 114,6 мм и 39,7 мм, соответственно, у по-

лупара — 128,3 мм и 65,5 мм, при этом коэффициент водопотребления у поливного полупара был выше на 69,7 м³/т, чем у полупаровой обработки.

Применение обработки почв поливного полупара и полупара в условиях орошения не имело существенного различия по плотности почвы, что дает основание для дальнейшего исследования сопутствующих его факторов.

Данные по урожайности и структуре зерна озимой пшеницы с использованием системы обработки почвы и удобрений показали: урожай зерна у поливного полупара составил 4,49 т/га (на 9,1%) и был выше, чем у поливного полупара на вариантах: контроль (без удобрений) — на 0,33 т/га (10,6%), $N_{90}P_{50}$ — на 0,41 т/га (8,8%), $N_{180}P_{100}$ — на 0,49 т/га (8,8%); по структуре зерна с обработкой полупара также было выше по сравнению с поливным полупаром по всем вариантам опыта (среднее) по количеству растений на 1 м² — на 36 шт. (9,1%), общее — на 32 шт. (7,5%), продуктивных стеблей — на 37 шт. (8,8%), масса зерна с одного колоса — на 0,07 г, с 1000 зерен — на 0,2 г.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

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

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

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

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «ФАНЦ РД» (тема № 1220211800247-5 FNMN-2022-0010) «Совершенствование адаптивно-ландшафтной системы земледелия на основе разработки новых ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур и агроэкологической оценки земель, разработать теоретические и методологические основы решения проблемы устойчивого развития АПК в обеспечении продовольственной безопасности региона».

FUNDING

The materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the FSBSI «Federal agricultural research center of the Republic of Dagestan» (topic No. 1220211800247-5 FNMN-2022-0010) «Improving the adaptive landscape system of agriculture based on the development of new resource-saving technologies for cultivating crops and agroecological assessment of land, to develop theoretical and methodological foundations for solving the problem of sustainable development of agriculture in ensuring the food security of the region».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теймуров С.А., Ярмагомедов А.Н., Рамазанов А.В., Бабаев Т.Т. Влияние видов удобрений на динамику питательных веществ в пахотном слое лугово-каштановой почвы в условиях орошения. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; (2): 51–55. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/2/51-55>
2. Лошаков В.Г. Севооборот и другие биологические факторы воспроизводства плодородия почвы. *Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Судогорского опытного поля*. Владимир: ВНИИОУ Россельхозакадемии. 2013; 1: 148–159. <https://elibrary.ru/wmvcyux>
3. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В. Влияние систем удобрения на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность севооборотов в условиях Верхневолжья. *Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии*. Суздаль. 2013; 1: 58–62. <https://elibrary.ru/viwnncn>
4. Абдурагимов П.А., Керимханов С.У., Увайсов М.Д., Бекбулатов С.К. Обработка почв и урожай: научные основы и зональные особенности обработки почвы в Дагестане. Махачкала: Дагкнигоиздат. 1983; 132.
5. Гаевая Э.А., Мищенко А.Е. Урожайность озимой пшеницы и запас продуктивной влаги. *Зерновое хозяйство России*. 2015; (4): 13–16. <https://elibrary.ru/uhlcoz>
6. Цветков М.Л., Манылова О.В. Режим влажности парового поля в зернопаровых севооборотах в условиях Алтайского Приобья. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014; (3): 14–19. <https://elibrary.ru/rzarev>
7. Солодовников А.П., Летучий А.В., Степанов Д.С., Шагиев Б.З., Линьков А.С. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимализации основной обработки. *Земледелие*. 2015; (1): 5–7. <https://elibrary.ru/tilihl>

REFERENCES

1. Teymurov S.A., Yarmagomedov A.N., Ramazanov A.V., Babaev T.T. Influence of fertilizers types on the nutrients dynamics in the arable layer of a meadow chestnut soil. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; (2): 51–55 (In Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/2/51-55>
2. Loshakov V.G. Crop rotation and other biological factors of reproduction of soil fertility. *Systems for the use of organic fertilizers and renewable resources in landscape agriculture. Collection of reports of the All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the Sudogorsky Experimental field*. Vladimir: All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat of the Russian Agricultural Academy. 2013; 1: 148–159 (In Russian). <https://elibrary.ru/wmvcyux>
3. Shramko N.V., Vikhoreva G.V. The influence of fertilizer systems on the fertility of sod-podzolic soils and crop rotation productivity in the conditions of the Upper Volga region. *Innovative technologies of cultivation of agricultural crops in the Non-Chernozem region. All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the formation of the Vladimir Research Institute of the Russian Agricultural Academy*. Suzdal. 2013; 1: 58–62 (In Russian). <https://elibrary.ru/viwnncn>
4. Abduragimov P.A., Kerimkhanov S.U., Uvaysov M.D., Bekbulatov S.K. Soil treatment and harvest: scientific foundations and zonal features of soil cultivation in Dagestan. *Makhachkala: Dagestan Book Publishing House*. 1983; 132 (In Russian).
5. Gaevaya E.A., Mishchenko A.E. Winter wheat productivity and moisture reserves. *Grain Economy of Russia*. 2015; (4): 13–16 (In Russian). <https://elibrary.ru/uhlcoz>
6. Tsvetkov M.L., Manylova O.V. Moisture regime of fallow field in cereal-fallow rotations in the priobye (the Ob river area) of the Altai Region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2014; (3): 14–19 (In Russian). <https://elibrary.ru/rzarev>
7. Solodovnikov A.P., Letuchiy A.V., Stepanov D.S., Shagiev B.Z., Linkov A.S. The dynamics of the Southern Chernozem density while minimizing the primary tillage. *Zemledelie*. 2015; (1): 5–7 (In Russian). <https://elibrary.ru/tilihl>

8. Небытов В.Г. Изменения свойств чернозема выщелоченного под влиянием сельскохозяйственного использования и защитного лесоразведения. *Почвоведение*. 2005; (6): 741–749. <https://elibrary.ru/hsgawl>
9. Теймуров С.А., Абдулгалимов М.М. Изучение водно-физических свойств орошаемых каштановых типов почв в условиях Терско-Сулакской подпровинции. *Горное сельское хозяйство*. 2022; (1): 20–25. <https://doi.org/10.25691/GSH.2022.1.004>
10. Магомедов Н.Р., Сулейманов Д.Ю., Абдуллаев А.А., Абдуллаев Ж.Н., Гаджиев М.М. Адаптивная технология возделывания озимой твердой пшеницы в Терско-Сулакской подпровинции Дагестана в условиях орошения. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020; (6): 68–71. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-16117>

ОБ АВТОРАХ

Магомед-Расул Абдусаламович Казиев,
доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник, заведующий отделом
агроландшафтного земледелия,
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
ул. А. Шахбанова, д. 30, Махачкала, 367014, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-6929-9034>

Нурулислан Раджабович Магомедов,
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный
сотрудник,
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
ул. А. Шахбанова, д. 30, Махачкала, 367014, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-4393-3321>

Самир Агаларович Теймуров,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник,
Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан,
ул. А. Шахбанова, д. 30, Махачкала, 367014, Россия
samteim@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0336-7380>

8. Nebytov V.G. Changes in the properties of leached Chernozem upon its agricultural use and field-protective afforestation. *Eurasian Soil Science*. 2005; 38(6): 656–663. <https://elibrary.ru/lixxr>

9. Teymurov S.A., Abdulgaliyev M.M. Study of water-physical properties of irrigated chestnut soil types in the conditions of the Tersko-Sulak subprovincion. *Gornoe sel'skoe khozyaystvo*. 2022; (1): 20–25 (In Russian). <https://doi.org/10.25691/GSH.2022.1.004>

10. Magomedov N.R., Suleymanov D.Y., Abdullaev A.A., Abdullaev Zh.N., Hajiyev M.M. Adaptive technology of winter solid wheat cultivation in Tersco-Sulak subprovincion of Dagestan under irrigation conditions. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2020; (6): 68–71 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-16117>

ABOUT THE AUTHORS

Magomed-Rasul Abdusalomovich Kaziyeu,
Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher,
Head of the Department of Agricultural Landscape Agriculture,
Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan,
30 A.Shahbanov Str., Makhachkala, 367014, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-6929-9034>

Nurulislam Rajabovich Magomedov,
Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher,
Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan,
30 A.Shahbanov Str., Makhachkala, 367014, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-4393-3321>

Samir Agalarovich Teymurov,
Candidate of Agricultural Sciences,
Leading Researcher,
Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan,
30 A.Shahbanov Str., Makhachkala, 367014, Russia
samteim@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0336-7380>

УДК 631.828; 633.853.494

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

О.Ю. Соловьев¹ ✉,
В.К. Швидченко²,
И.А. Евсеенко¹

¹ Северо-Казахстанская
сельскохозяйственная опытная станция,
с. Шагала, Северо-Казахстанская обл.,
Казахстан

² Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

✉ solovyev_1990@mail.ru

Поступила в редакцию:
17.01.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97

Oleg Yu. Soloviev¹ ✉,
Vladimir K. Shvidchenko²,
Inna A. Yevseyenko¹

¹ North Kazakhstan Agricultural Experimental
Station, Shagalaly village, North Kazakhstan
region, Kazakhstan

² Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical
University, Astana, Kazakhstan

✉ solovyev_1990@mail.ru

Received by the editorial office:
17.01.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Влияние минеральных удобрений на формирование сухого вещества и урожайность ярового рапса в условиях Северного Казахстана

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Актуальным трендом развития сельскохозяйственного производства является возделывание ярового рапса как высокопродуктивной и экспортной культуры. Минеральное питание является неотъемлемой частью повышения резистентности рапса к неблагоприятным факторам среды, повышения и стабилизации урожайности.

Цель исследований — оценка эффективности различных форм и норм внесения минеральных удобрений на урожайность и морфобиологические показатели ярового рапса.

Методы. Полевые опыты закладывались на экспериментальном поле Северо-Казахстанской СХОС в 2018–2020 гг. Климат зоны — засушливый, сумма положительных температур — 2400–2700 °С, среднегодовое количество осадков — 240–330 мм, ГТК — 0,8–0,7. Почва — обыкновенный тяжелосуглинистый чернозем с нейтральной реакцией, гумус — 4,5–5,0%.

Объект исследования — гибрид ярового рапса САЛЬСА CL F1 (00-тип, среднеранний). Учеты и наблюдения проведены по актуальным государственным стандартам, а также методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Результаты. В результате исследований установлено, что применение различных видов и норм минеральных удобрений обеспечивает прибавку урожайности ярового рапса 0,42–0,68 т/га. Наибольший эффект получен по варианту P80:N80 нитроаммофос с урожайностью 1,72 т/га, превышение стандарта на 64%. Данные факты подтверждаются структурным анализом полученного урожая, а также наблюдениями за динамикой нарастания сухой массы.

Ключевые слова: яровой рапс, минеральные удобрения, эффективность, продуктивность, масличность, структура урожайности

Для цитирования: Соловьев О.Ю., Швидченко В.К., Евсеенко И.А. Влияние минеральных удобрений на формирование сухого вещества и урожайность ярового рапса в условиях Северного Казахстана. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 93–97.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97>

© Соловьев О.Ю., Швидченко В.К., Евсеенко И.А.

The influence of mineral fertilizers on the formation of dry matter and the yield of spring rapeseed in the conditions of Northern Kazakhstan

ABSTRACT

Relevance. The current trend in the development of agricultural production is the cultivation of spring rape, as a highly profitable and export crop. Mineral nutrition is an integral part of increasing the resistance of rapeseed to adverse environmental factors, increasing and stabilizing yields.

The purpose of the research is to evaluate the effectiveness of various forms and norms of mineral fertilizers on the yield and morphobiological parameters of spring rape.

Methods. Field experiments were laid on the experimental field of the North Kazakhstan Agricultural Academy in 2018–2020. The climate of the zone is arid, the sum of positive temperatures is 2400–2700 °C, the average annual precipitation is 240–330 mm, GTC is 0.8–0.7. The soil is ordinary heavy loamy chernozem with a neutral reaction, humus is 4.5–5.0%.

The object of the study is a hybrid of spring rapeseed SALSA CL F1 (00-type, medium early). Records and observations were carried out according to current state standards, as well as the methodology for conducting state variety testing of agricultural crops.

Results. As a result of the research, it was found that the use of various types and norms of mineral fertilizers provides an increase in the yield of spring rapeseed of 0.42–0.68 t/ha. The greatest effect was obtained for the P80:N80 nitroammophos variant, with a yield of 1.72 t/ha, exceeding the standard by 64%. These facts are confirmed by the structural analysis of the obtained crop, as well as observations of the dynamics of the increase in dry matter.

Key words: spring rapeseed, mineral fertilizers, efficiency, productivity, oil content, yield structure

For citation: Soloviev O.Yu., Shvidchenko V.K., Yevseyenko I.A. The influence of mineral fertilizers on the formation of dry matter and the yield of spring rapeseed in the conditions of Northern Kazakhstan. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 93–97 (In Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-93-97>

© Soloviev O.Yu., Shvidchenko V.K., Yevseyenko I.A.

Введение/Introduction

Яровой рапс, несмотря на резкое падение цен в 2018–2019 гг., остается высокорентабельной экспортной культурой, способной резко повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Мировое производство по возделыванию рапса за последние 20 лет сильно возросло. Эта культура является важным источником возобновляемой энергии, создаются новые условия и технологии для использования масличного рапса [1, 2]. Посевные площади ярового рапса в Республике Казахстан в 2022 г. составили 141 854,1 га, при этом большая часть, или 57,3%, посевных площадей приходится на Северо-Казахстанскую область.

Несмотря на достаточную распространенность культуры и изученность ее технологии эффективного возделывания, средняя урожайность ярового рапса не превышает 11 ц/га, тогда как передовые хозяйства получают 24–25 ц/га¹. Основным фактором, с помощью которого возможно резко повысить продуктивность рапса, являются минеральные удобрения. Как и все капустные (крестоцветные) культуры, рапс имеет большую потребность в элементах питания. Интенсивное поглощение питательных веществ рапсом происходит от начала развития стебля до окончания цветения и довольно тесно коррелирует с динамикой нарастания (прироста) сухой фитомассы. Соотношение по выносу элементов питания (N:P:K = 1:0,45:0,85) подчеркивает высокую потребность рапса в азоте. Применение минеральных удобрений в дозе (NPK) 60 кг д. в. / га обеспечивает получение урожайности семян рапса на уровне 2,0 т/га, на контроле (PK) — 60–1,58 т/га. Доля использованных азотных удобрений в приросте урожая рапса составляет 24–34% от суммарного действия полного минерального удобрения (NPK). Окупаемость 1 кг действующего вещества азота прибавками урожая семян по вариантам опыта — 6,3–9,0 кг семян [3].

Эффективность удобрений зависит от требований культуры и исходного содержания элементов в почве. Для формирования урожая семян яровой рапс выносит значительно больше азота, фосфора, калия, и особенно серы, по сравнению с зерновыми злаковыми культурами. С увеличением норм внесения минеральных удобрений у растений ярового рапса повышается вероятность формирования фактической урожайности семян к планируемой, при этом в производственных условиях из-за внешних факторов планируемый уровень урожайности семян не формируется. Повышение уровня минерального питания за счет минеральных удобрений позволяет значительно повысить урожайность и масличность семян ярового рапса [4]. Обеспечение рапса минеральным питанием с целью получения высокой урожайности семян — один из важнейших элементов технологии возделывания этой культуры, при этом за годы исследований внесение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности семян на 0,9 т/га [5].

Однако несмотря на способность рапса интенсивно поглощать питательные элементы в период роста, его часто описывают как культуру с низкой способностью насыщения почвы азотом и низкой продуктивностью семян на единицу внесенного азота, что составляет примерно половину для зерновых [6]. При этом воздействие удобрений улучшает рост растений в высоту, увеличивает накопление сырой и сухой биомассы, что также отражается практически на всех элементах структуры уро-

жая, вследствие чего повышается и сама урожайность семян, достигая уровня 3,0–3,3 т/га при показателе неудовренного контроля 1,5 т/га [7]. Экспериментальными исследованиями также установлено увеличение количества стручков на растении, массы семян с одного растения и массы 1000 семян при применении минеральных удобрений, которое в итоге также выражается в значительной прибавке урожайности на удобренных вариантах [8, 9]. Поэтому улучшение эффективности использования азота и других элементов рапса имеет решающее значение для обеспечения конкурентоспособности этой культуры на агрономическом, экологическом и экономическом уровне [10].

Цель исследования — изучение влияния норм внесения минеральных удобрений в действующем веществе, широко представленных на рынке РФ и азиатских стран, с влиянием на урожайность и элементы структуры ярового рапса.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Полевые опыты закладывались на экспериментальном стационаре Северо-Казахстанской СХОС в 2018–2020 гг. в степной зоне Северо-Казахстанской области. Климат зоны — засушливый, среднеобеспеченный теплом. Среднегодовое количество осадков — 240–330 мм. Период вегетации колеблется в диапазоне 136–137 дней, среднесуточная температура воздуха — 2400–2500 °C, ГТК (гидротермический коэффициент) — 0,8–0,7. Рельеф равнинный с большим количеством неглубоких впадин, занятых озерами. Ландшафты характеризуются отсутствием лесов.

Почва опытного участка — карбонатный тяжелосуглинистый чернозем с нейтральной и слабощелочной реакцией, pH водной вытяжки — 7,8–8,1. Содержание гумуса — 4,5–5,0%.

Объект исследования — гибрид ярового рапса САЛЬСА CL F1 (00-тип, среднеранний), районированный в Северо-Казахстанской области и ежегодно занимающий более 5000–6000 га. Данный гибрид в большей степени раскрывает почвенно-климатический потенциал зоны обыкновенных черноземов и обеспечивает стабильную урожайность.

Схема опыта

1. Контроль (без удобрений)
2. P₁₂₀ фосфоритная мука: N₆₀ аммиачная селитра
3. P₈₀ фосфоритная мука: N₄₀ аммиачная селитра
4. P₈₀ N₈₀ нитроаммофос
5. P₈₀ аммофос: N₆₀ аммиачная селитра
6. P₆₀ аммофос: N₄₀ аммиачная селитра

Внесение доз P₁₂₀, P₈₀, P₆₀ минеральных удобрений (коэффициент обозначает норму внесенного удобрения в действующем веществе на 1 га): фосфоритная мука (ф. м.) P₂O₅ — 17%, нитроаммофос (наф.) — N 23%, P₂O₅ 23%, аммофос (амм) — N 10%, P₂O₅ 45% (под осеннюю культивацию на глубину 10–12 см с последующим прикатыванием), аммиачная селитра (аа) — N 34% (весной, перед посевом).

Учеты и наблюдения проведены по государственным стандартам, а также методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: определение нитратного азота — ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86²), подвижного

¹ Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. <https://stat.gov.kz/ru/>

² ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

фосфора — по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91³); методы определения содержания сухого вещества в зеленой массе (корма) — по ГОСТ 31640-2012⁴; урожайность и структура урожая — по Методике проведения государственного сортоиспытания сельскохозяйственных растений⁵; обработка полученных результатов исследований на достоверность проведена методом многофакторного дисперсионного анализа MANOVA⁶ с использованием программного обеспечения Microsoft Excel и пакета программ Statistica 10.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Применение минеральных удобрений оказывает существенное регулирующее воздействие на рост и урожайность рапса [11]. Кроме того, научными исследованиями доказано, что внесение соответствующего количества минеральных удобрений (азотных, фосфорных) увеличивает содержание сухого вещества (СВ) растений, хлорофилла, скорость фотосинтеза и урожайность рапса [12].

Образование оптимальной вегетативной массы в большей степени обусловлено внесением удобрений. Прирост сухой биомассы на протяжении всего вегетационного периода идет неравномерно, изменяясь в зависимости от применяемых видов и норм минеральных удобрений.

Как показывают исследования в среднем за три года, интенсивный прирост сухой массы начинает проявляться на посевах рапса в фазе стеблевания (0,83–1,23 т/га). Согласно наблюдениям, отмечены слабый рост рапса до фазы образования боковых побегов и фазы стеблевания и начало интенсивного роста и развития в период «цветение — созревание». От цветения до созревания увеличение сухой массы происходило не только за счет роста вегетативной массы, но и за счет образования репродуктивных органов. Растения, получившие фосфор в смеси с азотом, имели темно-зеленую окраску листьев и большую листовую пластинку. По данным рисунка 1 видно, что более интенсивное накопление воздушно-сухой массы было на удобренных вариантах.

По результатам учета можно сказать, что наибольший эффект на накопление СВ оказал вариант $P_{120}F.MN_{60}aa$ с фосфоритной мукой и аммиачной селитрой. Превышение контроля в фазу цветения составило 54%, в фазу созревания — 80%. Незначительное отклонение от лучшего варианта обеспечил нитроаммофос $P_{80}N_{80}наф$, превышение стандарта — на 52,5–68,7% соответственно.

Снижение нормы внесения удобрений в варианте $P_{80}F.MN_{40}aa$ незначительно отразилось в период цветения, однако к периоду созревания отмечено значительное снижение биомассы на 13,0% от лучшего варианта.

Наиболее интенсивное накопление СВ на рапсе наблюдается на вариантах с внесением фосфоритной муки + аммиачная селитра, нитроаммофоса и аммофоса + аммиачная селитра.

По результатам дисперсионного анализа групповые средние различаются значимо ($HCP_{0,05}(f_{кр.})$ — 3,68), следовательно, результаты учета достоверны.

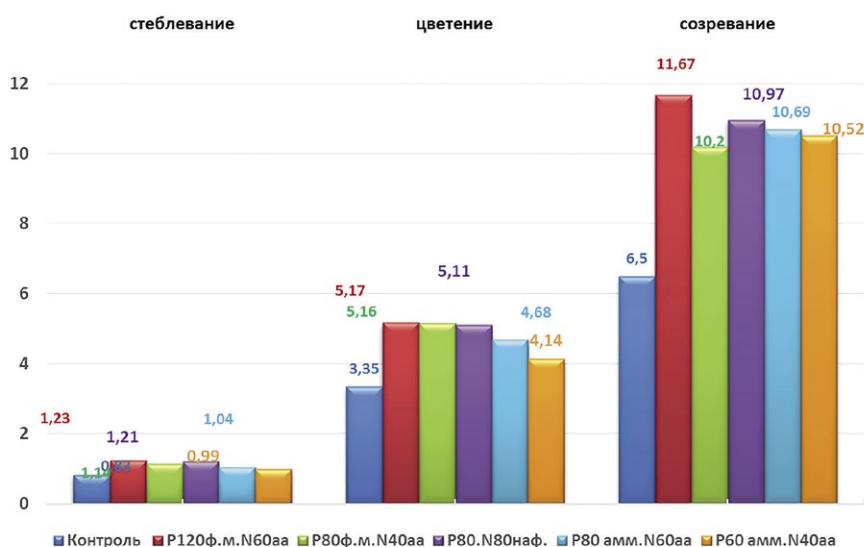
Биологической особенностью рапса является высокая потребность во влаге и элементах питания. В исследуемых годах внесение минеральных удобрений заметно повышало урожайность рапса (1,46–1,72 т/га) при урожае на контроле 1,04 т/га (табл. 1). При подсчете урожайности получены достоверные прибавки по всем удобренным вариантам при HCP 0,08–0,31 т/га.

Наибольшая прибавка получена по варианту $P_{80}N_{80}наф$ (0,68 т/га) при урожайности 1,72 т/га. Данный вариант также обеспечил самые высокие показатели структуры урожая и высокую выживаемость растений к уборке — 80,2%. Анализ морфометрических показателей урожая растений рапса показал, что прибавки урожая на удобренных вариантах получены в основном за счет увеличения: числа плодов на одном растении — на 13,5–20,8 шт/раст при контроле 36,1 шт/раст, числа семян в плоде — на 2,2–6,2 шт. Масса 1000 семян на удобренных вариантах — 3,2–3,5 г при контроле 3,0 г. Результаты учетов говорят о высоком влиянии видов и норм внесения минеральных удобрений на морфологические и биологические показатели вегетативных органов растений рапса.

Посредством проведения корреляционного анализа в исследовании ставилась цель выявления зависимости урожайности по вариантам опыта от параметров

Рис. 1. Динамика накопления сухого вещества растений рапса в зависимости от удобрений в 2018–2020 гг., т/га

Fig. 1. Dynamics of accumulation of dry matter in rapeseed plants depending on fertilizers in 2018–2020, t/ha



³ ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

⁴ ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

⁵ Правила проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений. Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан (доступно с 2021 г.). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011879> (дата обращения: 15 января 2023 г.).

⁶ Метод многомерного дисперсионного анализа (MANOVA). <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/beta?topic=statistics-multivariate-analysis-variance-manova>

Таблица 1. Урожайность и некоторые морфометрические показатели рапса в 2018–2020 гг.
Table 1. Yield and some morphometric indicators of rapeseed in 2018–2020

Вариант	Урожайность		Морфометрический показатель					
	т/га	+/-	Число растений по всходам, шт/м ²	Число растений перед уборкой, шт/м ²	% выживаемости к уборке	Кол-во плодов на одном растении, шт.	Число семян в одном плоде, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль	1,04	–	107	71	66,4	36,1	21,8	3,0
P ₁₂₀ F.MN ₆₀ aa	1,63	0,59	109	86	78,9	54,5	24,6	3,4
P ₈₀ F.MN ₄₀ aa	1,55	0,51	106	79	74,5	54,4	27,0	3,4
P ₈₀ N ₈₀ наф	1,72	0,68	111	89	80,2	56,9	28,0	3,5
P ₈₀ аммN ₆₀ aa	1,54	0,50	106	78	73,6	53,3	27,1	3,3
P ₆₀ аммN ₄₀ aa	1,46	0,42	110	85	77,3	49,6	24,0	3,2
НСР _{0,05}	0,08–0,31							
Корр.				0,83–0,98	–	0,50–0,78	0,86–0,95	0,86

независимых переменных (в нашем случае показателей структуры урожая), а также динамики нарастания сухой биомассы.

По результатам анализа выявлена высокая корреляционная зависимость показателей структуры на урожайность семян рапса: числа растений перед уборкой — на уровне 0,83–0,98 по вариантам опыта, что соответствует высокой степени тесноты связи (по шкале Чеддока), количества плодов на растении — 0,50–0,78 (заметная и высокая степень), числа семян в одном плоде — 0,86–0,95 (высокая степень), массы 1000 семян — 0,86 (высокая степень корреляции).

Динамика накопления СВ в зеленой массе растений рапса также обеспечила большую тесноту корреляционных связей с урожайностью. Уровень связи урожайности с содержанием СВ в фазу стеблевания составляет 0,93–0,95, к фазам цветения и созревания снижается до 0,86–0,96 (высокая и очень высокая степень связи).

В результате анализа воздействия каждого фактора на продуктивность ярового рапса выявлена высокая

зависимость влияния динамики нарастания СВ в зеленой массе растений по вариантам опыта и показателей структуры урожая.

Выводы/Conclusion

Согласно полученным результатам эксперимента выявлено, что применение различных видов и норм минеральных удобрений обеспечивало прибавку урожайности ярового рапса — 0,42–0,68 т/га. Наибольший эффект получен по варианту P₈₀N₈₀ нитроаммофос с урожайностью 1,72 т/га. Данные факты подтверждаются анализом морфометрических показателей полученного урожая, а также наблюдениями за динамикой нарастания сухой массы.

Математическая обработка взаимосвязи урожайности по вариантам опыта с показателями структуры урожая и динамики накопления сухой массы говорит о высокой положительной корреляции данных факторов на уровне высокой и очень высокой степени связи (по шкале Чеддока).

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 научно-технической программы BR10764908 «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана».

FUNDING

The materials were prepared in the framework of the scientific and technical program BR10764908 «Develop a farming system for the cultivation of crops (cereals, legumes, oilseeds and industrial crops) using elements of cultivation technology, differentiated nutrition, plant protection products and equipment for profitable production based on a comparative study of various cultivation technologies for the regions of Kazakhstan».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sims R.E.H., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith P. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology*. 2006; 12(11): 2054–2076. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x>
2. Koçar G., Civaş N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020; 28(12): 900–916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
3. Хайруллин А.М., Багаутдинов Ф.Я., Гайфуллин Р.Р., Валитов А.В., Ахияров Б.Г. Влияние форм азотных удобрений на урожайность и биохимический состав семян рапса ярового. *Пермский аграрный вестник*. 2019; (2): 101–109. <https://elibrary.ru/qlskws>
4. Нурлыгаянов Р.Б., Исмагилов Р.Р., Ахияров Б.Г., Исмагилов К.Р., Алимгафаров Р.Р. Особенности минерального питания ярового рапса. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019; (1): 29–31. <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-11007>

REFERENCES

1. Sims R.E.H., Hastings A., Schlamadinger B., Taylor G., Smith P. Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology*. 2006; 12(11): 2054–2076. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01163.x>
2. Koçar G., Civaş N. An overview of biofuels from energy crops: Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020; 28(12): 900–916. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.022>
3. Khairullin A.M., Bagautdinov F.Ya., Gaifullin R.R., Valitov A.V., Akhiyarov B.G. Influence of the nitrogen fertilizers forms on yield and biochemical composition of the spring rape seeds. *Perm Agrarian Journal*. 2019; (2): 101–109 (In Russian). <https://elibrary.ru/qlskws>
4. Nurligajnov R.B., Ismagilov R.R., Akhiyarov B.G., Ismagilov K.R., Alimgafarov R.R. Features of mineral nutrition of spring rape. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2019; (1): 29–31 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-11007>

5. Нурлыгаянов Р.Б., Филимонов А.Л. Минеральное питание ярового рапса. *Плодородие*. 2019; (2): 16–18. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.107.05>

6. Sylvester-Bradley R., Kindred D.R. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 2009; 60(7): 1939–1951. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp116>

7. Дзанагов С.Х., Чердзиев Д.А., Томаев А.Б. Влияние различных удобрений на ростовые процессы и урожайность ярового рапса на черноземе выщелоченном РСО-Алания. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2015; 52(3): 10–15. <https://elibrary.ru/uhldkn>

8. Байкалова Л.П., Бобровский А.В., Крючков А.А. Влияние минеральных удобрений и средств защиты растений на элементы структуры и урожайность ярового рапса. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (3): 3–10. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10>

9. Бобровский А.В., Крючков А.А. Влияние минеральных удобрений на элементы структуры и урожайность семян ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; (7): 41–43. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10710>

10. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2016; 36: 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0>

11. Zou J., Lu J.-W., Chen F., Li Y.-S. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron fertilizers on yield and profit of rapeseed (*Brassica napus* L.) in the Yangtze River Basin. *Acta Agronomica Sinica*. 2009; 35(1): 87–92 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2009.00087>

12. Gu X. et al. Compensative impact of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by water stress at re-greening stage under different nitrogen rates. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2016; 24(5): 572–581 (на кит. яз.).

5. Nurlygayanov R.B., Filimonov A.L. Mineral nutrition of spring rape. *Plodorodie*. 2019; (2): 16–18 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.107.05>

6. Sylvester-Bradley R., Kindred D.R. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 2009; 60(7): 1939–1951. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp116>

7. Dzanagov S.Kh., Cherdzhiev D.A., Tomaev A.B. The effect of different fertilizers on the growth processes and yielding capacity of spring rape on leached chernozem in North Ossetia-Alania. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2015; 52(3): 10–15 (In Russian). <https://elibrary.ru/uhldkn>

8. Baykalova L.P., Bobrovsky A.V., Kryuchkov A.A. The influence of mineral fertilizers and plant protection means on the structure elements and spring rapeseed productivity. *Bulletin of KSAU*. 2020; (3): 3–10 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-3-10>

9. Bobrovskiy A.V., Kryuchkov A.A. Effects of mineral fertilisers on the structure and yield of spring rape-seed crops under the conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019; (7): 41–43 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10710>

10. Bouchet A.-S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., Stahl A. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2016; 36: 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0371-0>

11. Zou J., Lu J.-W., Chen F., Li Y.-S. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron fertilizers on yield and profit of rapeseed (*Brassica napus* L.) in the Yangtze River Basin. *Acta Agronomica Sinica*. 2009; 35(1): 87–92 (In Chinese). <https://doi.org/10.3724/SP.J.1006.2009.00087>

12. Gu X. et al. Compensative impact of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by water stress at re-greening stage under different nitrogen rates. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*. 2016; 24(5): 572–581 (In Chinese).

ОБ АВТОРАХ

Олег Юрьевич Соловьев,

аспирант, научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная
опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н,
Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
solovyev_1990@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7341-5851>

Владимир Корнеевич Швидченко,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
пр-т Женис, 62, Астана, Акмолинская обл., 010011, Казахстан
shvidchenko50@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7426-9115>

Инна Андреевна Евсеенко,

аспирант, научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная
опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н,
Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
Inna_evseenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3366-9037>

ABOUT THE AUTHORS

Oleg Yurievich Soloviev,

Postgraduate Student, Researcher,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district,
North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
solovyev_1990@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7341-5851>

Vladimir Korneevich Shvidchenko,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Saken Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
62 Zhenis Ave., Astana, 010011, Kazakhstan
shvidchenko50@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7426-9115>

Inna Andreevna Yevseyenko,

Postgraduate Student, Researcher,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district,
North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
Inna_evseenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3366-9037>

Н.А. Кудрявцев

Научно-исследовательский институт льна,
Торжок, Тверская обл., Россия

✉ n.kudryavtsev.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию:
28.03.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-98-105

Nikolay A. Kudryavtsev

The Federal Scientific Center of Bast Crops is
a separate subdivision of the Flax Research
Institute, Torzhok, Tver Region, Russia

✉ n.kudryavtsev.trk@fncl.ru

Received by the editorial office:
28.03.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Испытание фунгицидных обработок семян и посевов льна

РЕЗЮМЕ

Актуальность и народнохозяйственная значимость разработки определяются ее востребованностью АПК России при возможности повышения эффективности защиты льна от болезней, замены старых фунгицидов новым, способствующим повышению хозяйственно-экономических показателей технологии возделывания льна.

Научная новизна связана с приоритетом поиска ФГБНУ «ФНЦЛК» для льноводства РФ приемлемых технологических приемов, в том числе эффективных мер защиты растений.

Методы. Апробированные при проведении полевых экспериментов по регистрационным испытаниям пестицидов и определению эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ.

Результаты. Выявлен новый для льноводства фунгицид — Абига-Пик, показавший в полевых регистрационных испытаниях эффективное защитное действие против ряда болезней льна (антракноза, озонииа (крапчатости), септориоза (пасмо), ауреобазидиоза (полиспороза)). Отмечено положительное влияние фунгицида Абига-Пик на урожайность льнопродукции. В производственной обстановке с применением автоматизированной протравочной машины ПС-10А и опрыскивающего агрегата ОП-18-2500 + МТЗ-1221.2 еще более убедительно показаны эффективное достоверное снижение проявления болезней льна и повышение его урожайности, связанные с применением препарата Абига-Пик. Обработка семян и посевов льна изучаемым препаратом не повлияла отрицательно на содержание в почве бактерий, грибов и актиномицетов.

Ключевые слова: лен, семена, посевы, болезни, фунгицид, повышение урожайности, эффективность

Для цитирования: Кудрявцев Н.А. Испытание фунгицидных обработок семян и посевов льна. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 98–105. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-98-105>

© Кудрявцев Н.А.

Testing of fungicidal treatments of flax seeds and crops

ABSTRACT

The relevance and economic significance of the development are determined by its relevance to the agroindustrial complex of Russia with the possibility of increasing the effectiveness of flax protection from diseases, replacing old fungicides with new ones, contributing to the improvement of economic indicators of flax cultivation technology.

The scientific novelty is connected with the priority of the search for acceptable technological methods for flax growing in the Russian Federation, including effective plant protection measures.

Methods. Tested during field experiments on registration tests of pesticides and determination of the effectiveness of the use of research results in agriculture.

Results. A fungicide new to flax growing, Abiga-Peak, has been identified, which has shown in field registration tests an effective protective effect against a number of flax diseases (anthracnose, ozoniosis (mottling), septoria (pasmus), aureobazidiosis (polysporosis)). The positive effect of the fungicide Abiga-Peak on the yield of flax products was noted. In a production environment with the use of an automated etching machine PS-10A and a spraying unit OP-18-2500 + MTZ-1221.2 even more convincingly shows an effective reliable reduction in the manifestation of flax diseases and an increase in its yield associated with the use of the drug Abiga-Peak. The treatment of flax seeds and crops with the studied preparation did not negatively affect the content of bacteria, fungi and actinomycetes in the soil.

Key words: flax, seeds, crops, diseases, fungicide, yield increase, efficiency

For citation: Kudryavtsev N.A. Testing of fungicidal treatments of flax seeds and crops. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 98–105 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-98-105>

© Kudryavtsev N.A.

Льном-долгунцом в последние годы засеваются ежегодно около 50 тыс. га российских полей, масличным льном — 500 тыс. га. Кроме замещения импортного хлопка в производстве тканей, взрывчатых веществ, ракетного и торпедного топлива, лен необходим для спецодежды космонавтов, водолазов, военных, для получения масла медицинского, пищевого и технического назначения. Повышение объемов и эффективности производства льнопродукции в РФ — важная задача, ориентированная на обеспечение стратегической независимости страны [1]. Решение данной задачи возможно с привлечением инноваций. В льноводстве, как правило, необходимы мероприятия по защите растений, которые должны обеспечивать достаточно здоровые и чистые от сорняков посевы. Они формируют полноценный урожай льнопродукции с необходимыми количественными и качественными показателями [2].

Из болезней льна, наиболее вредоносных в условиях большинства регионов России и некоторых зарубежных стран, многие исследователи отмечали ржавчину (возбудитель — *Melampsora* sp.), фузариоз (*Fusarium* sp.), антракноз (*Colletotrichum lini* M. et B.), септориоз (пасмо) (*Septoria linicola* (Speg.) Gar.) и ауреобазидиоз (полиспороз) (*Aureobasidium* sp.) [3–6].

К ржавчине и фузариозному увяданию на уровне 84,3–100% устойчивы некоторые сорта льна-долгунца селекции Института льна ФНЦЛК, например Александрит, Зарянка, Универсал. К антракнозу относительно устойчивы сорта Тонус и Дипломат, к септориозу — Цезарь [7].

Устойчивость сортов льна, разумеется, важный элемент защиты этой культуры от болезней, но, как правило, он не избавляет растениеводо-дов от необходимости проводить предусмотренные технологией возделывания химические меры, например протравливание семян, считающееся в льноводстве обязательным, опрыскивание пестицидами посевов.

Вирулентность болезней льна зависит от условий внешней среды, которые отличаются по зонам возделывания культуры. На их распространение и развитие большое влияние оказывают метеосостояния периода вегетации, степень зараженности патогенами семенного материала, засоренность семян, а потом посевов, условия уборки урожая. Защита льна от заболеваний основывается на их последовательном изучении [8].

Применительно к протравливанию семян и опрыскиванию посевов в теоретическом плане выделяют из общепринятой классификации группы болезней, распространяющихся преимущественно с семенами льна и в его посевах (воздушным путем). В эти группы включены антракноз, озонийоз (крапчатость) (патоген — *Ozonium vinogradovi* Kudr.), бактериоз (данная патология связана с *Bacillus* (*Clostridium*) *macerans* Schard., *B. polymyxa* Br., *B. mesentericus-vulgatus* Flugge., *B. herbicola* Bur., *B. solanacearum* E. F. Sm.), септориоз (пасмо), ауреобазидиоз (полиспороз).

Приоритетный объект фитопатологической работы — крапчатость (озонийоз) льна. Применительно к нему определяют (согласно современным критериям) коэффициенты вредоносности, принципы распространения и сохранения инфекции, биологическую специализацию патогенного организма, которому дали морфологическое описание и систематическое название — *Ozonium vinogradovi* Kudryavtsev. Вид назван нами в честь В.П. Виноградова, начавшего изучать крапчатость как отдельную болезнь льна и погибшего в 1941 г. на Волховском фронте. Симптомы проявления озонийоза (крапчатости) льна — яркие красные пятна на проростках семян — по-

зволяют по ним наглядно определять эффективность протравливания этих семян.

Семена льна протравливают, как правило, фунгицидными химическими препаратами. В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных на территории РФ зарегистрировано более 30 наименований препаратов с положительными результатами испытаний при обработке ими семян льна. Несколько лет назад испытан Редиг Про (регистрант — «Байер КрокСайенс АГ», Германия), КС (действующие вещества: пропиконазол, 150 г/л + тебуконазол, 20 г/л) с основной рекомендованной нормой применения 0,5 л/т. Значительно раньше был изучен старый стандартный протравитель семян льна — ТМТД (регистрант — АО «Фирма «Август», Россия), ВСК (тирам, 400 г/л), широко применяемый в норме расхода 3,0 л/т.

При модернизации системы защиты льна от болезней для протравливания семян следует испытывать новые препараты. Представляет интерес для льноводства комбинированный фунгицид Скарлет (регистрант — АО «Щелково Агрохим», Россия), МЭ (имазалил, 100 г/л + тебуконазол 60 г/л), эффективный, по данным некоторых исследователей, как протравитель семян зерновых культур [9]. Также известен на зерновых протравитель семян с заявленным длительным фунгицидным действием Систива (регистрант — «БАСФ СЕ», Германия), КС (флуксапироксад, 333 г/л) [10].

Для обработки посевов льна против болезней пока испытано меньше препаратов, чем для протравливания семян. Как импортозамещающий для давно зарегистрированного на культуре льна фунгицида — Фундазол (регистрант — «Агро-Кеми Кфт.», Венгрия), СП (беномил, 500 г/кг) при опрыскивании посевов льна и конопли недавно был испытан Бенорад (регистрант — АО «Фирма «Август», Россия), СП (беномил, 500 г/кг) [11].

Особый интерес в этом плане представляет фунгицид Абига-Пик (регистрант — ООО «Сельхозхимия», Россия), ВС (меди хлорокись, 400 г/л), содержащий инновационный прилипатель, позволяющий ему прочно удерживаться на листьях и обеспечивать надежную защиту от болезней растений даже при неблагоприятных погодных условиях (роса, туман, дождь). Считается, что этот препарат не теряет защитных свойств при резком снижении температуры окружающей среды, что он совместим в смесях практически со всеми современными средствами защиты растений и благодаря новому прилипателю повышает их эффективность. Содержащаяся в составе препарата Абига-Пик медь доступна для растений и способна активизировать ростовые процессы, улучшать фотосинтез, повышать засухо-, жаро- и морозоустойчивость растений. Данный фунгицид характеризуется широким спектром действия. Он показал высокую эффективность против болезней картофеля, яблони и других сельскохозяйственных культур [12].

Цель работы — установление биологической и хозяйственной эффективности препарата Абига-Пик, ВС (меди хлорокись, 400 г/л) в качестве протравителя семян и фунгицида для обработки посевов льна-долгунца.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Эксперименты по полевым испытаниям и разработке регламентов применения препарата Абига-Пик для протравливания семян льна и опрыскивания посевов этой культуры проведены в соответствии с апробированной в предыдущих исследованиях методикой научной агрономии¹ и испытаний пестицидов².

Полевые эксперименты в четырехкратной повторности с учетной площадью каждой делянки 25 м² по методике научной агрономии выполнены на угодьях Института льна ФНЦЛК (Торжокский район, Тверская область, Россия) на протяжении 2019–2021 гг. на сорте льна-долгунца Тверской, возделываемом в соответствии с сортовой зонально-адаптивной технологией, разработанной для него. В качестве стандартов при испытании препарата Абига-Пик (регистрант — ООО «Сельхозхимия»), ВС (меди хлорокись, 400 г/л) для протравливания семян взят препарат ТМТД (регистрант — АО «Фирма «Август»»), ВСК (тирам, 400 г/л), а для опрыскивания посевов — Бенорад (регистрант — АО «Фирма «Август»»), СП (беномил, 500 г/кг). Они были испытаны нами ранее и уже применялись в производстве по аналогичным с испытываемым для фунгицида Абига-Пик назначениям [1].

Схема этих опытов по фактору обработки семян предусматривала три варианта: контроль, стандарт и изучаемый препарат (Абига-Пик). По фактору обработки посевов тоже предусматривалось три варианта: контроль, стандарт и препарат (Абига-Пик), каждый из которых по принципу полного факториального эксперимента взаимодействовал с каждым другим вариантом обработки семян, составляя девять вариантов общей схемы опытов. Она будет наглядно показана при представлении их результатов исследований в таблиц 1–6.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of experience

№	Наименование варианта	
	Обработка семян	Обработка посевов
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)
2		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)
3		3. Абига-Пик (2,8 л/га)
4	2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)
5		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)
6		3. Абига-Пик (2,8 л/га)
7	3. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)
8		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)
9		3. Абига-Пик (2,8 л/га)

Таблица 2. Зараженность болезнями, энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян льна-долгунца (в среднем за 2019–2021 гг.)
Table 2. Infection with diseases, germination energy and laboratory germination of flax seeds (on average for 2019–2021)

Вариант (обработки семян)	Зараженность болезнями, %				Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %
	общая	в том числе антракноз	красчатость	бактериоз		
1. Контроль (без обработки)	35,0	10,5	12,0	12,5	75,0	76,25
2. ТМТД, ВСК (4 л/т), стандарт	12,5	2,0	2,5	8,0	75,25	77,0
3. Абига-Пик, ВС (4 л/т)	4,75	1,5	2,0	1,25	74,0	75,5
НСР ₀₅ (%)	0,5	0,25	0,25	0,25	1,25	1,5

¹ Кирушин Б.Д. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов. Методика научной агрономии. М.: МСХА. 2005; 200.

² Голубев А.С., Маханькова Т.А. Методические рекомендации по испытанию пестицидов. СПб.: ВИЗР. 2020; 80.

³ Мжельский Н.И. Методика определения эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ. М.: МСХ СССР. 1979; 45.

⁴ Долженко В.И., Лаптев А.Б., Буркова Л.А. и др. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. М.: МСХ. 2018; 34–36.

⁵ Кулаичев А.П. Пакет программ анализа полевых опытов «Ландшафт» для PK Stadia. Версия 7.0. Свидетельство Госрегистрации № 0115-1.0 RUS. Тверь: ВНИИМЗ. 2020; 25.

⁶ Евдокимов И.В. Методы определения биомассы почвенных микроорганизмов. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2018; 3: 5–7. DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-5

В 2022 году проведен эксперимент в производственной обстановке с использованием протравочной машины ПС-10А и опрыскивающего агрегата ОП-18-2500 + МТЗ-1221.2 — в АО «Ленпром» — ООО «Пасечник» Торжокского района Тверской области в соответствии с методикой определения эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ³.

Фитопатологические и энтомологические исследования (учеты проявления болезней и вредителей льна по вариантам опытов) проведены при соблюдении Методических указаний по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности⁴.

Статистико-агрономический анализ данных экспериментальных учетов выполнен с применением пакета IT-программ анализа полевых опытов «Ландшафт» (Россия)⁵.

Эколого-микробиологические исследования проведены согласно Методам определения биомассы почвенных микроорганизмов (РФ)⁶.

Почва на опытных участках характеризовалась как дерново-подзолистая, легкосуглинистая, имела pH 5,3–5,5. Содержание в ней подвижных форм фосфора — 201–207, калия — 195–203 мг/кг почвы, гумуса — 1,6–1,8%.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2019–2022 гг. в Тверской области сложились без экстремальных проявлений по температуре и влажности (были близкими к оптимальным параметрам для роста и развития льна-долгунца).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В начале каждого сезона 2019–2021 гг. опыты на базе Института льна ФНЦЛК позволили оценить препарат Абига-Пик, ВС (меди хлорокись, 400 г/л) как новый протравитель. Зараженность болезнями семян льна-долгунца, их энергия прорастания и лабораторная всхожесть (в зависимости от обработки препаратом Абига-Пик в сравнении со стандартным протравителем ТМТД и с контролем без протравливания) проиллюстрированы в таблице 2.

Как протравитель семян препарат Абига-Пик уже при этом учете проявил существенное (с положительной разницей по сравнению с контролем, превышающей НСР₀₅) фунгицидное (и особенно бактерицидное) действие на известных возбудителей болезней льна (распространяющихся с семенами культуры) в норме рас-

хода 4 л/т. В такой относительно высокой дозировке он, однако, показал тенденцию снижения всхожести семян, но уровень этого снижения ниже НСР₀₅.

Показатели эффективности обработки семян выше-названными препаратами против проявившихся в поле антракноза, крапчатости (озониза), бактериоза и повреждения блошкой всходов льна представлены в таблице 3. При фитопатологических учетах в поле подтверждена закономерная эффективность обработки семян льна препаратом Абига-Пик (4 л/т) против болезней льна: пораженность всходов антракнозом снизилась с эффективностью (62,5%), крапчатостью (68,0%), бактериозом (50,0%). Эти показатели статистически достоверно выше, чем в варианте с протравливанием семян ТМТД.

Энтомологические учеты показали, что обработка семян препаратом Абига-Пик обеспечила заметное снижение поврежденности всходов льна блошкой льняной (по сравнению с контролем) на 1 балл.

Препарат Абига-Пик был эффективен как фунгицид для обработки посевов льна. Особенно высоки показатели снижения проявления болезней льна в начале фазы созревания — от 2,5–15,5% распространенности антракноза, полиспорова и пасмо в контроле без обработки до 0,0–1,5% в вариантах с применением изучаемого препарата (табл. 4). По всем изучаемым фонам обработки семян новый фунгицид при его внесении в фазе «елочки» культуры не уступил по эффективности эталону (Бенорад) и обеспечил к началу фазы созревания (с эффективностью 90,3–100%) защиту льна от антракноза, полиспорова и пасмо.

Эффективность снижения проявления болезней льна к концу фазы созревания в связи с внесением препарата

Абига-Пик (в фазе «елочки») несколько ослабла, но оставалась на уровне 80–85% по фону протравливания семян Абига-Пик.

В эксперименте проявился не только фунгицидный, но и рострегулирующий эффект применения препарата Абига-Пик на льне-долгунце. При обработке этим средством семян их полевая всхожесть (табл. 5) оказалась на 2,4% выше по сравнению с контролем.

Опрыскивание вегетирующих растений льна препаратом Абига-Пик снизило процент отмерших за вегетацию растений (на 16,5% по фону без протравливания семян) и обеспечило более высокую густоту стеблестоя культуры перед уборкой урожая (на 99 шт/м²) по сравнению с контролем (табл. 5).

Применение препарата Абига-Пик при обработке посевов вызвало увеличение общей и технической длины стеблей льна на 1,6 см и 1,8 см по сравнению с контролем (табл. 6). Отмечены тенденции положительного влияния изучаемого препарата на повышение устойчивости льна к полеганию и уменьшение засоренности посевов, объясняемые его действием на увеличение диаметра стебля льна и улучшением прилипаемости к сорнякам смеси применяемых гербицидов при добавлении препарата Абига-Пик.

Влияние изучаемых препаратов и композиций на урожайность соломы и семян льна проиллюстрировано в таблице 7. Варианты обработки посевов препаратом Абига-Пик (особенно в сочетании с обработкой им семян) способствовали получению урожайности льнопродукции, превышающей уровень контроля (вариант №1 — без обработки семян и посевов) на величины, большие, чем НСР₀₅.

Таблица 3. Пораженность болезнями и поврежденность фитофагами всходов льна (в среднем за 2019–2021 гг.)
Table 3. Disease infestation and damage by phytophages of flax seedlings (on average for 2019–2021)

Вариант	Пораженность болезнями (распространенность) / эффективность (%)			Поврежденность (балл)
	антракноз	крапчатость	бактериоз	
1. Контроль (без обработки)	12,0	12,5	12,0	2,7
2. ТМТД, ВСК (4 л/т), стандарт	5,0/58,3	4,5/64,0	8,0/33,3	2,4
3. Абига-Пик (4 л/т)	4,5/62,5	4,0/68,0	6,0/50,0	1,7
НСР ₀₅	0,3	0,4	0,2	0,1

Таблица 4. Влияние средств защиты растений при обработке семян и посевов на проявление болезней льна в начале фазы созревания (в среднем за 2019–2021 гг.)

Table 4. The effect of plant protection products in the treatment of seeds and crops on the manifestation of flax diseases at the beginning of the ripening phase (on average for 2019–2021)

№	Наименование варианта		Распространенность/эффективность (%)		
	Обработка семян	Обработка посевов	Антракноз	Полиспорова	Пасмо
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	5,5/0	2,5/0	15,5/0
2		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	0,0/100	0,0/100	2,0/87,1
3		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	0,0/100	0,0/100	1,5/90,3
4	2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	4,5/18,2	2,0/20,0	12,5/19,4
5		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	0,0/100	0,0/100	2,0/87,1
6		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	0,0/100	0,0/100	1,0/93,5
7	3. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	3,5/36,4	1,5/40,0	11,0/29,0
8		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	0,0/100	0,0/100	1,0/93,5
9		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	0,0/100	0,0/100	0,5/96,8
НСР ₀₅			0,1/2,2	0,1/2,0	0,5/2,4

Таблица 5. Зависимость густоты стеблестоя растений льна от применения различных препаратов (в среднем за 2019–2021 гг.)
Table 5. Dependence of the density of the stem of flax plants on the use of various preparations (on average for 2019–2021)

№	Наименование варианта		Полевая всхожесть, %	Показатели плотности посевов		
	Обработка семян	Обработка посевов		Густота стеблестоя, шт/м ²		% отмерших за вегетацию растений
				в фазу всходов льна	перед уборкой урожая	
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	56,6	1091	791	27,5
2		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)			878	19,5
3		3. Абига-Пик (2,8 л/га)			890	18,4
4	2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	60,3	1189	1061	10,8
5		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)			1115	6,2
6		3. Абига-Пик (2,8 л/га)			1122	5,6
7	3. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	59,0	1180	1050	11,0
8		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)			1114	5,6
9		3. Абига-Пик (2,8 л/га)			1119	5,2
НСР ₀₅			0,4	8	7	0,7

Таблица 6. Влияние средств защиты растений на морфологические признаки растений льна (в среднем за 2019–2021 гг.)
Table 6. The effect of plant protection products on the morphological characteristics of flax plants (on average for 2019–2021)

№	Наименование варианта		Показатели		
	обработка семян	обработка посевов	Длина стебля растения льна, см		Диаметр стебля, мм
			общая	техническая	
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	62,9	56,1	1,48
2		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	64,2	57,3	1,51
3		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	64,7	57,7	1,53
4	2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	64,4	56,9	1,50
5		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	64,6	57,8	1,52
6		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	65,1	58,3	1,52
7	3. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	64,0	56,2	1,50
8		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	64,3	56,6	1,51
9		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	64,6	57,2	1,52
НСР ₀₅			0,3	0,2	0,01

Таблица 7. Влияние препарата Абига-Пик при обработке семян и посевов на урожайность соломы и семян льна (в среднем за 2019–2021 гг.)
Table 7. The effect of the Abiga-Pik preparation in the processing of seeds and crops on the yield of straw and flax seeds (on average for 2019–2021)

№	Наименование варианта		Показатели урожайности		
	Обработка семян	Обработка посевов	Урожайность, ц/га		Масса 1000 семян, г
			льносоломы	льносемян	
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	30,3	4,2	4,7
2		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	34,6	4,8	4,8
3		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	38,3	5,1	5,0
4	2. Стандарт, ТМТД (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	41,2	5,5	5,0
5		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	42,9	6,0	5,1
6		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	44,4	6,6	5,2
7	3. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	40,3	5,3	5,0
8		2. Стандарт, Бенорад (1 кг/га)	41,8	6,1	5,2
9		3. Абига-Пик (2,8 л/га)	43,5	6,5	5, 3
НСР ₀₅			2,40	0,37	0,12

Не отмечено отрицательного действия, обнаружена тенденция положительного влияния применения препарата Абига-Пик на качество урожая. Обработка им посевов льна способствовала повышению номера солом — в среднем за 2019–2021 гг. от 2,02 (в контроле) до 2,53. Качество семян льна урожая (в варианте с применением препарата Абига-Пик) более высокое, чем в контроле, например наблюдается тенденция повышения массы 1000 семян (табл. 7).

При закладке опыта в условиях производства семена льна были обработаны суспензией препарата Абига-Пик за 10 суток до посева (7 мая 2022 г.) с помощью протравочного аппарата ПС-10А. В производственной обстановке АО «Ленпром» подтвержден выявленный ранее уровень эффективности обработки семян льна-долгунца препаратом Абига-Пик, ВС (меди хлорокись, 400 г/л) (4 л/т) против проявившихся в поле антракноза, крапчатости (озонизма), бактериоза и повреждения блошкой всходов льна (табл. 8).

Влияние обработок изучаемым препаратом семян и посевов на проявление болезней льна (антракноза, полиспороза и пасмо) в фазе созревания отражено в таблицах 9, 10. В производственной обстановке сравнение проявления болезней льна по вариантам опыта выявило относительно эффективное защитное действие препарата Абига-Пик как протравителя семян и как фунгицида для обработки посевов льна-долгунца. Высокая эффективность отмечена в связи с обработкой изучаемым препаратом посевов льна в фазе «елочки». Против

антракноза, полиспороза и пасмо в начале фазы созревания (в июле) эффективность применения препарата Абига-Пик достигала 100% (табл. 9). В августе биологическая эффективность против болезней составляла 79,1–91,3% (табл. 10).

Влияние препарата Абига-Пик при обработке семян и посевов в реальных производственных условиях на полевую всхожесть семян, густоту стеблестоя и морфологические признаки растений льна закономерно подтвердилось на уровне предыдущего трехлетнего опыта. Подтвердилось и положительное влияние изучаемого препарата на повышение устойчивости льна к полеганию и уменьшение засоренности посевов.

Результаты влияния фунгицида Абига-Пик на урожайность солом и семян льна-долгунца в условиях производства проиллюстрированы в таблице 11. Урожайность льнопродукции во всех вариантах с применением нового фунгицида Абига-Пик оказалась достоверно выше, чем в контроле.

При применении средств защиты растений они обычно попадают в почву, где взаимодействуют с организмами, играющими важную роль в плодородии и самоочищении растительного субстрата. Важность оценки последствий пестицидов на биоту почвы очевидна.

Почва для исследований была отобрана из пахотного горизонта (слой 0–20 см глубины) делянок вариантов полевого опыта в производственной обстановке. Микробиологический анализ субстрата выполнен путем глубинного посева четвертого последовательного разведения

Таблица 8. Проявление болезней и фитофагов на всходах льна в связи с применением препарата Абига-Пик в производственной обстановке (3 июня 2022 г.)
Table 8. Manifestation of diseases and phytophages on flax seedlings in connection with the use of the drug Abiga-Peak in the production environment (June 3, 2022)

Вариант	Пораженность болезнями (распространенность) / эффективность (%)			Поврежденность, балл
	Антракноз	Крапчатость	Бактериоз	Блошки
1. Контроль (без обработки)	12,5	12,5	12,0	2,5
2. Абига-Пик (4 л/т)	4,0/68,0	3,5/72,0	5,0/58,3	1,6
НСП ₀₅	0,4	0,4	0,3	0,2

Таблица 9. Влияние препарата Абига-Пик на проявление болезней льна в начале фазы созревания в производственной обстановке (22.07.2022)
Table 9. The effect of the drug Abiga-Peak on the manifestation of flax diseases at the beginning of the ripening phase in the production environment (22.07.2022)

№	Наименование варианта		Распространенность/эффективность (%)		
	Обработка семян	Обработка посевов	Антракноз	Полиспороз	Пасмо
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	7,0/0	3,5/0	14,5/0
2	2. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	4,5/35,7	2,0/42,9	11,0/24,1
3	1. Контроль (без обработки)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	0,0/100	0,0/100	1,0/93,1
4	2. Абига-Пик (4 л/т)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	0,0/100	0,0/100	0,0/100
НСП ₀₅			0,1/1,0	0,1/1,0	0,2/1,5

Таблица 10. Проявление болезней льна в конце фазы созревания в производственной обстановке (18.08.2022)
Table 10. Manifestation of flax diseases at the end of the ripening phase in the production environment (18.08.2022)

№	Наименование варианта		Распространенность/эффективность (%)		
	Обработка семян	Обработка посевов	Антракноз	Полиспороз	Пасмо
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	16,0/0	11,5/0	64,5/0
2	2. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	12,5/21,9	7,5/34,8	50,0/22,5
3	1. Контроль (без обработки)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	2,0/87,5	1,0/91,3	13,5/79,1
4	2. Абига-Пик (4 л/т)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	1,5/90,6	1,0/91,3	9,5/85,3
НСП ₀₅			0,2/2,2	0,2/1,4	0,4/1,7

Таблица 11. Влияние препарата Абига-Пик при обработке семян и посевов в производственной обстановке на урожайность соломы и семян льна (2022 г.)
Table 11. The effect of the drug Abiga-Peak in the processing of seeds and crops in a production environment on the yield of straw and flax seeds (2022)

№	Наименование варианта		Показатели урожайности		
	Обработка семян	Обработка посевов	Урожайность, ц/га		Масса 1000 семян, г
			Льносоломы	Льносемян	
1	1. Контроль (без обработки)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	30,1	3,4	4,9
2	2. Абига-Пик (4 л/т)	1. Контроль (без фунгицида, гербициды)	34,4	4,3	5,1
3	1. Контроль (без обработки)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	40,2	5,6	5,1
4	2. Абига-Пик (4 л/т)	2. Абига-Пик (2,8 л/га)	43,9	6,2	5,2
НСР ₀₅			2,28	0,23	0,04

Таблица 12. Отсутствие отрицательного последствие на содержание микроорганизмов в почве после применения препарата Абига-Пик для обработки семян и посевов льна (АО «Ленпром», 2022 г.)
Table 12. The absence of a negative aftereffect on the content of microorganisms in the soil after the use of the drug Abiga-Peak for the treatment of seeds and flax crops (JSC «Lenprom», 2022)

Вариант	Численность колоний на 1 г почвы, шт.		
	бактерий	грибов	актиномицетов
1. Контроль	2814	418	1022
2. Абига-Пик (обработка семян и посевов льна)	2816	421	1025
НСР ₀₅	17	10	12

Таблица 13. Регламенты применения препарата Абига-Пик при обработке семян и посевов льна
Table 13. Regulations for the use of the drug Abiga-Peak in the processing of flax seeds and crops

Торговое название, препаративная форма, концентрация, регистрант	Норма применения препарата	Культура	Назначение	Способ применения
Абига-Пик, ВС (меди хлорокись, 400 г/л), ООО «Сельхозхимия»	4,0 л/т	Лен-долгунец и лен масличный	Повышение урожайности волокнистой и семенной продукции, ее качества	Предпосевная обработка семян. Расход рабочей жидкости — 7 л/т
	2,8 л/га			Опрыскивание посевов в фазе «елочки» льна. Расход рабочей жидкости — 200 л/га

в 10 раз 1 г почвы в 10 мл дистиллированной воды. Тестируемые бактерии (*Bacteria*) учитывались на почвенном агаре при просмотре их колоний на пятые сутки после посева, грибы (*Fungi, Mycetes, Eumycota, Myxomycota*) — на сусло-агаре [тоже на пятые сутки], актиномицеты («лучистые грибы») (*Actinomycetes*) — на селективной крахмало-аммиачной среде на 10-е сутки.

В результате анализов выяснилось, что обработка семян и посевов льна (табл. 12) изучаемым препаратом Абига-Пик повлияла в тенденции положительно на содержание в почве микроорганизмов различных биологических групп. Удельное количество проявившихся колоний почвенных бактерий, грибов и актиномицетов в варианте с применением препарата Абига-Пик отмечено чуть большее (с учетом НСР — на уровне контроля (без пестицидов)).

В процессе испытания обработки семян и посевов препаратом Абига-Пик разработаны регламенты его применения на культурах льна-долгунца и льна масличного (табл. 13).

Экономическую оценку эффективности применения препарата Абига-Пик при обработке им семян (4 л/т) и посевов (2,8 л/га) в производственной обстановке провели на масличном льне при сравнении его с базовым (стандартным) вариантом (ТМТД (4 л/т) и Бенорад (1 кг/га) с учетом затрат на проведение фитосанитарных мероприятий и реализацию дополнительного урожая, его стоимости по фактическим ценам, сложившимся

для КФХ «Бикусов Ю.А.» Балаховского района Саратовской области, производящего семена льна масличного на площади посева 70 га.

Принятая в основу расчета фактическая цена реализации 1 т семян — 100 тыс. руб. Общие затраты на производство 1 т семян — 3644 руб. (учтены все фактические затраты, в том числе на уборочные работы). По результатам расчетов применение препарата Абига-Пик при обработке им семян и посевов в условиях производства в 2022 г. обеспечило экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым плюс 34 689 руб/га. При этом прибавка урожайности к базовому варианту составила 0,36 т/га (1,86–1,50 т/га), стоимость дополнительной продукции — 36 тыс. руб/га, затраты на доработку дополнительной продукции — 1311 руб/га.

Выводы/Conclusion

Проведенные в 2019–2021 гг. полевые испытания и эксперименты в производственной обстановке 2022 г. показали высокую биологическую и хозяйственную эффективность, отсутствие отрицательного влияния на содержание в почве микроорганизмов различных биологических групп применения препарата Абига-Пик на культуре льна-долгунца и льна масличного при обработке семян и растений (посевов). Экономический эффект нового рекомендуемого варианта в сравнении с базовым на льне масличном в условиях КФХ «Бикусов Ю.А.»

Балашовского района Саратовской области в 2022 г. составил плюс 34 689 руб/га.

На основании положительных результатов полевых испытаний ФНЦЛК предлагает включить в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных

к применению на территории Российской Федерации, препарат Абига-Пик на культурах льна-долгунца и льна масличного в соответствии с разработанными нами регламентами (нормы применения препарата — 4 л/т при обработке семян, 2,8 л/га при обработке посевов).

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author bears responsibility for the work and presented data.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках госадаптации ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема FGSS-2019-0017).

FUNDING

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Task of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center of Bast Crops" (topic FGSS-2019-0017).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Алибеков М.Б., Савоскина О.А. Экологизированное применение регуляторов роста, фунгицидов и гербицидов при возделывании льна. *Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ*. Краснодар: КубГАУ. 2017; 313–317. <https://elibrary.ru/yjntop>
2. Понажев В.П. Влияние методов отбора растений и способов посева на эффективность создания оригинальных семян льна-долгунца в первичном семеноводстве. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2020; (2): 51–56. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2020-31-2-51-56>
3. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Shitikova A.V., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 579: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012055>
4. Samsonova A. et al. A Genomic Blueprint of Flax Fungal Parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(5): 2665. <https://doi.org/10.3390/ijms22052665>
5. Stafecka I., Grauda D., Stramcale V. The evolution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019; 106(4): 367–376. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.047>
6. Cheng Y. et al. Molecular Diagnostics and Pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Pathogens*. 2020; 9(3): 223. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030223>
7. Кудрявцева Л.П. Устойчивость сортов — важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (11): 36–44. <https://elibrary.ru/ltruel>
8. Novakovskiy R.O. et al. Data on genetic of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera. *Data in Brief*. 2020; 31: 105710. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105710>
9. Власенко Н.Г., Павлюшин В.А., Теплякова О.И., Кулагин О.В., Морозов Д.О. Эффективность защиты яровой пшеницы биопрепаратами и фунгицидами в лесостепи Приобья: II. Особенности действия в условиях недостатка влаги. *Вестник защиты растений*. 2022; 105(4): 181–192. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15357>
10. Моргачева С.Г., Остапенко Н.Н., Федорянская И.С. Эффективность протравителя Систива на озимой пшенице. *Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства. Сборник тезисов по материалам II научно-практической конференции молодых ученых Всероссийского форума по селекции и семеноводству*. Краснодар: КубГАУ. 2018; 81–83. <https://elibrary.ru/yulrpf>
11. Плужникова И.И., Крюшин Н.В., Бакулова И.В. Оптимизация защиты растений конопля от вредных организмов на ранних стадиях ее развития. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022; (1): 69–74. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_69
12. Карпун Н.Н., Салов С.И. Эффективность Абига-Пик против черной пятнистости розы. *Защита и карантин растений*. 2013; (4): 37, 38. <https://elibrary.ru/mfcsxj>

ОБ АВТОРАХ

Николай Александрович Кудрявцев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр лубяных культур — обособленное подразделение «Научно-исследовательский институт льна», ул. Луначарского, д. 35, Торжок, Тверская обл., 172002, Россия n.kudryavtsev.trk@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0001-7681-3559>

REFERENCES

1. Kudryavtsev N.A., Zaitseva L.A., Alibekov M.B., Savoskina O.A. Ecologizing application of growth regulators, fungicides and herbicides in the flax cultivation. *Problems of recultivation of household waste, industrial and agricultural production. Collection of scientific papers based on the materials of the V International Scientific Ecological Conference dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2017; 313–317 (In Russian). <https://elibrary.ru/yjntop>
2. Ponazhev V.P. Influence of methods for selection of plants and ways of seeding on efficiency of original seeds of flax-dolgunets growing in primary seed breeding. *Agrarian Journal of Upper Volga Region*. 2020; (2): 51–56 (In Russian). <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2020-31-2-51-56>
3. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Kurbanova Z.K., Shitikova A.V., Kudryavtsev N.A. Optimization of the phytosanitary condition of agrocenoses in the non-chernozem zone of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 579: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012055>
4. Samsonova A. et al. A Genomic Blueprint of Flax Fungal Parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021; 22(5): 2665. <https://doi.org/10.3390/ijms22052665>
5. Stafecka I., Grauda D., Stramcale V. The evolution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors. *Zemdirbyste-Agriculture*. 2019; 106(4): 367–376. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.047>
6. Cheng Y. et al. Molecular Diagnostics and Pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops. *Pathogens*. 2020; 9(3): 223. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030223>
7. Kudryavtseva L.P. The stability of varieties is an important element of the integrated protection of flax from. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (11): 36–44 (In Russian). <https://elibrary.ru/ltruel>
8. Novakovskiy R.O. et al. Data on genetic of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera. *Data in Brief*. 2020; 31: 105710. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105710>
9. Vlasenko N.G., Pavlyushin V.A., Teplyakova O.I., Kulagin O.V., Morozov D.O. Protection of spring wheat with biopreparations and fungicides in the forest steppe of Priobye: II. Activity under conditions of moisture deficiency. *Plant Protection News*. 2022; 105(4): 181–192 (In Russian). <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15357>
10. Morgacheva S.G., Ostapenko N.N., Fedoryanskaya I.S. The effectiveness of the disinfectant Sieves on winter wheat. *Innovative technologies of domestic breeding and seed production. Collection of abstracts based on the materials of the II scientific and practical conference of young scientists of the All-Russian Forum on Breeding and Seed Production*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University. 2018; 81–83 (In Russian). <https://elibrary.ru/yulrpf>
11. Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V., Bakulova I.V. Optimizing hemp plant protection against harmful organisms in the early stages of its development. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2022; (1): 69–74 (In Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_69
12. Karpun N.N., Salov S.I. The effectiveness of Abiga-Peak against black spot roses. *Plant Protection and Quarantine*. 2013; (4): 37–38 (In Russian). <https://elibrary.ru/mfcsxj>

ABOUT THE AUTHORS

Nikolay Alexandrovich Kudryavtsev, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Scientific Center of Bast Crops is a separate subdivision of the Flax Research Institute, 35 Lunacharsky Str., Torzhok, Tver Region, 172002, Russia n.kudryavtsev.trk@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0001-7681-3559>

Я.В. Пухальский¹ ✉,
С.И. Лоскутов²,
Н.И. Воробьев¹,
Ю.В. Лактионов¹,
А.П. Кожемяков¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

✉ puhalskyan@gmail.com

Поступила в редакцию:
22.04.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Yan V. Puhalsky¹ ✉,
Svyatoslav I. Loskutov²,
Nikolay I. Vorobyov¹,
Yuri V. Laktionov¹,
Andrey P. Kozhemyakov¹

¹ All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint-Petersburg, Russia

² All-Russian Research Institute of Food Additives — branch of the V.M. Gorbato Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia

✉ puhalskyan@gmail.com

Received by the editorial office:
22.04.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Особенности развития уникальной бобово-ризобияльной симбиосистемы в условиях металл-индуцированного стресса

РЕЗЮМЕ

В условиях летнего тепличного опыта оценили развитие бобово-ризобияльных симбиосистем на основе мутантного генотипа гороха SGECDt (*Pisum sativum* L.) и его дикой линии SGE, выращенных на среде с добавлением токсичных концентраций Cd и Co. Для инокуляции растений использовали консорциум из эндомикоризного гриба *Glomus* sp.1Fo, клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* и ассоциативных АЦК-утилизирующих ризобактерий *Variovorax paradoxus* 5C-2. Токсические элементы значительно ингибировали рост инокулированных и инокулированных растений дикой линии SGE по сравнению с растениями SGECDt.

Содержание Cd в побегах растений обоих генотипов повышалось в присутствии токсичной концентрации Co, последняя, напротив, снижалась. Тот же эффект сохранялся и при инокуляции микроорганизмами. Внесение микробов нивелировало токсичное воздействие ксенобиотиков и увеличивало биомассу у обоих генотипов гороха в отсутствии внесения изучаемых ксенобиотиков. Микробный консорциум также способствовал увеличению транспортировки биофильных микроэлементов-антагонистов в надземные органы гороха.

В целом на основании результатов фрактального расчета, несмотря на ингибирование роста, дикая линия показала более высокие значения степени организации микроэлементов внутри побегов и семян, нежели мутантный генотип. Стагнацию или уменьшение индексов биоконсолидации микроэлементов в гомеостазе побегов мутантной линии, вероятно, можно истолковать перераспределением поступления источников питания между партнерами симбиосистемы в пользу микросимбионтов. Увеличение показателей индекса биоконсолидации в семенах можно считать положительным эффектом, поскольку наилучшая мобилизация микроэлементов в их семядолях, помимо повышения энергии прорастания у потомков, благоприятно скажется и на увеличении адаптационного потенциала растений.

Ключевые слова: *Pisum sativum* L., токсические элементы, микроэлементы, SGECDt, симбиоз, микробный консорциум, азотфиксация

Для цитирования: Пухальский Я.В., Лоскутов С.И., Воробьев Н.И., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П. Особенности развития уникальной бобово-ризобияльной симбиосистемы в условиях металл-индуцированного стресса. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 106–114. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-106-114>

© Пухальский Я.В., Лоскутов С.И., Воробьев Н.И., Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П.

Features of the development of a unique legume-rhizobium symbiosystem under conditions of metal-induced stress

ABSTRACT

The development of legume-rhizobium symbiosystems based on the mutant pea genotype SGECDt (*Pisum sativum* L.) and its wild line SGE grown on a medium supplemented with toxic concentrations of Cd and Co was evaluated under the conditions of a summer greenhouse experiment. Plants were inoculated with a consortium of endomycorrhizal fungus *Glomus* sp.1Fo, nodule bacteria *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* and associative ACC-utilizing rhizobacteria *Variovorax paradoxus* 5C-2. Heavy metals significantly inhibited the growth of uninoculated and inoculated wild line SGE plants compared to SGECDt plants. The content of Cd in the shoots of plants of both genotypes increased in the presence of a toxic concentration of Co, while the latter, on the contrary, decreased. The same effect persisted after inoculation with microorganisms. The introduction of microbes leveled the toxic effect of heavy metals and increased the biomass in both pea genotypes in the absence of the introduction of heavy metals. The microbial consortium also contributed to an increase in the transport of biophilic microelement antagonists to the aerial organs of the pea. In general, based on the results of fractal calculation, despite growth inhibition, the wild line showed higher values of the degree of organization of microelements inside shoots and seeds than the mutant genotype. The stagnation or decrease in the microelement bioconsolidation indices in the homeostasis of shoots of the mutant line can probably be interpreted by the redistribution of the supply of food sources between the partners of the symbiosystem, in favor of microsymbionts. An increase in the indicators of the bioconsolidation index in seeds can be considered a positive effect, since the best mobilization of trace elements in their cotyledons, in addition to increasing the germination energy of the offspring, will favorably affect the increase in the adaptive potential of plants.

Key words: *Pisum sativum* L., heavy metals, trace elements, SGECDt, symbiosis, microbial consortium, nitrogen fixation

For citation: Puhalsky J.V., Loskutov S.I., Vorobyov N.I., Laktionov Yu.V., Kozhemyakov A.P. Features of the development of a unique legume-rhizobium symbiosystem under conditions of metal-induced stress. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 106–114 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-106-114>

© Puhalsky J.V., Loskutov S.I., Vorobyov N.I., Laktionov Yu.V., Kozhemyakov A.P.

Введение/Introduction

Известно, что представители семейства бобовых (*Fabaceae*) более чувствительны к воздействию токсичных элементов (ТЭ), нежели мятликовые (*Poaceae*) или капустные (*Brassicaceae*). Однако растения типовых родов более экологически пластичны и способны к образованию множественного симбиоза с представителями полезной почвенной микрофлоры (PGPR-микроорганизмы), повышающих адаптационный потенциал макросимбионтов к воздействию различных абиотических стрессов [1, 2]. Ризобактерии способны уменьшать отрицательное влияние ТЭ на растения за счет иммобилизации токсичных ионов вне или на поверхности своей клеточной стенки. Инокуляция также способствует лучшему усвоению растением труднодоступных форм минеральных элементов из субстрата.

О детерминизме усвоения эссенциальных микроэлементов в репродуктивных органах бобово-ризобиальных систем, особенно в семенах на фоне стрессов, известно относительно мало. Между тем понимание стехиометрических изменений, происходящих в метаболизме надземных органов растений, произрастающих на загрязненной почве, позволит исследовать уровень организации пищевого режима бобово-ризобиальной симбиосистемы в ответ на металл-индуцированный стресс и более точно вносить в среду необходимые организму ионы-антагонисты ТЭ для поддержания его стабильного гомеостаза [3]. Для проведения подобных исследований относительно недавно был уникальным мутант гороха посевного (*Pisum sativum* L.) SGECDt, обладающий повышенной устойчивостью к токсичным ионам Cd и Co [4, 5].

Ранее в [6] на примере однократного внесения в дерново-подзолистую почву высокой дозы Cd было показано, что в сочетании с микробным консорциумом растения SGECDt по толерантности к накоплению поллютанта становились сопоставимы с известным его гипераккумулятором — горчицей сарептской (*Brassica juncea*). Однако в исследовании было мало уделено внимания оценке изменения в соотношении между разными биофильными микроэлементами и их роли в адаптационной лабильности симбиосистемы.

Цель работы — изучить взаимосвязь в изменении физиологических параметров развития бобово-ризобиальных симбиосистем, созданных на основе двух различных по степени толерантности к воздействию ТЭ генотипических линий растений гороха посевного, с закономерностями накопления в их вегетативных и генеративных органах полезных микроэлементов.

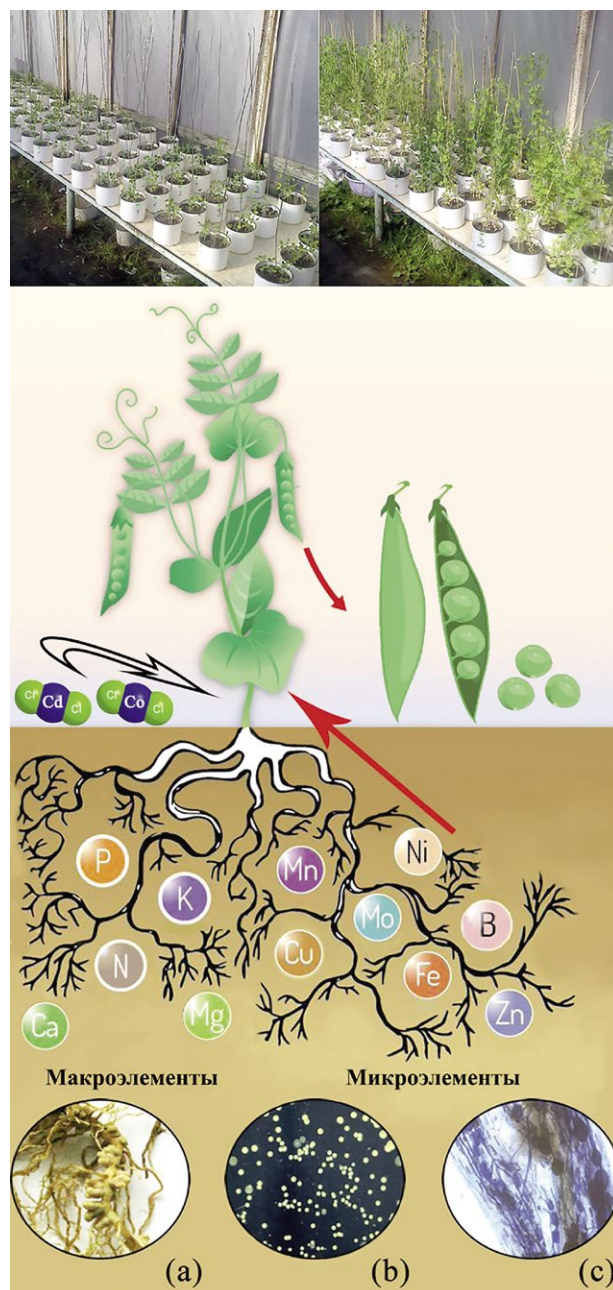
Материалы и методы исследований / Materials and methods

В качестве макросимбионтов для создания бобово-ризобиальных комплексов в исследовании использовали мутант гороха SGECDt, а также его чувствительную к воздействию ТЭ лабораторную дикую линию — SGE. В качестве микросимбионтов, повышающих устойчивость симбиосистем к токсичному загрязнению почв ТЭ, были выбраны штамм рост-стимулирующих ассоциативных АЦК-утилизирующих ризобактерий *Variovorax paradoxus* 5C-2, штамм клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* RCAM1066 и штамм гриба арбускулярной микоризы (АМГ) *Glomus* sp. 1Fo, полученные из Российской ведомственной коллекции сельскохозяйственных микроорганизмов (ВКСМ ФГБНУ ВНИИСХМ, СПб, <http://www.arriam.ru/kollekciya-kul-tur1/>). Инокулят *Glomus* sp. 1Fo

получали из приготовленной смеси почвы и корней микоризированных растений плектрантуса (*Plectranthus australis* R.Br.).

Рис. 1. Репрезентативная схема выращивания растений гороха посевного в тепличных условиях в сосудах, заполненных залежной дерново-подзолистой почвой слабой степени окультуренности, загрязненной солями ТЭ (Cd и (или) Co) **Пояснения:** красной стрелкой показан переход микроэлементов в надземную зеленую биомассу (побеги и семена), черная стрелка указывает на процесс искусственного внесения ТЭ в почву; а — *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strain RCAM1066, б — *Variovorax paradoxus* strain 5C-2, в — *Glomus* sp. 1Fo. Иллюстрация авторов

Fig. 1. A representative scheme of growing pea plants in greenhouse conditions in vessels filled with fallow sod-podzolic soil of a weak degree of cultivation, contaminated with salts of TM (Cd and (or) Co) **Explanations:** the red arrow shows the transition of trace elements into aboveground green biomass (shoots and seeds), the black arrow indicates the process of artificial introduction of TM into the soil; а — *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* strain RCAM1066, б — *Variovorax paradoxus* strain 5C-2, в — *Glomus* sp. 1Fo. Illustration by the authors



Вегетационный опыт проводили в пленочной теплице по общепринятой методике¹ при естественном освещении и температурном режиме в летний период (июнь — август 2022 года, Пушкин-8, Санкт-Петербург) (рис. 1).

Температура и влажность в теплице поддерживались на уровне 21 °C и 71% соответственно. Световой день равнялся 16–18 ч. Растения выращивали в эмалированных сосудах, заполненных 2,0 кг залежной дерново-подзолистой почвы слабой степени окультуренности, выдержанной после стерилизации, при комнатной температуре в течение одного месяца. Почва перед заполнением сосудов прошла предварительную стерилизацию и просеивание через сито с диаметром ячеек 5 мм.

Агрохимическая характеристика исходного состояния воздушно-сухой почвы проведена стандартными методами: pH_{KCl} — $4,63 \pm 0,62$, pH_{H_2O} — $5,43 \pm 0,32$, содержание гумуса — $1,67 \pm 0,01\%$, Нг — $1,89 \pm 0,02$ мг-экв / 100 г, сумма обменных оснований — $7,30 \pm 0,70$ мг-экв / 100 г, K_2O — $87,7 \pm 7,3$ мг/кг, P_2O_5 — $105,9 \pm 4,9$ мг/кг.

Конечная кислотность почвы с помощью известкования была доведена до нейтральной. Семена перед посевом ранжированы по весу, поверхностно обработаны концентрированной серной кислотой ($H_2SO_{4\text{конц}}$) в течение 10 мин., тщательно промыты дистиллированной водой и оставлены на проращивание в чашках Петри на увлажненной водой фильтровальной бумаге в темном термостате при 24 °C.

На третьи сутки проклюнувшиеся семена высаживали в количестве 5 шт./сосуд, что примерно соответствует норме высева (100 семян на 1 м²). Лабораторная всхожесть (энергия проращивания) семян составила 66% для SGE и 84% для SGECDt.

Одновременно с посевом каждый проросток инокулировали смесью микроорганизмов: 1,0 мл водной суспензии клубеньковых и ассоциативных ризобактерий (10^7 КОЕ/мл) и 1,0 г почвенно-корневой смеси из накопительной культуры гриба *Glomus sp. 1Fo*.

Удобрения вносили в почву в виде питательного раствора солей из расчета конечного содержания их в почве (мг/кг): NH_4NO_3 — 15, KNO_3 — 200, KH_2PO_4 — 200, $MgSO_4$ — 35, $CaCl_2$ — 25, H_3BO_3 — 3, $MnSO_4$ — 3, $ZnSO_4$ — 3, Na_2MoO_4 — 2. Дальнейшее внесение удобрений в виде подкормок в период вегетации в схеме опыта не предусматривалось, так как это могло нарушить развитие и полезное действие АМГ. Часть сосудов с почвой была искусственно загрязнена токсичными концентрациями ТЭ в виде водных растворов солей ($CdCl_2$ — 15 мг/кг — 4,5 г/м², $CoCl_2$ — 50 мг/кг — 15 г/м²).

Исходное содержание общего Cd в почве составляло $0,28 \pm 0,05$ мг/кг, Co — $5,00 \pm 0,90$ мг/кг. Естественное содержание подвижных форм ТЭ в почве: Cd — $0,09 \pm 0,01$, Co — $1,40 \pm 0,08$ мг/кг. Контролем служили сосуды с неинокулированными растениями и без внесения ТЭ. Влажность субстрата в опыте поддерживалась на уровне 70% от полной полевой влагоемкости (ППВ) путем ежедневного полива под корень согласно рас-

четным формулам по фазам онтогенеза, основанным на весовом методе.

В пределах каждого генотипа и варианта ставилось по четыре аналитических повторности. Общая продолжительность опыта составила 85 сут. (до фазы полной спелости бобов). Поскольку ТЭ оказывают ингибирующее действие на развитие репродуктивных органов и сроки прохождения фаз вегетации, точку съема устанавливали по развитию растений на контроле.

В конце эксперимента побеги извлекали из сосудов, сушили до воздушно-сухого состояния, взвешивали и измельчали до состояния порошка. По соотношению общих масс по вариантам определяли индексы устойчивости растений (Ib^2) согласно формуле:

$$Ib = a/b, \quad (1)$$

где: a — суммарная биомасса растения в опыте (поллютант присутствует) при инокуляции микробным консорциумом или без нее, мг; b — суммарная биомасса растения в контроле без инокуляции микробами, мг.

Далее проводили подсчет количества и биомассы образовавшихся семян и клубеньков на корнях. Семена также отбирали и измельчали в порошок для дальнейшего анализа накопления в них ТЭ и биофильных элементов.

Активность азотфиксации измеряли ацетилен-восстановительным методом на газовом хроматографе GC-2014 (Shimadzu, Япония) с использованием насадочных колонок, заполненных сорбентом ACM, и пламенно-ионизационного детектора нового поколения, обеспечивающего надежный и высокоточный анализ следовых количеств веществ. В качестве инертного газа-носителя использовался азот. По окончании на корнях велся подсчет количества сформировавшихся клубеньков.

Элементный анализ в полученной биомассе проводили с использованием масс-спектрометра Agilent 7500 (США) согласно МУК 4.1.1483-03³ в двух режимах — холодной и горячей плазмы. В режиме холодной плазмы (800W) измерялись железо, марганец, кобальт, в режиме горячей плазмы (1350W) — цинк, медь, молибден, никель, бор, кадмий. Калибровочная линия строилась по показаниям миллиардной доли (ppb) группы элементов, содержащихся в покупных стандартных растворах.

Полученные данные обрабатывали с помощью статистической системы R (версия 4.1.0, <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>) для Windows⁴. Критерий Шапиро-Уилка использовали для оценки нормальности распределения параметров количественных переменных [7]. Анализ ANOVA⁵ с критериями Тьюки и Даннета использовался для оценки различий между средними значениями в выборках. Различия между группами считались достоверными при уровне вероятности (p), не превышающем 0,05.

Для визуализации данных и выявления сходства профилей таксономического состава микроэлементного по вариантам опыта был проведен кластерный анализ

¹ Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. М.: Наука. 1968; 265.

² Барсукова В.С. Физиолого-генетические аспекты устойчивости растений к тяжелым металлам. Аналитический обзор. Новосибирск. 1997; 67. ISBN 5-7623-1242-9 <https://www.elibrary.ru/akhaxj>

³ Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии. Методические указания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003; 56.

⁴ Weinberg S.L., Harel D., Abramowitz S.K. Statistics Using R: An Integrative Approach. Cambridge: Cambridge University Press. 2020; 692.

ISBN 978-1108719148 <https://doi.org/10.1017/9781108719148>

⁵ Гржибовский А.М. Анализ трех и более независимых групп количественных данных. Экология человека. 2008; 3. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-treh-i-bolee-nezavisimyh-grupp-kolichestvennyh-dannyh> (дата обращения: 25.02.2023).

с построением тепловой карты на основе матрицы корреляционных расстояний.

Основной отчетный критерий оценки изменения уровня структурированности микроэлементов в различных органах бобово-ризобияльной симбиосистемы состоял в расчете индексов их фрактальной организации по вариантам опыта.

Фрактальный триплет микроэлементов (ФТМ) — это три микроэлемента, из концентраций которых можно составить трехэлементную логарифметрическую числовую последовательность FL (1):

$$FL = \{\log_2(M3/M3) = 0, \log_2(M2/M3) = -W \log_2(M1/M3) = -2W\}, \quad (2)$$

где $M1 < M2 < M3$ — концентрации трех микроэлементов в растениях (моль / г растения), W — шаг логарифметрической числовой последовательности

Индекс фрактального состава (организации) микроэлементов (I_f) — это отношение числа микроэлементов во фрактальных триплетах к общему числу микроэлементов в растениях (2):

$$I_f = (N_f \cdot R) / N_t, \quad (3)$$

где N_f , N_t — число микроэлементов во ФТМ и общее число микроэлементов в растениях; R — коэффициент, который уменьшается от $R = 1,0$ до $R = 0,25$ при снижении точности представления микроэлементов во ФТМ

Поскольку на генетическом уровне все процессы формообразования растений запрограммированы, в том числе и результирующие соотношения химических элементов в клеточных структурах, эти индексы определяются одними и теми же химическими процессами, происходящими в каждой клетке. В итоге из концентраций химических элементов в растениях можно составить упорядоченные числовые ряды, убывающие по значениям концентраций химических элементов и в соответствии с фрактальным степенным законом [8, 9].

Фрактальная степенная закономерность присутствует в числовых рядах химических элементов не случайно, так как она запрограммирована на генетическом уровне в химических формулах белков. Это свойство рядов подтверждается, например, разветвленной формой корневой системы растений, которая является классическим геометрическим фракталом.

Таким образом, упорядоченные степенные ряды концентраций химических элементов в растениях — это проявление фундаментальных фрактальных законов развития всех живых организмов и биосистем.

В отсутствии внешних воздействий и при достаточном количестве питательных и энергетических ресурсов в окружающей среде растения способны беспрепятственно и в точном соответствии со своей генетической программой формировать надземные органы, наполняя их химическими элементами в соответствии с фрактальными степенными закономерностями. Однако в реальных условиях внешние воздействия могут нарушить нормальную динамику биохимических процессов. В результате и происходит неполная или излишняя комплекция растительных клеток химическими элементами, что наблюдаем по изменению показателей расчетных индексов их соотношения.

Приближение показателя индекса организации к единице означает, что ионы микроэлементов наилуч-

шим образом распределяются внутри локации клеточной стенки и полимерных молекул клеток, то есть эти элементы находятся в связанном виде, отсутствует некомпенсированность питательного режима у растущего или сформированного растительного организма.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Загрязнение почвы ТЭ в модельном опыте отрицательно сказалось на биомассе урожая и количестве сформировавшихся семян на вариантах с отсутствием микробных инокулянтов. На варианте с внесением Cd у SGE снижение биомассы и количества семян составило 44,4% и 50,0% по сравнению с контролем. У мутанта SGECDt значения были на уровне 40,0% и 37,5% соответственно. На варианте с внесением Co — на уровне 40,0% и 37,5% снижения у SGE и на 40,0% и 25,0% снижения у SGECDt. При совместном внесении токсикантов — на уровне 60,0% и 50,0% снижения у SGE и на 64,0% и 37,5% снижения у SGECDt (рис. 2).

Анализ морфометрических данных, приведенный в таблице 1, показал, что в присутствии ТЭ показатели I_b для генотипов и вариантов равнялись, соответ-

Рис. 2. Биомасса и количество сформировавшихся семян с одного растения гороха, выращенного на дерново-подзолистой почве: а — без инокуляции; б — с инокуляцией микробным консорциумом, загрязненной ТЭ; 1 — SGE, 2 — SGECDt, 3 — SGE + Cd , 4 — SGECDt + Cd , 5 — SGE + Co , 6 — SGECDt + Co , 7 — SGE + Cd + Co , 8 — SGECDt + Cd + Co . Столбцы показывают средние ошибки

Fig. 2. Biomass and number of formed seeds from one pea plant grown on soddy-podzolic soil: a — without inoculation; b — with inoculation with a microbial consortium, contaminated with HM; 1 — SGE, 2 — SGECDt, 3 — SGE + Cd , 4 — SGECDt + Cd , 5 — SGE + Co , 6 — SGECDt + Co , 7 — SGE + Cd + Co , 8 — SGECDt + Cd + Co . Bars show mean errors

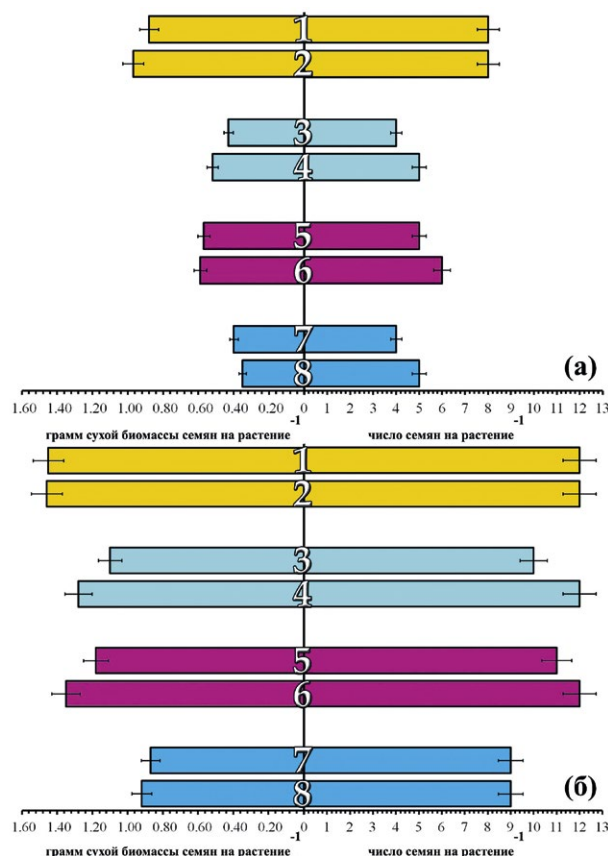


Таблица 2. Биомасса побегов и корней растений гороха, выращенных в модельном эксперименте на дерново-подзолистой почве, обогащенной ТЭ ($n = 20$, $\bar{X} \pm S_x$)
Table 2. Biomass of shoots and roots of pea plants grown in a model experiment on soddy-podzolic soil enriched with HM ($n = 3$, $\bar{X} \pm S_x$)

Вариант, t	Сухая биомасса побегов, г	Сухая биомасса корней, г	Побег/Корень	Общая биомасса культивара, г	lb
SGE	0,94 ± 0,06	0,28 ± 0,01	3,43 ± 0,27	1,22 ± 0,07	1,00
SGE + M	1,75 ± 0,12***	0,41 ± 0,02***	4,53 ± 0,40	2,16 ± 0,12***	—
SGE + Cd	0,58 ± 0,09*	0,15 ± 0,01***	4,10 ± 0,68	0,73 ± 0,09*	0,60
SGE + Cd + M	1,05 ± 0,09	0,27 ± 0,01	3,87 ± 0,27	1,32 ± 0,09	—
SGE + Co	0,80 ± 0,09	0,22 ± 0,01*	3,65 ± 0,47	1,02 ± 0,09	0,84
SGE + Co + M	1,00 ± 0,09	0,25 ± 0,01	3,97 ± 0,34	1,25 ± 0,09	—
SGE + Cd + Co	0,78 ± 0,08	0,15 ± 0,01***	5,86 ± 0,82**	0,93 ± 0,08	0,76
SGE + Cd + Co + M	0,79 ± 0,04	0,23 ± 0,01	3,84 ± 0,51	1,03 ± 0,04	—
SGECDt	0,83 ± 0,02	0,30 ± 0,01	2,86 ± 0,13	1,12 ± 0,02	1,00
SGECDt + M	1,76 ± 0,18***	0,52 ± 0,05***	3,87 ± 0,49	2,28 ± 0,18***	—
SGECDt + Cd	0,86 ± 0,08	0,30 ± 0,02	3,32 ± 0,53	1,16 ± 0,08	1,03
SGECDt + Cd + M	1,63 ± 0,11***	0,43 ± 0,04**	4,02 ± 0,35	2,07 ± 0,13**	—
SGECDt + Co	0,82 ± 0,02	0,27 ± 0,01	3,01 ± 0,11	1,09 ± 0,02	0,97
SGECDt + Co + M	1,05 ± 0,07	0,45 ± 0,01**	2,37 ± 0,17	1,49 ± 0,07	—
SGECDt + Cd + Co	0,80 ± 0,03	0,28 ± 0,01	2,98 ± 0,18	1,07 ± 0,04	0,95
SGECDt + Cd + Co + M	1,36 ± 0,08***	0,48 ± 0,04***	3,53 ± 0,67	1,83 ± 0,08***	—

Примечание: М — инокуляция микробным консорциумом; * различия статистически значимы по сравнению с контролем (SGE, SGECDt), порог ниже которого наблюдаемое различие групп можно считать статистически достоверным $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

ственно, для SGE — 0,60 (Cd), 0,84 (Co), 0,76 (Cd + Co), для SGECDt — 1,03 (Cd), 0,97 (Co), 0,95 (Cd + Co).

Внесение микробов нейтрализовало негативное действие ТЭ, при этом инокуляция (в отсутствие ТЭ) в среднем увеличивала накопление общей биомассы у генотипов в 1,89 раза. Показатели накопления биомассы растений в сравнении с контролем при внесении Cd и Co у SGE снижались в среднем в 1,39 раза, при ино-

куляции — лишь в 1,03 раза; у мутанта ТЭ лишь немного снижали рост (в 1,03 раза), тогда как при инокуляции микробами на фоне токсичного загрязнения биомасса возрастала в среднем в 1,59 раза.

Внесение ТЭ при инокуляции микробов снижало количество клубеньков и ацетиленредуктазную активность дикой линии гороха в 3,8 раза и 2,9 раза на варианте с Cd Cd (кадмием кадмием), в 2,5 раза и 1,7 раза на вариан-

Рис. 3. Параметры симбиотической активности растений гороха линии SGE (a) и мутанта SGECDt (б), инокулированных микробным консорциумом и выращенных на незагрязненной или обогащенной ТЭ дерново-подзолистой слабокультуренной почве. Бары указывают ошибки средних; М — инокуляция микробным консорциумом.

Примечание: +++ статистически значимые отличия от контроля (SGE, SGECDt) по числу клубеньков при $p < 0,05$ (ANOVA, тест Даннета); *** статистически значимые отличия от контроля (SGE, SGECDt) по ацетиленредуктазной активности при $p < 0,05$ (ANOVA, тест Даннета)

Fig. 3. Parameters of symbiotic activity of SGE (a) pea plants and SGECDt (b) mutant plants inoculated by a microbial consortium and grown on uncontaminated or TM-enriched sod-podzolic poorly cultivated soil. Bars indicate mean errors; M is inoculation by microbial consortium.
Note: +++ statistically significant differences from the control (SGE, SGECDt) in the number of nodules at $p < 0.05$ (ANOVA, Dunnet test); *** statistically significant differences from the control (SGE, SGECDt) in acetylene reductase activity at $p < 0.05$ (ANOVA, Dunnet test)

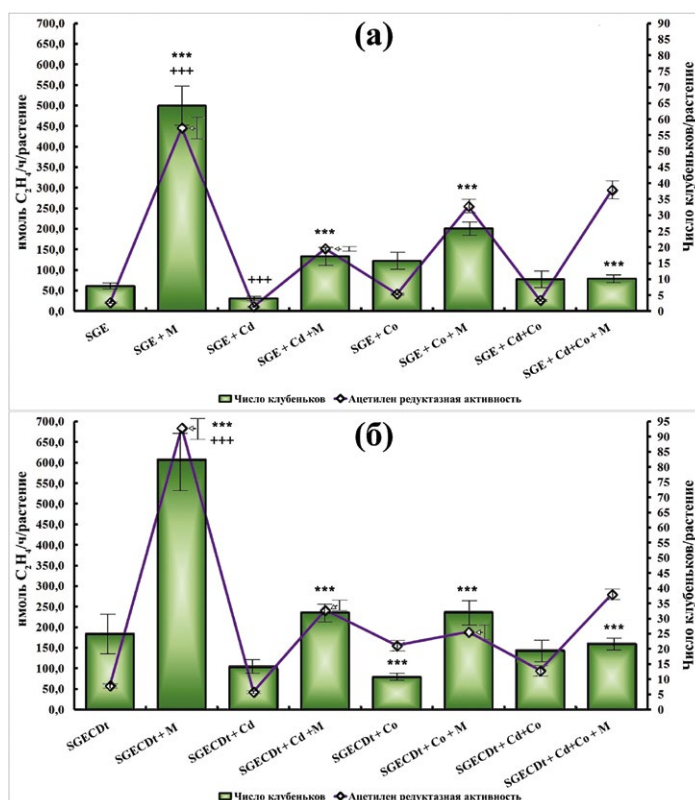
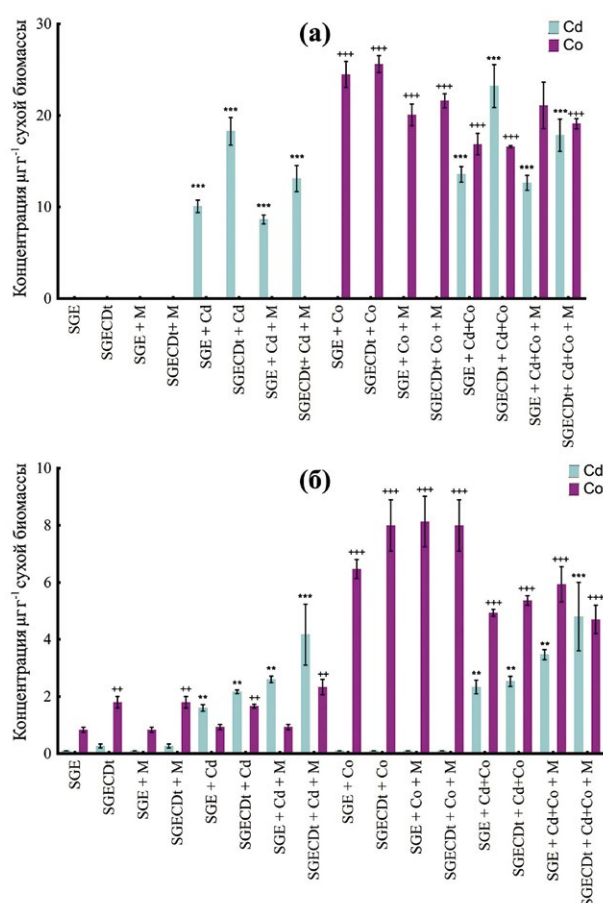


Рис. 4. Концентрация токсических элементов в побегах (а) и семенах (б) гороха, выращенного на дерново-подзолистой слабокультуренной почве с добавками Cd и (или) Co. Столбцы указывают на ошибки средних; M — инокуляция микробным консорциумом.

Примечание: **, *** — статистически значимые отличия от контроля (SGE, SGECdt) по аккумуляции Cd при $p < 0,01$ и $p < 0,001$ (ANOVA, тест Даннета); ++, +++ — статистически значимые отличия от контроля (SGE, SGECdt) по аккумуляции Co при $p < 0,01$ и $p < 0,001$ (ANOVA, тест Даннета)

Fig. 4. Concentration of heavy metals in shoots (a) and seeds (b) of peas grown on sod-podzolic poorly cultivated soil with Cd and (or) Co additives. The columns indicate mean errors; M is inoculation by a microbial consortium.

Note: **, *** — statistically significant differences from the control (SGE, SGECdt) on Cd accumulation at $p < 0.01$ and $p < 0.001$ (ANOVA, Dunnet test); ++, +++ — statistically significant differences from the control (SGE, SGECdt) on Co accumulation at $p < 0.01$ and $p < 0.001$ (ANOVA, Dunnet test)

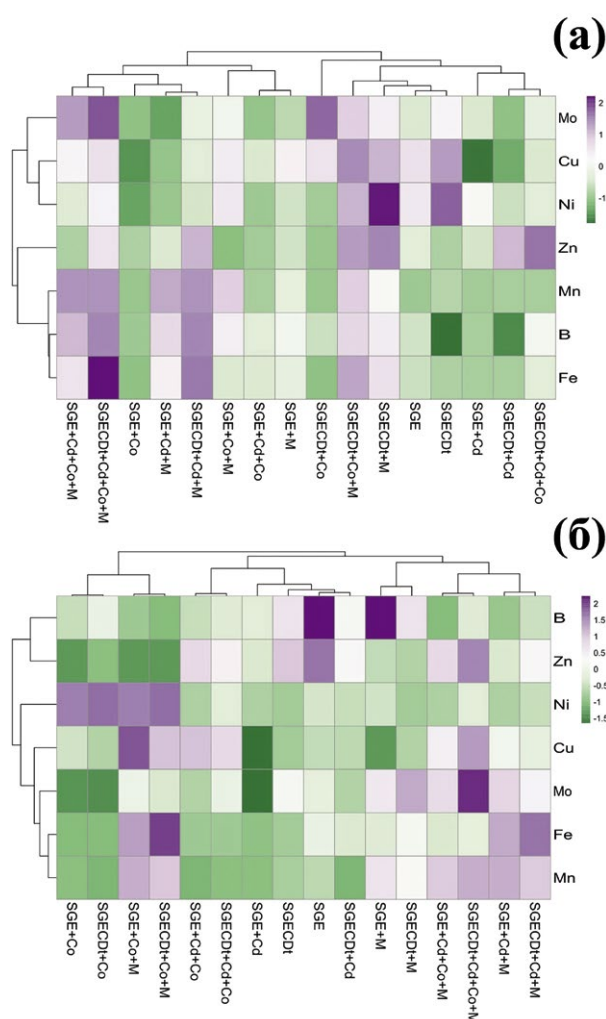


те с Co, 6,3 раза и 1,5 раза на биэлементном внесении по сравнению с контролем. Снижение этих же показателей у мутантного генотипа SGECdt: в 2,6 раза и 2,8 раза — на Cd, в 2,6 раза и 3,6 раза — на Co, в 3,8 раза и 2,4 раза на комбинации соответственно (рис. 3).

Меньшие параметры снижения ацетиленредуктазной активности у мутанта гороха SGECdt могут служить фактом повышенного накопления им азота в тканях, за счет чего поддерживается общая белковая биомасса растений при металл-индуцируемом стрессе. Содержание Cd в побегах растений обоих генотипов повышалось в присутствии токсических концентраций ионов Co, а последнего, напротив, снижалось (рис. 4). Похожие результаты уже отмечались ранее в другой научной работе [10], когда в результате совместного введения Cd и Co в почвенный раствор Co увеличивал концентрацию Cd в 4–6 раз, а влияние Cd уменьшало содержание Co в нем не более

Рис. 5. Тепловые карты изменчивости биофильных микроэлементов в побегах (а) и семенах (б) у разных генотипов гороха, выращенных на незагрязненной или обогащенной ТЭ дерново-подзолистой слабокультуренной почве. Более темный цвет указывает на высокую концентрацию, светлый — на низкую концентрацию элемента; M — инокуляция микробным консорциумом

Fig. 5. Heat maps of variability of biophilic microelements in shoots (a) and seeds (b) of different pea genotypes grown on uncontaminated or HM enriched soddy-podzolic poorly cultivated soil. A darker color indicates a higher concentration, a lighter color indicates a lower concentration of the element; M — Inoculation with microbial consortium



чем в 1,5 раза. По величине максимальной сорбции ($Q_{\max}$) в дерново-подзолистой почве Co превосходит Cd, однако по значению параметра прочности связи функциональными центрами (K_L) уступает последнему [11]. Поэтому в течение первых 21–28 суток после добавления Cd в почвенный раствор токсикант быстро заполняет все свободные высокоселективные центры почвы с отрицательным зарядом.

По мере установления квазиравновесного состояния между ТЭ возникает парный антагонизм, эффект проявления которого наблюдался в виде отсутствия аддитивного негативного эффекта на рост растений и разнице аккумуляции токсикантов в биомассе при их совместной интродукции в среду. Важно отметить, что у мутанта имеется запас по устойчивости к внесению Cd. Ранее было показано, что растения способны выдерживать концентрацию металла в среде до 30 мг/кг [12].

Внесение ТЭ привело к изменению в содержании всех анализируемых микроэлементов в биомассе обоих генотипов гороха (рис. 5). Также влияние *Co* проявилось в увеличении концентрации ионов *K* на 8% в сравнении с контролем у генотипа SGE. У генотипа SGECDt это вызвало увеличение концентрации *K*

на 137%, а *B* и *Mo* — на 17% и 39% соответственно. Эффект от *Cd* у SGE был значим лишь в отношении увеличения ионов *Cu* и *K* (в среднем для обоих генотипов на 242% и 10%). Для мутанта это отразилось лишь в увеличении *Zn* (на 119%). При совместном внесении ТЭ в почву (в противовес возросшему стрессу) данные различия по генотипам сохранились либо еще более увеличились.

Фрактальный анализ показал, что инокуляция микробным консорциумом в отсутствие ТЭ повышает уровень организации микроэлементов в побегах растений, но снижает их уровень организации в семенах (рис. 6). За исключением вариантов с комбинированным влиянием ТЭ и микробов на побеги мутантной линии, при добавлении в почву токсикантов отмечена тенденция к возрастанию индексов детерминированности микроэлементов в обоих органах симбиосистемы. Несмотря на ингибирование роста, дикая линия SGE показала в среднем более высокие значения степени организации микроэлементов внутри побегов и семян, нежели мутантный генотип SGECDt.

Выводы/Conclusion

Неизменность или уменьшение индексов организации микроэлементов в гомеостазе побегов мутантной линии, вероятно, можно истолковать перераспределением поступления источников питания между партнерами симбиосистемы в пользу микросимбионтов. Растения менее устойчивы к ТЭ, чем микроорганизмы, что связано с более сложным уровнем их организации.

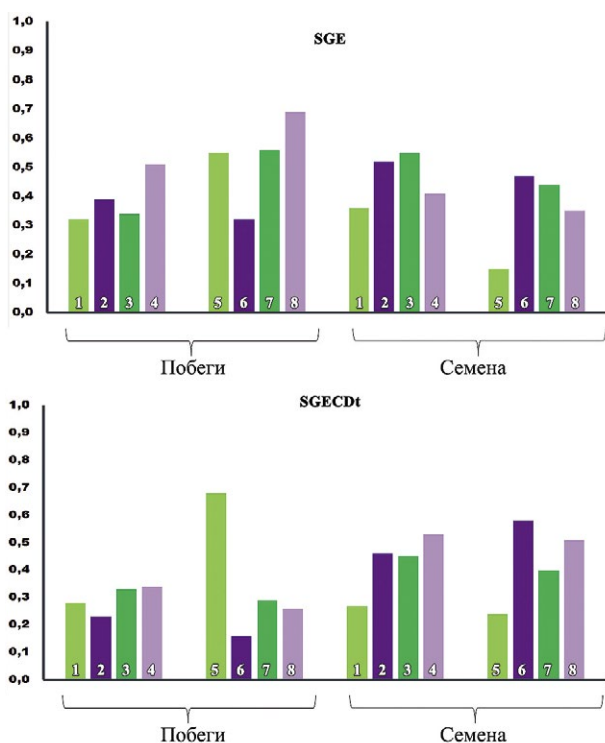
Таким образом, мутант, как генетически модифицированный организм, специально созданный для выживания в условиях металл-индуцированного стресса, за счет оптимизации схемы борьбы за источники питания, возможно, способствует лучшему привлечению полезных PGPR-микроорганизмов из ризосферы.

При формировании семян микроэлементы должны быть наилучшим образом мобилизованы в их запасующих семядолях, также результат увеличения показателей индекса организации можно считать положительным эффектом для последующего прорастания на начальном этапе онтогенеза.

Хотя полученные результаты и являются предварительными, они могут быть использованы в рамках первичного скрининга для сравнительной оценки использования симбиосистем на основе новых селекционных сортов зернобобовых культур, а также создания геоинформационной сети их дальнейшего возделывания в разных (по техногенной нагрузке) сельскохозяйственных районах России.

Рис. 6. Индекс фрактального состава микроэлементов в растительно-микробной системе разных генотипов *Pisum sativum* (SGE и SGECDt), выращенных на дерново-подзолистой почве с добавлением *Cd* и (или) *Co*; М — инокуляция микробным консорциумом. Варианты: 1) контроль (незагрязненная почва без инокуляции микробного консорциума), 2) + *Cd* – М, 3) + *Co* – М, 4) *Cd* + *Co* – М, 5) незагрязненная почва и инокулированная микробным консорциумом, 6) + *Cd* + М, 7) + *Co* + М, 8) *Cd* + *Co* + М

Fig. 6. Index of the fractal composition of trace elements in the plant-microbial system of different genotypes of *Pisum sativum* (SGE and SGECDt) grown on soddy-podzolic soil with the addition of *Cd* and (or) *Co*; M — inoculation with microbial consortium. Options: 1) control (uncontaminated soil without microbial consortium inoculation), 2) + *Cd* – M, 3) + *Co* – M, 4) *Cd* + *Co* – M, 5) uncontaminated soil and inoculated with microbial consortium, 6) + *Cd* + M, 7) + *Co* + M, 8) *Cd* + *Co* + M



БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы признательны доктору биологических наук А.А. Белимову за предоставление семенного материала из коллекции лаборатории ризосферной микрофлоры Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания № FGEW-2021-0004 «Выделение, изучение и скрининг перспективных штаммов симбиотических, ассоциативных бактерий и грибов арбускулярной микоризы для создания высокоэффективных и технологичных биопрепаратов широкого спектра действия и разработка подходов к созданию комбинированных биопрепаратов на основе геномного анализа и подбора штаммов, обладающих комплементарными наборами генов, ответственных за эффективное взаимодействие с растениями».

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to Doctor of Biology A.A. Belimov for providing seed material from the collection of the Laboratory of Rhizospheric microflora of All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology.

FUNDING

The article was prepared within the framework of the State Task No. FGEW-2021-0004 «Isolation, study and screening of promising strains of symbiotic, associative bacteria and fungi of arbuscular mycorrhiza for the creation of highly effective and technologically advanced biologics of a wide spectrum of action and the development of approaches to the creation of combined biologics based on genomic analysis and selection of strains with complementary sets of genes responsible for effective interaction with plants».

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. Леппянен И.В. и др. Анализ эффектов совместной инокуляции грибами арбускулярной микоризы и ризобиями на рост и развитие растений гороха *Pisum sativum* L. *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(3): 475–486. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.3.475rus>
2. Штарк О.Ю., Борисов А.Ю., Жуков В.А., Неманкин Т.А., Тихонович И.А. Многокомпонентный симбиоз бобовых с полезными почвенными микроорганизмами: генетическое и эволюционное обоснование использования в адаптивном растениеводстве. *Экологическая генетика*. 2011; 9(2): 80–94. <https://www.elibrary.ru/ofytur>
3. Mulet J.M., Campos F., Yenus L. Editorial: Ion Homeostasis in Plant Stress and Development. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 618273. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.618273>
4. Belimov A.A., Malkov N.V., Puhalsky J.V., Safronova V.I., Tikhonovich I.A. High specificity in response of pea mutant SGECDt to toxic metals: Growth and element composition. *Environmental and Experimental Botany*. 2016; 128: 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.04.009>
5. Tsyganov V.E. et al. A Chemically Induced New Pea (*Pisum sativum*) Mutant SGECDt with Increased Tolerance to, and Accumulation of, Cadmium. *Annals of Botany*. 2007; 99(2): 227–237. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl261>
6. Belimov A.A. et al. Microbial Consortium of PGPR, Rhizobia and Arbuscular Mycorrhizal Fungus Makes Pea Mutant SGECDt Comparable with Indian Mustard in Cadmium Tolerance and Accumulation. *Plants*. 2020; 9(8): 975. <https://doi.org/10.3390/plants9080975>
7. Nanda A., Mohapatra B.B., Mahapatra A.P.K., Mahapatra A.P.K., Mahapatra A.P.K. Multiple comparison test by Tukey's honestly significant difference (HSD): Do the confident level control type I error. *International journal of statistics and applied mathematics*. 2021; 6(1-A): 59–65. <https://doi.org/10.22271/math.2021.v6.i1a.636>
8. Богатых Б.А. Фрактальная природа живого: системное исследование биологической эволюции и природа сознания. Москва: URSS. 201; 253. ISBN 978-5-397-02429-7 <https://www.elibrary.ru/qkuptt>
9. Розенберг Г.С. Фрактальные методы анализа структуры сообществ. *Принципы экологии*. 2018; (4): 4–43. <https://www.elibrary.ru/zcuftt>
10. Лаврентьева Г.В., Круглов С.В., Анисимов В.С. Динамика катионного состава почвенного раствора известкованной дерново-подзолистой почвы при загрязнении Co и Cd и изменении pH. *Почвоведение*. 2008; (9): 1092–1100. <https://www.elibrary.ru/jjwgn>
11. Круглов С.В., Анисимов В.С., Лаврентьева Г.В., Анисимова Л.Н. Параметры селективной сорбции Co, Cu, Zn и Cd дерново-подзолистой почвой и черноземом. *Почвоведение*. 2009; (4): 419–428. <https://www.elibrary.ru/jxoumv>
12. Belimov A.A. et al. Rhizobial ACC deaminase contributes to efficient symbiosis with pea (*Pisum sativum* L.) under single and combined cadmium and water deficit stress. *Environmental and Experimental Botany*. 2019; 167: 103859. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103859>

ОБ АВТОРАХ

Ян Викторович Пухальский, инженер-микробиолог I категории, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин-8, Санкт-Петербург, 196608, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-5233-3497>
puhalskyan@gmail.com

Святослав Игоревич Лоскутов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Литейный пр-т, д. 55, Санкт-Петербург, 191014, Россия
lislask@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8102-2900>

REFERENCES

1. Leppanen I.V. et al. Analysis of the effects of joint inoculation by arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on the growth and development of pea plants *Pisum sativum* L. *Agricultural Biology*. 2021; 56(3): 475–486 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.3.475rus>
2. Shtark O.Yu., Borisov A.Yu., Zhukov V.A., Nemankin T.A., Tikhonovich I.A. Multicomponent symbiosis of legumes with beneficial soil microorganisms: genetic and evolutionary bases of application in sustainable crop production. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2012; 2(2): 177–189. <https://doi.org/10.1134/S2079059712020116>
3. Mulet J.M., Campos F., Yenus L. Editorial: Ion Homeostasis in Plant Stress and Development. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 618273. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.618273>
4. Belimov A.A., Malkov N.V., Puhalsky J.V., Safronova V.I., Tikhonovich I.A. High specificity in response of pea mutant SGECDt to toxic metals: Growth and element composition. *Environmental and Experimental Botany*. 2016; 128: 91–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.04.009>
5. Tsyganov V.E. et al. A Chemically Induced New Pea (*Pisum sativum*) Mutant SGECDt with Increased Tolerance to, and Accumulation of, Cadmium. *Annals of Botany*. 2007; 99(2): 227–237. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl261>
6. Belimov A.A. et al. Microbial Consortium of PGPR, Rhizobia and Arbuscular Mycorrhizal Fungus Makes Pea Mutant SGECDt Comparable with Indian Mustard in Cadmium Tolerance and Accumulation. *Plants*. 2020; 9(8): 975. <https://doi.org/10.3390/plants9080975>
7. Nanda A., Mohapatra B.B., Mahapatra A.P.K., Mahapatra A.P.K., Mahapatra A.P.K. Multiple comparison test by Tukey's honestly significant difference (HSD): Do the confident level control type I error. *International journal of statistics and applied mathematics*. 2021; 6(1-A): 59–65. <https://doi.org/10.22271/math.2021.v6.i1a.636>
8. Bogatykh B.A. The fractal nature of the living: a systematic study of biological evolution and the nature of consciousness. Moscow: URSS. 2011; 253 (In Russian). ISBN: 978-5-397-02429-7 <https://www.elibrary.ru/qkuptt>
9. Rozenberg G.S. Fractal methods of the analysis of a community structure. *Principles of the Ecology*. 2018; (4): 4–43 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zcuftt>
10. Lavrent'eva G.V., Kruglov S.V., Anisimov V.S. Dynamics of the soil solution cationic composition in a limed soddy-podzolic soil contaminated with Co and Cd at variable pH. *Eurasian Soil Science*. 2008; 41(9): 965–972. <https://doi.org/10.1134/S106422930809007X>
11. Kruglov S.V., Anisimov V.S., Lavrent'eva G.V., Anisimova L.N. Parameters of selective sorption of Co, Cu, Zn, and Cd by a soddy-podzolic soil and a chernozem. *Eurasian Soil Science*. 2009; 42(4): 385–393. <https://doi.org/10.1134/S106422930904005X>
12. Belimov A.A. et al. Rhizobial ACC deaminase contributes to efficient symbiosis with pea (*Pisum sativum* L.) under single and combined cadmium and water deficit stress. *Environmental and Experimental Botany*. 2019; 167: 103859. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103859>

ABOUT THE AUTHORS

Yan Viktorovich Puhalsky, Engineer-microbiologist of the 1st category, All-Russian Research Institute for Agricultural Microbiology, 3 Podbelskogo Highway, Pushkin-8, St. Petersburg, 196608, Russia
<https://orcid.org/0000-0001-5233-3497>
puhalskyan@gmail.com

Svyatoslav Igorevich Loskutov, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Food Additives — branch of the V.M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 55 Liteiny prospect, St. Petersburg, 191014, Russia
lislask@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8102-2900>

Николай Иванович Воробьев,

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии,
шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин-8, Санкт-Петербург,
196608, Россия
nik.ivanvorobyov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8300-2287>

Юрий Владимирович Лактионов,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
заведующий лабораторией экологии симбиотических
и ассоциативных ризобактерий,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии,
шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин-8, Санкт-Петербург,
196608, Россия
laktionov@list.ru

Андрей Петрович Кожемяков,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной микробиологии,
шоссе Подбельского, д. 3, Пушкин-8, Санкт-Петербург,
196608, Россия
kojemayakov@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9657-2454>

Nikolay Ivanovich Vorobyov,

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher,
All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology,
3 Podbelskogo Highway, Pushkin-8, St. Petersburg, 196608,
Russia
nik.ivanvorobyov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8300-2287>

Yuri Vladimirovich Laktionov,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher,
Head of the Laboratory of Ecology of Symbiotic
and Associative Rhizobacteria,
All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology,
3 Podbelskogo Highway, Pushkin-8, St. Petersburg,
196608, Russia
laktionov@list.ru

Andrey Petrovich Kozhemyakov,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher,
All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology,
3 Podbelskogo Highway, Pushkin-8, St. Petersburg,
196608, Russia
kojemayakov@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9657-2454>

УДК 633.174+633.62+633.282:632.111

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119

В.Л. Газе ✉,
И.А. Лобунская,
П.И. Костылев,
В.В. Ковтунов

Аграрный научный центр «Донской»
Зерноград, Ростовская обл., Россия

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Поступила в редакцию:
13.02.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119

Valentina L. Gaze ✉,
Irina A. Lobunskaya,
Pavel I. Kostylev,
Vladimir V. Kovtunov

Agricultural Research Center «Donskoy»,
Zernograd, Rostov region, Russia

✉ I.fiziologii@yandex.ru

Received by the editorial office:
13.02.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Оценка образцов сорго зернового, сахарного и травянистого на устойчивость к низким положительным температурам

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Повышение холодоустойчивости теплолюбивых сельскохозяйственных культур — актуальная проблема селекции. При прорастании семена и всходы подвергаются воздействию температурного стресса, оказывающего негативное влияние на растения, в связи с чем происходит увеличение длительности вегетационного периода, снижаются урожайность и качество продукции. В статье представлены экспериментальные данные оценки устойчивости к низким положительным температурам сорго зернового, сахарного и травянистого селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Цель исследования — выявить источники, толерантные к холоду селекционного материала сорго зернового, сахарного и травянистого.

Методы. Исследования были проведены в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» с 2019 по 2022 год. Диагностику холодоустойчивости проводили на начальном этапе развития растений методом, при котором семена проращивали в условиях воздействия низких положительных температур (8 °C) с последующим их доращиванием при оптимальной температуре (25 °C).

Результаты. Выявлены устойчивые к пониженным температурам сорта разных видов сорго. Всхожесть семян при низких положительных температурах составила у сорго травянистого и сахарного 93,4% и 91,4%, а зернового — 79,1%. Выделены холодоустойчивые образцы разных видов сорго, отличающиеся высокими значениями всхожести и интенсивностью роста семян в начальный период: зерновое (Деметра x ЗСК 404/17, Деметра x Уч. 42/20, Деметра x ЗСК 20/10), сахарное (Деметра x КД-388, Деметра x Южное, АПВ-1115 x КЛ 12198), травянистое (АПВ-1115 x Ч 4, Деметра x ЛИК-2011, АПВ 1115 x Св. 4).

Ключевые слова: сорго зерновое, сахарное, травянистое, холодоустойчивость, всхожесть, проросток, корешок, группа устойчивости

Для цитирования: Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В. Оценка образцов сорго зернового, сахарного и травянистого на устойчивость к низким положительным температурам. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 115–119. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119>

© Газе В.Л., Лобунская И.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В.

Estimation of the grain, sweet and grass sorghum samples for resistance to low above zero temperatures seedlings

ABSTRACT

Relevance. Increasing the cold resistance of heat-loving crops is an urgent problem of breeding. During germination, seeds and seedlings are exposed to temperature stress, which has a negative effect on plants, and therefore the duration of the growing season increases, yields and product quality decrease. The article presents experimental data on the assessment of resistance to low positive temperatures of grain sorghum, sugar and herbaceous selection «ANC «Donskoy». The purpose of the study is to identify sources tolerant to the cold of the breeding material of grain sorghum, sugar and herbaceous.

Methods. The research was conducted in the Laboratory of Plant Physiology of the Federal State Budgetary Institution «ANC «Donskoy» from 2019 to 2022. Diagnostics of cold resistance was carried out at the initial stage of plant development by a method in which seeds were germinated under the influence of low positive temperatures (8 °C), followed by their growth at an optimal temperature (25 °C).

Results. Varieties of different types of sorghum resistant to low temperatures have been identified. Seed germination at low positive temperatures was 93.4% and 91.4% for herbaceous and sugar sorghum, and 79.1% for grain sorghum. There have been identified such cold resistant samples of different sorghum samples, characterized by high germination rates and intensity of seed growth in the initial period as the grain sorghum samples (Demetra x ZSK 404/17', Demetra x Uch. 42/20 and Demetra x ZSK 20/10), the sweet sorghum samples (Demetra x KD-388, Demetra x South and APV-1115 x KL 12198), the grass sorghum samples (APV-1115 x Ch 4, Demetra x LIK-2011 and APV 1115 x Sv. 4).

Key words: grain sorghum, sweet sorghum, grass sorghum, cold resistance, germination, sprout, root, resistance group

For citation: Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V. Estimation of the grain, sweet and grass sorghum samples for resistance to low above zero temperatures. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 115–119 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-115-119>

© Gaze V.L., Lobunskaya I.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V.

Введение/Introduction

Рост и развитие растений в естественных природных условиях часто проходят при неблагоприятных условиях окружающей среды, а именно под воздействием температурных колебаний [1, 2]. Климатические условия, вызывающие абиотические стрессы, — основные факторы, способствующие снижению стабильности производства продукции растениеводства. В связи с этим применение в селекции различных способов повышения устойчивости растений к стрессу (засуха, низкая и высокая температура, засоление и закисление почв и др.) является важной задачей [3]. Одно из наиболее эффективных решений — это использование в производстве устойчивых (адаптивных) сортов. А.А. Жученко и ряд зарубежных ученых высказывают мнение о существовании различий общей и специфической адаптации. Прямая реакция растений, направленная на обеспечение более высокой продуктивности при варьирующих условиях внешней среды, является специфической, а общая — это генотипическая способность вновь образованных фенотипов адаптироваться к различным агро-климатическим условиям [4].

Способность растения к адаптации в большей степени обуславливается его генотипом. Свойство растения изменять метаболизм в соответствии с условиями окружающей среды говорит о его лучшей способности к адаптации [5].

Сорго относится к семейству мятликовых (*Poaceae*), род *Sorghum Moench*, и насчитывает до 70 видов возделываемого сорго и группу полудиких и диких растений. Культура сорго обладает большой пластичностью, хорошо приспосабливается к почвенно-климатическим условиям выращивания и имеет широкий ареал распространения [6, 7]. Сорго (по происхождению) — тропическое теплолюбивое растение, оптимальные условия для прорастания семян, их роста и развития наступают при температуре 25–30 °C [8, 9]. Посев семян в непрогретую почву (7–8 °C) (или понижение температуры в послепосевной период) отражается на снижении полевой всхожести (семена покрываются плесенью, долго не прорастают), посевы изреженные, зарастают сорняками, снижается урожайность [10, 11]. Сорго очень чувствительно к относительно низким температурам почвы и воздуха, особенно к заморозкам. Воздействие минусовой температуры (в 2–3 °C) вызывает гибель всходов, а всего растения — понижение в фазу «цветение» до +1 °C.

На сегодняшний день остается актуальным вопрос изучения устойчивости растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды, а именно исследования по выявлению холодоустойчивых сортов, источников и доноров с хозяйственно ценными признаками [11]. Использование этих перспективных генотипов в селекционном процессе внесет положительный вклад в решение проблемы холодоустойчивости сорго.

Цель исследования — выявить источники устойчивости к низким положительным температурам селекционного материала сорго зернового, сахарного и травянистого.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования были проведены в лаборатории физиологии растений ФГБНУ «АНЦ «Донской»» с 2019 по 2022 год. В лабораторных исследованиях изучались

424 образца разных видов сорго (зерновое, сахарное, травянистое). Диагностику холодоустойчивости проводили на начальном этапе развития растений сорго в условиях пониженных температур [12]. Для исследования были отобраны здоровые и неповрежденные семена, которые обеззараживали 0,5%-ным раствором марганцовокислого калия, затем промывали под проточной водой. Семена опытного варианта проращивали в термостате Binder при постоянной температуре (+8 °C), подсчет проводили на 15-е сутки и удаляли проросшие семена, а оставшиеся доращивали еще четыре дня при температуре +25 °C. На 19-й день опыта проводили окончательный учет результатов. В контрольном варианте семена проращивали на дистиллированной воде при температуре 25 °C. Параллельно с учетом данных количества проросших семян на 15-й и 19-й день устанавливалась величина морфометрических показателей (длина ростка, длина корешка и количество корешков) [13].

Холодоустойчивость определяли по формуле:

$$XY = a/b \times 100\%,$$

где: XY — холодоустойчивость, %; а — количество проростков при $t = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$; б — количество растений, проросших при $t = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В зависимости от прорастания семян (холодоустойчивость) образцы разделяли по группам:

- I. Прорастание более 80% — высокохолодоустойчивые.
- II. 61–80% — устойчивость выше среднего.
- III. 41–60% — среднеустойчивые.
- IV. 21–40% — устойчивость ниже среднего.
- V. 0–20% — неустойчивые.

Варьирование признаков определяли по методике Б.А. Доспехова¹: изменчивость принято считать незначительной или слабой ($V\% \leq 10,0\%$), средней ($V\% = 10,0\text{--}20,0\%$), значительной или высокой ($V\% > 20,0\%$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Несмотря на то что сорго теплолюбивая культура, его растения способны прорасти и давать всходы при пониженных положительных температурах. Холодоустойчивость растений сорго зернового, сахарного и травянистого оценивали по способности семян прорасти в условиях низких положительных температур. Генотипы, характеризующиеся высокими значениями потенциальной холодоустойчивости и сохранением всхожести, являются толерантными к холоду [14]. Сорта разных видов сорго неодинаково реагировали на действие низкотемпературного стресса, который оказал негативное действие на всхожесть семян.

Лабораторная оценка всхожести семян при проращивании в холоде выявила, что наиболее высокие значения холодоустойчивости отмечены у сортов травянистого и сахарного сорго (средние данные всхожести по образцам составили 93,4% и 91,4 % соответственно) (табл. 1).

Образцы сорго зернового реагировали на низкие температуры снижением этого показателя, всхожесть составила 79,1%, что на 14,3% и 12,3 % ниже по срав-

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стер. М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 1. Холодоустойчивость сорго (2019–2022 гг.)
Table 1. Cold resistance of sorghum (2019–2022)

Виды сорго	Количество проросших семян при $t = +8^{\circ}\text{C}$, шт.	Количество проросших семян при $t = +8^{\circ}\text{C}$ и $+25^{\circ}\text{C}$, шт.	Всхожесть, %
Зерновое	77,5	98,0	79,1
Сахарное	89,6	98,0	91,4
Травянистое	91,5	98,0	93,4

нению со всхожестью семян сорго травянистого и сахарного соответственно. Получены экспериментальные результаты, на основании которых изучаемые генотипы были ранжированы на группы устойчивости. Среди видов сорго группу «высокоустойчивые» (всхожесть семян при низких положительных температурах 81–100%) составили 48% сорго зернового, 53% — сахарного, 68% — травянистого. Устойчивость выше средней отмечена у 27% сорго зернового, 19% — сахарного, 14% — травянистого. Среднеустойчивые образцы составляют 16%, 12% и 14% сорго зернового, сахарного и травянистого соответственно. Устойчивость ниже средней выявлена у сорго зернового, сахарного и травянистого — 6%, 9% и 1% соответственно. В группе «неустойчивые к низким температурам» по 3% составляют образцы сорго зернового и травянистого, а 7% — сахарного (рис. 1).

Среди изученных 299 гибридов и линий сорго зернового группу с высокой холодоустойчивостью составляют 48% (143 образца) со всхожестью от 84,8% (Джетта х Уч. 10/21) до 97,7% (Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10). Максимальные значения всхожести семян от 97,0% (ЗСК 444/16 х Уч. 27/18) до 97,7% (Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10) отмечены у 10 образцов.

В период прорастания семян сорго сахарного из 43 изучаемых генотипов 53% (23 образца) составляют высокохолодоустойчивые со всхожестью семян от 81,4% (А-63 х ЗР 454/32) до 97,9% (Деметра х КД-388,

Деметра х Южное, АПВ-1115 х КЛ-12198). Наибольшие значения данного признака в условиях проращивания в холоде зафиксированы у 10 образцов — от 96,6% (АПВ-1115 х ЗР-454/442) до 97,9% (Деметра х КД-388).

При изучении сорго травянистого (82 образца) было выявлено 56 шт. (68%), относящихся к группе высокохолодоустойчивых, всхожесть которых варьировала от 82,4% (ФП-1541) до 99,0% (АПВ-1115 х Св. 4). Наиболее высокие значения признака находились в пределах от 97,6% (АПВ-1115 х АЛК-149/1) до 99,0% (АПВ-1115 х Св. 4).

Толерантность к холоду влияла на активность роста и развития проростков. Определяли изменение линейных параметров растений (длина проростка, корня и количество зародышевых корешков), отклонение этих значений при низких положительных температурах от параметров при оптимальных условиях. Изучаемые образцы разных видов сорго значительно различались по длине ростка, которая при оптимальной температуре варьировала от 9,8 до 10,5 см, а при проращивании в холоде — от 1,9 до 2,5 см (табл. 2).

В зависимости от температурного режима проращивания изменялась длина ростка: при оптимальных условиях (25°C) средние значения по всем видам сорго составили 10,2 см, а при 8°C — 2,1 см. Аналогичная реакция на изменение температурных режимов наблюдается по интенсивности роста корешков у всех видов сорго. Средние значения длины корешков по всем

Рис. 1. Распределение образцов сорго по группам холодоустойчивости: а) зерновое, б) сахарное, в) травянистое (2019–2022 гг.)

Fig. 1. Distribution of samples of sorghum according to cold resistance groups: a) grain, b) sweet, c) grass (2019–2022)

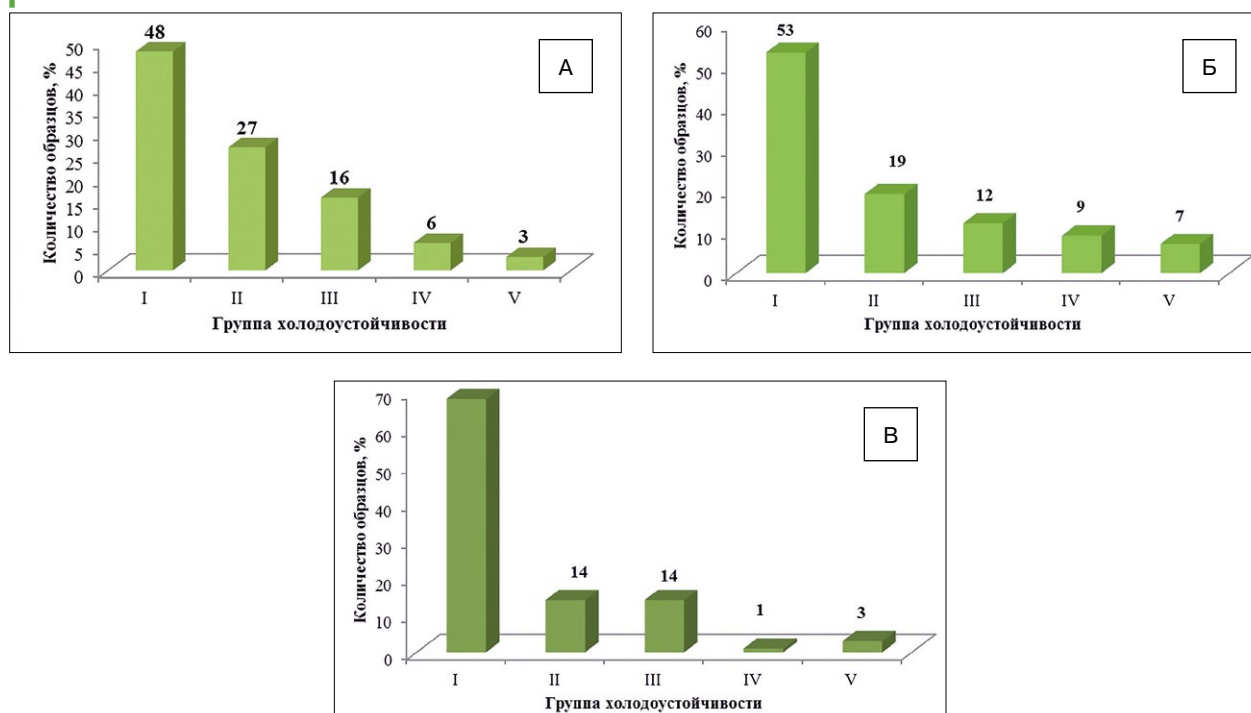


Таблица 2. Морфометрические показатели проростков растений сорго, 2019–2022 гг.
Table 2. Morphometric parameters of sorghum sprouts, 2019–2022

Сорго	Длина ростка, см			Длина корешков, см			Количество корешков, шт.		
	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль	Холодное проращивание (15-й день)	Доращивание (19-й день)	Контроль
Зерновое	2,0	10,3	10,5	6,5	13,5	13,7	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	11,6	26,0	20,1	17,7	28,3	22,7	–	–	–
Сахарное	2,5	10,5	12,1	7,5	13,7	14,2	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	12,3	25,3	19,7	19,2	29,7	20,9	–	–	–
Травянистое	1,9	9,8	10,2	7,2	13,3	13,9	1	3	3
Коэффициент вариации (V%)	10,1	20,0	18,3	16,6	25,0	20,1	–	–	–
Среднее по всем видам сорго	2,1	10,2	10,9	7,1	13,5	13,9	1	3	3

видам сорго при холодном проращивании составили 7,1 см, а при оптимальных условиях выращивания — 13,5 см. Количество корешков у семян, проросших на 15-й день, — 1 шт., а у проросших на 19-й день — 3 шт. Холодостойкие образцы отличались наибольшей длиной ростков и корешков.

Коэффициенты вариации длины ростка и корешка при проращивании в холоде были средними: у зернового сорго — 11,6% и 17,7%, сахарного — 12,3% и 19,2%, травянистого — 10,1% и 16,6% соответственно. При доращивании всходов и на контроле коэффициенты вариации были высокими — от 20,1 до 29,7%, что свидетельствует о значительной изменчивости признака.

По результатам лабораторных исследований оценки холодоустойчивости разных видов сорго на ранних стадиях развития растений выявлены генотипы, которые могут быть использованы в селекционных программах по созданию сортов, устойчивых к действию пониженных положительных температур воздуха и почвы.

Выводы/Conclusion

Получены экспериментальные данные по изучению холодоустойчивых образцов сорго зернового, сахарного и травянистого. Выявлены сорта травянистого и са-

харного сорго с наибольшей лабораторной всхожестью семян (средние данные всхожести составили 93,4% и 91,4% соответственно), а сорго зерновое реагировало на температурный стресс снижением этого показателя (79,1%).

Первую группу «высокоустойчивые» и вторую группу «устойчивость выше средней» (со всхожестью семян при низких положительных температурах от 61 до 100%) составляют: сорго зерновое — 75%, сахарное — 72%, травянистое — 82%.

Выделены сортообразцы среди трех видов сорго, имеющие максимальные значения всхожести и обладающие наибольшей интенсивностью начального роста семян при температурном стрессе: зерновое (Деметра х ЗСК 404/17, Деметра х Уч. 42/20, Деметра х ЗСК 20/10), сахарное (Деметра х КД-388, Деметра х Южное, АПВ-1115 х КЛ-12198), травянистое (АПВ-1115 х Ч 4, Деметра х ЛИК-2011, АПВ 1115 х Св. 4). Они могут быть использованы в селекционных программах при создании сортов, устойчивых к действию пониженных положительных температур воздуха и почвы на ранних стадиях развития растений, а также для расширения ареала возделывания этой культуры в более северные регионы России.

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

- Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Биоразнообразие сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (5): 49–52. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52>
- Смирнова В.С. Биологический потенциал сорго и его холодоустойчивость. *XX юбилейные царскосельские чтения: Материалы Международной научной конференции*. Санкт-Петербург: ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2016; 3: 266–269. <https://elibrary.ru/wnnidf>
- Старчак В.И. Изучение сортообразцов зернового сорго и создание исходного материала для селекции в засушливом Поволжье. *Вестник Вятской ГСХА*. 2020; (1): 5. <https://elibrary.ru/hiajyg>
- Верхоламошкин С.В., Бельченко С.А., Васкина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] в условиях юго-западной части Центральной России. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (3): 27–38. <https://elibrary.ru/zidxtt>
- Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Семин Д.С., Каменева О.Б., Старчак В.И. Изучение адаптивной способности ЦМС-линий зернового сорго в условиях Нижневолжского региона. *Аграрная наука*. 2020; (11–12): 65–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-65-67>

REFERENCES

- Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Biodiversity of sorghum. *Grain Economy of Russia*. 2018; (5): 49–52 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-59-5-49-52>
- Smirnova V.S. Biological potential of sorghum and its cold resistance. *XX Anniversary Readings in Tsarskoye Selo. Proceedings of the International Scientific Conference*. St. Petersburg: Pushkin Leningrad State University. 2016; 3: 266–269 (In Russian). <https://elibrary.ru/wnnidf>
- Starchak V.I. Study of grain sorghum varieties and creation of source material for breeding in the arid Volga region. *Vestnik Vyatskoy GSKhA*. 2020; (1): 5 (In Russian). <https://elibrary.ru/hiajyg>
- Verholamochkin S.V., Belchenko S.A., Vaskina T.I. Agroecological testing of varieties and hybrids of forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in the conditions of the South-Western part of Central Russia. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2021; (3): 27–38 (In Russian). <https://elibrary.ru/zidxtt>
- Kibalnik O.P., Efremova I.G., Semin D.S., Kameneva O.B., Starchak V.I. Study of the adaptive capacity of CMS-lines of grain sorghum in the conditions of the Lower Volga region. *Agrarian science*. 2020; (11–12): 65–67 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-65-67>

6. Романюкин А.Е., Ковтунова Н.А., Шуршалин В.А., Ермолина Г.М. Изменчивость основных элементов продуктивности сахарного сорго. *Зерновое хозяйство России*. 2022; (3): 69–75. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76>

7. Abreha K.B. *et al.* Sorghum in dryland: morphological, physiological and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022; 255: 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>

8. Emendack Y., Sanchez J., Hayes C., Nesbitt M., Laza H., Burke J. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*. 2021; 11: 7801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>

9. Барановский А.В., Садовой А.С., Косогова Т.М. Динамика запасов продуктивности кормовых культур в посевах зернового сорго в зависимости от сроков сева. *Вестник аграрной науки*. 2021; (5): 12–20. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.5.12>

10. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в посевах запада Брянской области. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2021; (1): 64–74. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-64-74>

11. Rutayisire A., Lubadde G., Mukayiranga A., Edema R. Response of Sorghum to Cold Stress at Early Developmental Stage. *International Journal of Agronomy*. 2021; 2021: 8875205. <https://doi.org/10.1155/2021/8875205>

12. Удовенко Г.В. (ред.). Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. Методическое руководство. Ленинград: ВИР. 1988; 228. <https://elibrary.ru/yjojdf>

13. Чмелева С.И., Павлюченкова О.А. Исследование устойчивости *Cucumis sativus* L. к осмотическому стрессу под действием синтетического регулятора роста Циркон. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2018; 4(1): 137–147. <https://elibrary.ru/ywxvvp>

14. Семин Д.С., Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Куколева С.С., Старчак В.И. Тестирование новых сортов кормового сорго в лабораторных условиях на холодостойкость. *Научное обеспечение устойчивого развития растениеводства в условиях аридизации климата. Материалы Международной заочной научно-практической конференции*. Саратов: Россорго. 2017; 34–39.

6. Romanyukin A.E., Kovtunova N.A., Shurshalin V.A., Ermolina G.M. Variability of the main elements of sweet sorghum productivity. *Grain Economy of Russia*. 2022; (3): 69–75 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-69-76>

7. Abreha K.B. *et al.* Sorghum in dryland: morphological, physiological and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022; 255: 20. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7>

8. Emendack Y., Sanchez J., Hayes C., Nesbitt M., Laza H., Burke J. Seed-to-seed early-season cold resiliency in sorghum. *Scientific Reports*. 2021; 11: 7801. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87450-1>

9. Baranovsky A.V., Sadovoi A.S., Kosogova T.M. Dynamics of productive moisture reserves in grain sorghum crops depending on sowing time. *Bulletin of agrarian science*. 2021; (5): 12–20 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.5.12>

10. Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M. Implementation of the productivity potential of forage crops in the west of the Briansk region. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; (1): 64–74 (In Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-58-1-64-74>

11. Rutayisire A., Lubadde G., Mukayiranga A., Edema R. Response of Sorghum to Cold Stress at Early Developmental Stage. *International Journal of Agronomy*. 2021; 2021: 8875205. <https://doi.org/10.1155/2021/8875205>

12. Udovenko G.V. (ed.). Diagnostics of plant resistance to stress factors. Methodological instructions. Leningrad: All-Union Institute of Plant Industry. 1988; 228 (In Russian). <https://elibrary.ru/yjojdf>

13. Chmeleva S.I., Pavlyuchenkova O.A. Study of the stability of *Cucumis sativus* L. to the osmotic stress under the action of synthetic growth regulator Zircon. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2018; 4(1): 137–147 (In Russian). <https://elibrary.ru/ywxvvp>

14. Semin D.S., Kibalnik O.P., Efremova I.G., Kukoleva S.S., Starchak V.I. Testing of the new fodder sorghum varieties in the laboratory for cold resistance. *Scientific support for the sustainable development of crop production in the conditions of climate aridization. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Saratov: Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn. 2017; 34–39 (In Russian).

ОБ АВТОРАХ

Валентина Леонидовна Газе,
младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
valentinagaze@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>

Ирина Алексеевна Лобунская,
агроном лаборатории физиологии растений,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
lobunskaya95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1537-8498>

Павел Иванович Костылев,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник лаборатории селекции
и семеноводства риса,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл.,
347740, Россия
p-kostylev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-6848>

Владимир Викторович Ковтунов,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго
зернового,
Аграрный научный центр «Донской»,
Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740,
Россия
kowtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

ABOUT THE AUTHORS

Valentina Leonidovna Gaze,
Junior Researcher at the Laboratory of Plant Physiology,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
valentinagaze@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>

Irina Alekseevna Lobunskaya,
Agronomist of the Laboratory of Plant Physiology,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
lobunskaya95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1537-8498>

Pavel Ivanovich Kostylev,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher
of the Laboratory of Rice Breeding and Seed Production,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region,
347740, Russia
p-kostylev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4371-6848>

Vladimir Viktorovich Kovtunov,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher
at the Laboratory of Breeding and Seed Production
of grain sorghum,
Agricultural Research Center «Donskoy»,
3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region,
347740, Russia
kowtunow85@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7510-7705>

Н. В. Пролётова

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ science.trk@fncl.ru

Поступила в редакцию:
17.02.2023Одобрена после рецензирования:
11.07.2023Принята к публикации:
25.07.2023

Research article

 creative commons
Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-120-125

Nataliya V. Proletova

Federal Scientific Center of Bast Crops,
Tver, Russia

✉ science.trk@fncl.ru

Received by the editorial office:
17.02.2023Accepted in revised:
11.07.2023Accepted for publication:
25.07.2023

Реакция льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) на содержание ионов алюминия в культуре *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Влияние неблагоприятных факторов внешней среды является одной из причин низкой реализации биологических возможностей современных сортов льна в производственных условиях. Возделывание льна на почвах с сильноокислой (pH_{KCl} 4,5 и ниже) и нейтральной (pH_{KCl} свыше 6,0) реакцией приводит к существенному снижению продуктивности волокна и семян. Биотехнологические методы являются эффективными при создании новых форм с измененными признаками и свойствами.

Методы. Исследования проводились в условиях *in vitro*. Исходный материал — семена и гипокотильные сегменты сортов льна-долгунца Импульс, Феникс, Лидер, С-108, Союз. Селективным агентом в исследованиях служили соли алюминия в виде AlCl_3 в концентрациях 0 (контроль — H_2O дист. / питательная среда MS без селективного агента), 44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л.

Результаты. Выявлено токсическое действие AlCl_3 на прорастание семян льна-долгунца, формирование первичных корешков и проростков — гипокотилей используемых сортов. Показатель величины, обозначающей длину первичных корешков у проросших семян льна-долгунца, на седьмые сутки снижался с повышением концентрации раствора AlCl_3 . Наибольшую чувствительность к содержанию ионов алюминия проявили сорта С-108, Лидер и Союз. Это выразилось в уменьшении длины гипокотилей при повышении концентрации ионов алюминия в растворе. У генотипов во всех вариантах исследований на селективной среде, содержащей AlCl_3 , формировался морфогенный каллус. Частота формирования морфогенных каллусов была различной в зависимости от концентрации AlCl_3 в среде культивирования. Тенденция к снижению количества морфогенных клеток с повышением концентрации ионов алюминия наблюдалась у всех сортов. У менее чувствительных сортов (Импульс и Феникс) количество сформированного морфогенного каллуса было выше, чем у более чувствительных (С-108, Союз, Лидер). В селективных условиях получены побеги льна-долгунца исследуемых сортов, устойчивые к AlCl_3 .

Ключевые слова: лен-долгунец, питательная среда, селективная среда, гипокотильные сегменты, морфогенный каллус, селекция *in vitro*

Для цитирования: Пролётова Н.В. Реакция льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) на содержание ионов алюминия в культуре *in vitro*. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 120–125.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-120-125>

© Пролётова Н.В.

The reaction of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) to the content of aluminum ions in *in vitro* culture

ABSTRACT

Relevance. The influence of unfavorable environmental factors is one of the reasons for the low realization of the biological capabilities of modern flax varieties in production conditions. Cultivation of flax on soils with strongly acidic (pH_{KCl} 4.5 and below) and neutral (pH_{KCl} over 6.0) reactions leads to a significant decrease in the productivity of fiber and seeds. Biotechnological methods are effective in creating new forms with altered features and properties.

Methods. The studies were conducted *in vitro*. The source material is seeds and hypocotyl segments of flax varieties-dolguntsa Impulse, Phoenix, Leader, S-108, Soyuz. The selective agent in the studies was aluminum salts in the form of AlCl_3 at concentrations of 0 (control — H_2O dist. / nutrient medium (without selective agent), 44 mg/l, 64 mg/l, 84 mg/l.

Results. The toxic effect of AlCl_3 on the germination of fiber flax seeds, the formation of primary roots and seedlings — hypocotyls of the varieties used was revealed. The indicator of the value indicating the length of primary roots in germinated fiber flax seeds decreased on the seventh day with an increase in the concentration of the AlCl_3 solution. The highest sensitivity to the content of aluminum ions was shown by varieties S-108, Leader and Soyuz. This was expressed in a decrease in the length of the hypocotyl with an increase in the concentration of aluminum ions in the solution. In genotypes in all variants of studies on a selective medium containing AlCl_3 , a morphogenic callus was formed. The frequency of formation of morphogenic calli was different depending on the concentration of AlCl_3 in the cultivation medium. A trend towards a decrease in the number of morphogenic cells with an increase in the concentration of aluminum ions was observed in all varieties. In less sensitive varieties (Impulse and Phoenix), the amount of morphogenic callus formed was higher than in more sensitive ones (C-108, Soyuz, Leader). Under selective conditions, shoots of flax of the studied varieties resistant to AlCl_3 were obtained.

Key words: fiber flax, nutrient medium, selective medium, hypocotyl segments, morphogenic callus, *in vitro* selection

For citation: Proletova N.V. The reaction of fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) to the content of aluminum ions *in vitro* culture. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 120–125 (In Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-120-125>

© Proletova N.V.

Введение/Introduction

Лен-долгунец — основной источник отечественного натурального волокнистого сырья. Влияние неблагоприятных факторов внешней среды является одной из причин низкой реализации биологических возможностей современных сортов льна в производственных условиях [1–3]. Возделывание льна на почвах с сильнокислой (pH_{KCl} 4,5 и ниже) и нейтральной (pH_{KCl} выше 6,0) реакцией приводит к существенному снижению продуктивности волокна и семян [4, 5]. Токсичность кислых почв обусловлена рядом факторов. Так, негативное влияние кислотности (высоких концентраций обменного водорода) проявляется на очень кислых торфяных почвах с pH 2,8–3,9 при низком содержании обменного кальция. Очевидно, что под пашню такие почвы используются крайне редко [6–8].

Лен-долгунец в основном выращивают в регионах, где преобладающими являются дерново-подзолистые почвы. На таких почвах важнейшими причинами, обуславливающими угнетающее действие на культурные растения, являются содержание подвижного алюминия и уровень его токсичности [4, 9, 10]. Дерново-подзолистые почвы содержат огромное валовое количество алюминия (в среднем 9%). Растворимость алюминия зависит от pH почвенного раствора. В пределах значений pH от 5 до 9 алюминий не растворим. Содержание ионов алюминия в почве и его негативное действие уменьшаются за счет образования частично диссоциированных форм $\text{Al}(\text{OH})_3$ и комплексов между алюминием и органическим веществом [10–12].

Значительная пестрота почвенного покрова в основных льносеющих регионах РФ по агрохимическим показателям (и прежде всего по уровню кислотности), а также узкий оптимальный интервал (pH_{KCl} 5,2–5,6) для возделывания льна-долгунца требуют решения проблемы в современных условиях не столько агрохимическим, сколько селекционным путем. Биотехнологические методы (как инструмент классической селекции) являются эффективными при создании новых форм с измененными признаками и свойствами. Возможность получения таких генотипов продемонстрирована на многих культурах, в том числе и на льне [13–15], поэтому целью исследований являлась разработка методических подходов при селекции генотипов льна-долгунца *in vitro* на устойчивость к повышенной кислотности почвы для создания новых, устойчивых к этому абиотическому фактору сортов.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводились в лаборатории селекционных и биотехнологий ФНЦ ЛК в 2022 году. Селекцию *in vitro* на устойчивость к токсичным ионам алюминия проводили с использованием биотехнологических методов, разработанных Н.В. Пролётовой, Е.Г. Виноградовой, Л.П. Кудрявцевой¹.

Схема проведения исследований в условиях *in vitro* (рис. 1):

- подбор генотипов льна для проведения исследований;
- проращивание семян в чашках Петри на растворе AlCl_3 в различных концентрациях (pH_{KCl} 4,0, контроль — H_2O дистиллированная);

- культивирование семян на 1%-ном растворе сахарозы для получения гипокотильных сегментов;
- культивирование гипокотильных сегментов (ГС) на селективной среде, состоящей из компонентов питательной среды MS (Мурасиге-Скуга) и солей алюминия в виде AlCl_3 в концентрациях 44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л (pH_{KCl} 4,0, контроль — питательная среда MS без селективного агента);
- культивирование каллусных клеток на селективной среде, состоящей из компонентов питательной среды MS и солей алюминия в виде AlCl_3 в концентрациях 44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л (pH_{KCl} 4,0, контроль — питательная среда MS без селективного агента);
- отбор клеток льна, устойчивых к токсичным ионам алюминия;
- получение растений-регенерантов, обладающих устойчивостью к токсическому действию алюминия;
- оценка регенерантов в условиях *in vitro* по устойчивости к токсическому действию ионов алюминия.

Исходным материалом при селекции *in vitro* на устойчивость к повышенной кислотности почвы в биотехнологических исследованиях использовали семена и гипокотильные сегменты сортов льна-долгунца Импульс, Феникс, Лидер, С-108, Союз.

Селективным агентом в исследованиях токсического действия алюминия в культуре гипокотильных сегментов и каллуса *in vitro* служили соли алюминия в виде AlCl_3 в концентрациях 0 (контроль — питательная среда MS без селективного агента) 44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л.

Статистическая обработка данных выполнена с помощью пакета программ Microsoft Excel 2010 (Office 2019) с использованием методов первичной статистической обработки результатов эксперимента — определения выборочной средней величины и стандартного отклонения².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

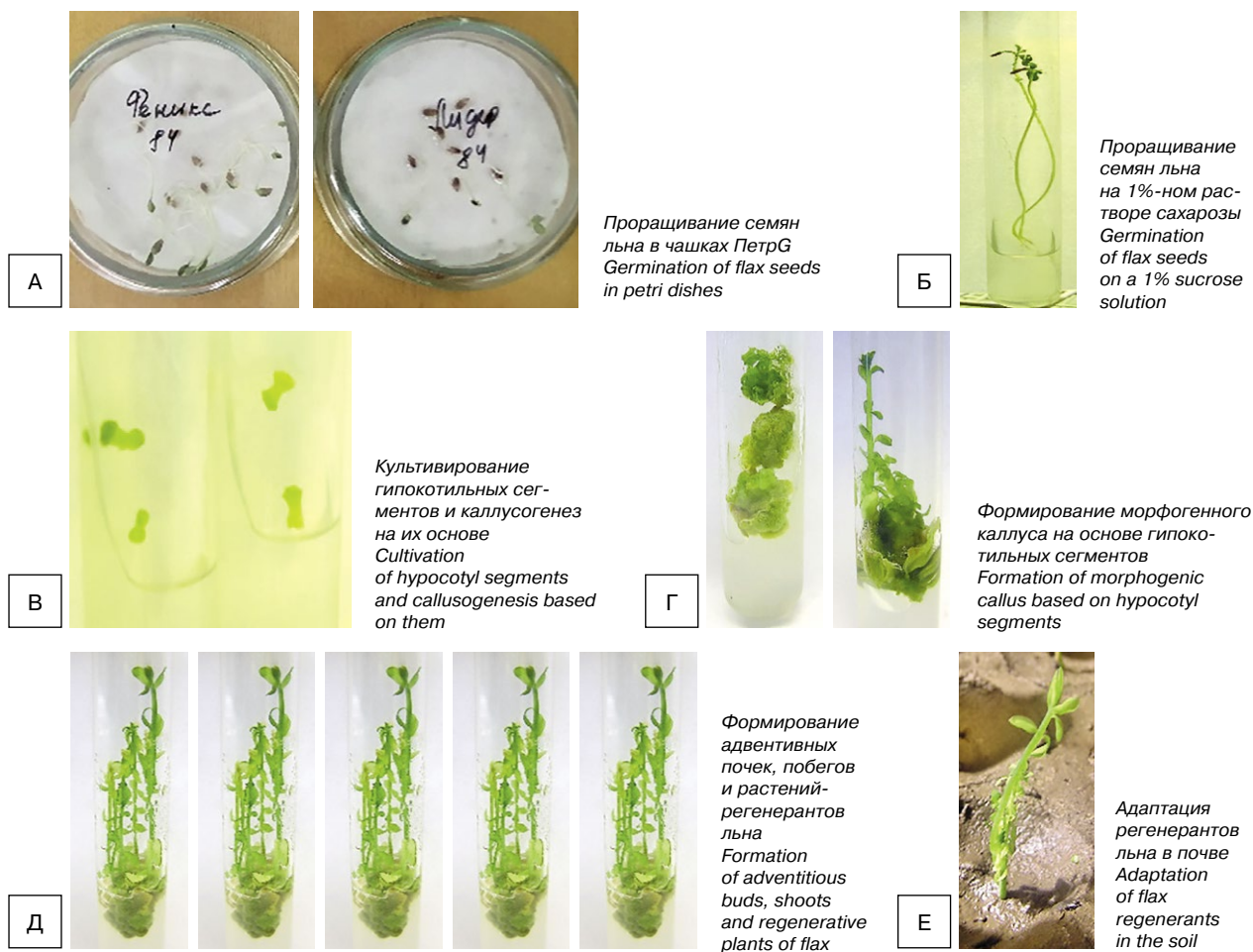
С целью определения концентраций AlCl_3 , при которых отмечается угнетающее действие раствора на лен, для дальнейшего использования выбранных концентраций в культуре *in vitro* семена включенных в исследования сортов льна-долгунца проращивали на растворе AlCl_3 различных концентраций, измеряли длину первичного корешка и величину гипокотилиа на седьмые сутки с момента помещения на фильтровальную бумагу с раствором. Концентрация раствора AlCl_3 (44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л) выбрана исходя из предложенной в Методических рекомендациях Е.Г. Виноградовой.

В ходе исследований выявлено, что всхожесть семян у всех сортов была высокой и находилась в пределах 89–94% (проращивание на дистиллированной воде — контрольный вариант). Энергия прорастания сортов была тоже довольно высокой — уже на вторые сутки семена всех генотипов начинали прорастать, а к окончанию вторых суток большинство семян имели длину первичного корешка около 1 мм. В течение семи суток происходили рост первичного корешка и формирование проростков — гипокотилей.

Установлено, что используемые сорта по-разному реагировали на исследуемые концентрации AlCl_3 и кислотность раствора. Снижение длины первичного ко-

¹ Пролётова Н.В., Виноградова Е.Г., Кудрявцева Л.П. Методы создания *in vitro* растений-регенерантов льна-долгунца, устойчивых к антракнозу (*Colletotrichum lini* Manns et Bolley) и токсичным ионам алюминия. Методические рекомендации. Тверь. 2014; 19.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 351.

Рис. 1. Этапы проведения исследований *in vitro*. Фото автораFig. 1. Stages of *in vitro* research. Photo of the author

решка на 2,1–4,8% наблюдали у сортов Феникс, С-108, Союз, Лидер при концентрации раствора AlCl_3 44 мг/л. Сорт Импульс при такой концентрации имел длину первичного корешка на уровне контроля — 1,92 см (табл. 1). Дальнейшее снижение длины первичного корешка происходило у всех сортов: при концентрации 64 мг/л — на 20,8–39,2%, при концентрации 84 мг/л — на 37,0–61,4%. Кончики корешков темнели, на некоторых проявлялись следы загнивания. В результате исследований выявлено, что раствор AlCl_3 в используемых концентрациях при pH_{KCl} 4,0 оказывал угнетающее действие на проращивание семян и формирование первичного корешка. Длина первичных корешков снижалась с повышением концентрации раствора AlCl_3 .

Для оценки формирования гипокотилей льна-долгунца на основе проростков использовали те же

концентрации AlCl_3 , что и для оценки формирования корешков. Гипокотили во всех вариантах формировались, но их длина зависела от генотипа и концентрации раствора AlCl_3 при pH_{KCl} 4,0. На седьмые сутки проращивания семян льна-долгунца гипокотили имели величину длины от 1 до 5 см. Наибольшую чувствительность к содержанию ионов алюминия в растворе проявили сорта С-108, Лидер и Союз. Это выразилось в уменьшении длины гипокотили с повышением концентрации ионов алюминия в растворе. Длина гипокотили у этих сортов составляла 2–3,5 см при использовании концентрации 44 мг/л, 1–3,5 см — при концентрации 64 мг/л, 1–1,5 см — при концентрации 84 мг/л (табл. 2). У менее чувствительных сортов — Импульс и Феникс — сформировались гипокотили величиной 4–5 см в варианте использования концентрации 44 мг/л. В варианте,

Таблица 1. Влияние AlCl_3 на длину первичного корешка льна-долгунца
Table 1. Influence of AlCl_3 on the length of the primary root of fiber flax

Генотип / концентрация раствора AlCl_3 , мг/л	Длина первичного корешка (см) $\pm$ Sp (внутри выборки)			
	0 (контроль)	44,0	64,0	84,0
Импульс	1,92 $\pm$ 0,2	1,92 $\pm$ 0,2	1,57 $\pm$ 0,2	1,21 $\pm$ 0,1
Феникс	1,94 $\pm$ 0,1	1,85 $\pm$ 0,2	1,51 $\pm$ 0,1	1,03 $\pm$ 0,1
С-108	1,91 $\pm$ 0,1	1,84 $\pm$ 0,1	1,27 $\pm$ 0,2*	0,83 $\pm$ 0,1*
Союз	1,89 $\pm$ 0,1	1,85 $\pm$ 0,1	1,15 $\pm$ 0,2*	0,73 $\pm$ 0,2*
Лидер	1,91 $\pm$ 0,2	1,82 $\pm$ 0,1*	1,51 $\pm$ 0,1	0,77 $\pm$ 0,2

* Достоверно при $p < 0,01$.

Таблица 2. Влияние $AlCl_3$ на формирование hypocotyle льна-долгунца
Table 2. Influence of $AlCl_3$ on the Formation of Fiber Flax Hypocotyls

Генотип / концентрация раствора $AlCl_3$, мг/л	Длина hypocotyle (см) $\pm$ Sp (внутри выборки)			
	0 (контроль)	44,0	64,0	84,0
Импульс	5,0 $\pm$ 0,1	4,0 $\pm$ 0,3	3,5 $\pm$ 0,1	3,0 $\pm$ 0,1
Феникс	5,0 $\pm$ 0,2	5,0 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,1
С-108	4,5 $\pm$ 0,1	2,0 $\pm$ 0,3**	1,0 $\pm$ 0,3**	1,0 $\pm$ 0,3
Союз	5,0 $\pm$ 0,1	3,5 $\pm$ 0,2	3,5 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,2
Лидер	4,8 $\pm$ 0,2	3,0 $\pm$ 0,3*	3,1 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,2

* Достоверно при $p < 0,01$, ** достоверно при $p < 0,001$.

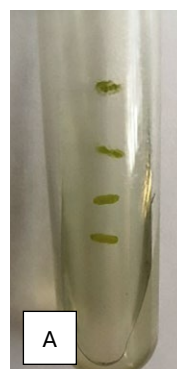
Рис. 2. Культивирование семян льна на 1%-ном растворе сахарозы и получение проростков. Фото автора

Fig. 2. Cultivation of flax seeds on a 1% solution of sucrose and obtaining seedlings. Photo of the author

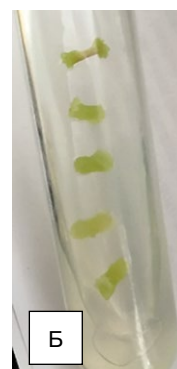


Рис. 3. Формирование каллуса (а, б) и морфогенных очагов (в) на основе hypocotyle льна. Фото автора

Fig. 3. Formation of callus (a, b) and morphogenic foci (c) on hypocotyle segments of flax. Photo of the author



а (а) — каллус на 7-е сутки
a (a) — callus on the 7th day



б (б) — каллус на 14-е сутки
b (b) — callus on the 14th day



в (в) — морфогенные очаги
c (c) — morphogenic foci

в котором использовали концентрацию 64 мг/л $AlCl_3$, hypocotyle имели длину 3,5–4,5 см, при концентрации 84 мг/л — 3–4,5 см. В контрольном варианте (при проращивании семян льна на дистиллированной воде) длина hypocotyle у всех сортов, взятых для исследований, была на уровне 4,5–5,0 см.

Таким образом, выбранные для исследований концентрации $AlCl_3$ оказались эффективными и были включены в дальнейшую работу по созданию *in vitro* новых форм льна-долгунца, устойчивых к повышенной кислотности почвы.

Следующим этапом исследований являлось получение hypocotyle сегментов льна-долгунца для использования их с целью формирования каллусных культур *in vitro*. Hypocotyle сегменты размером 5–8 мм получали от 14-суточных проростков льна. Для этого семена высеивали в пробирки на фильтровальную бумагу с 1%-ным раствором сахарозы и культивировали их в условиях 16-часового светового дня с освещенностью 4000 люкс (рис. 2). После чего проростки извлекали из пробирки и разрезали на сегменты длиной 5–8 см. Сегменты hypocotyle помещали на селективные среды, содержащие ионы алюминия в концентрациях, используемых ранее при проращивании семян, — 44 мг/л, 64 мг/л, 84 мг/л $AlCl_3$, pH_{KCl} 4,0.

Анализ результатов исследований показал, что на 21-е сутки с момента культивирования hypocotyle сегментов в условиях *in vitro* во всех вариантах на основе сегментов формировались новые каллусные клетки (рис. 3), причем в основном консистенция каллуса была

рыхлой, от светло-зеленого до светло-коричневого цвета. Отмечено, что у исследуемых сортов на данном этапе во всех вариантах формировался морфогенный каллус.

Однако частота формирования морфогенных каллусов была различной в зависимости от концентрации $AlCl_3$ в среде культивирования. В ходе исследований было выявлено, что у всех сортов наблюдалась тенденция снижения количества морфогенных клеток с повышением концентрации ионов алюминия в среде. Вместе с тем у менее чувствительных сортов (Импульс и Феникс) количество сформированного морфогенного каллуса было выше, чем у более чувствительных (С-108, Союз, Лидер).

В варианте использования концентрации $AlCl_3$ 44,0 мг/л количество сформированного морфогенного каллуса у сортов Импульс и Феникс составляло 92,0% и 91,0%, соответственно, у сортов С-108, Союз, Лидер — 85,5–90,1% (табл. 3). При использовании концентрации $AlCl_3$ 64,0 мг/л количество сформированного морфогенного каллуса у сортов Импульс и Феникс составляло 87,1% и 88,0%, соответственно, у сортов С-108, Союз, Лидер — 70,3–79,5%. Количество сформированного морфогенного каллуса при использовании концентрации $AlCl_3$ 84,0 мг/л у сортов Импульс и Феникс составляло 81,2% и 84,8%, соответственно, у сортов С-108, Союз, Лидер — 65,5–71,3%.

После отборов на селективной среде с ионами алюминия в течение двух пассажей на каллусных культурах у сортов Феникс и Импульс в морфогенных очагах нача-

Таблица 3. Влияние $AlCl_3$ на каллусогенез льна-долгунца в культуре *in vitro*
Table 3. Effect of $AlCl_3$ on fiber flax callusogenesis *in vitro* culture

Генотип / концентрация раствора $AlCl_3$, мг/л	Сформировано морфогенных каллусов (%) $\pm$ Sp* (внутри выборки)			
	0 (контроль)	44,0	64,0	84,0
Импульс	97,8 $\pm$ 2,2	92,0 $\pm$ 3,0	87,1 $\pm$ 2,1	81,2 $\pm$ 2,8
Феникс	96,9 $\pm$ 3,1	91,0 $\pm$ 4,0	88,0 $\pm$ 3,1	84,8 $\pm$ 1,9
С-108	97,3 $\pm$ 2,0	90,1 $\pm$ 1,2	70,3 $\pm$ 3,2	65,5 $\pm$ 1,4
Союз	97,8 $\pm$ 1,2	85,5 $\pm$ 2,4	73,4 $\pm$ 2,8	70,5 $\pm$ 2,8
Лидер	96,6 $\pm$ 2,6	88,3 $\pm$ 2,6	79,5 $\pm$ 2,6	71,3 $\pm$ 2,9

* Достоверно при $p < 0,01$.

Таблица 4. Формирование адвентивных почек и побегов льна в селективных условиях *in vitro*
Table 4. Formation of adventitious buds and shoots of flax under selective conditions *in vitro*

Генотип / концентрация раствора $AlCl_3$, мг/л	Количество почек и побегов, сформированных в меристематических очагах (шт/каллус) $\pm$ Sp			
	0 (контроль)	44,0	64,0	84,0
Феникс	0,7 $\pm$ 0,1*	2,0 $\pm$ 0,6	2,0 $\pm$ 0,6	1,5 $\pm$ 0,1
Импульс	0,8 $\pm$ 0,05	1,3 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,3	1,0 $\pm$ 0,05
Лидер	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,1
С-108	0,4 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,1	0,3 $\pm$ 0,1	0
Союз	0,5 $\pm$ 0,1	0,6 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,1 $\pm$ 0,1

* Достоверно при $p < 0,001$.

ли формироваться новообразования в виде адвентивных почек и побегов. У сортов Лидер, С-108, Союз единичные почки и побеги сформировались после отборов на селективной среде с ионами алюминия в течение трех-четырех пассажей.

В результате исследований выявлено, что почки и побеги с более высокой частотой у этих сортов формировались в вариантах добавления в среду $AlCl_3$ в концентрациях 44 мг/л и 64 мг/л. Так, у сорта Феникс (в контрольном варианте) на среде без $AlCl_3$ на 21-е сутки сформировались шесть почек и один побег. Частота формирования — 0,7 шт/каллус (табл. 4). В вариантах с добавлением 44 мг/л и 64 мг/л $AlCl_3$ частота формирования новообразований составила 2 шт/каллус, а в варианте добавления 84 мг/л $AlCl_3$ — 1,5 шт/каллус. У сорта Импульс (в контрольном варианте) на среде без $AlCl_3$ на 21-е сутки сформировались три почки. Частота их формирования составила 0,8 шт/каллус. В вариантах с добавлением 44 мг/л, 64 мг/л и 84 мг/л $AlCl_3$ было сформировано почек и побегов в среднем по 1 шт/каллус.

В результате исследований выявлено, что ионы алюминия, содержащиеся в селективной среде, оказывали стимулирующий эффект на образование в морфогенных очагах почек и побегов льна-долгунца. В контрольном варианте образовывалось меньшее количество новообразований, чем в селективных условиях.

Побеги льна-долгунца используемых в исследованиях сортов, полученные в результате трех-пяти этапов отбора морфогенных очагов на селективных средах,

переносили на среду MS, содержащую 64,0 мг/л $AlCl_3$. и оценивали на устойчивость к токсичному действию ионов алюминия. Побеги, проявившие устойчивость, продолжали развиваться — образовывали корешки (или в месте среза — каллусную ткань с морфогенными очагами). Восприимчивые побеги составили 84%, на селективной среде темнели и погибали.

Выводы/Conclusion

В результате исследований определена реакция *in vitro* пяти сортов льна-долгунца на содержание ионов алюминия в растворах для проращивания семян и на среде для культивирования клеток льна. Установлено, что сорта Феникс, Импульс, С-108, Смолич, Лидер проявили способность прорасти и формировать проростки на растворе $AlCl_3$ с pH_{KCl} 4,0. Сорта Феникс и Импульс были менее чувствительными (слабовосприимчивыми) к используемым концентрациям $AlCl_3$, тогда как у сортов С-108, Смолич, Лидер отмечена чувствительность к селективному агенту, которая выражалась в уменьшении длины корешка и гипокотилей при проращивании семян, снижении морфогенетической активности (формировании морфогенного каллуса) в культуре *in vitro*. Выявлено максимальное негативное влияние ионов алюминия в растворе и питательной среде в концентрации 84,0 мг/л $AlCl_3$ при pH_{KCl} 4,0 на сорта льна-долгунца Феникс, Импульс, С-108, Союз, Лидер. Получены побеги этих сортов, невосприимчивые к содержанию ионов алюминия в среде культивирования.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

All author bear responsibility for the work and presented data.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Федеральному научному центру лубяных культур по теме № FGSS 2019-0016.

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 2019-0016.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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/YARX.2020.50.2.0012>
2. Ушаповский И.В., Васильев А.С., Шеголихина Т.А., Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Голубев И.Г. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства технических культур. Научный аналитический обзор. Москва: *Росинформагротех*. 2019; 72. ISBN 978-5-7367-1533-6 <https://www.elibrary.ru/hynopb>
3. 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>
4. 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>
5. Карамулина И.А. (сост.). Региональная система земледелия Смоленской области. Смоленск: «Агронаучсервис». 2013; 277. ISBN 978-5-85941-491-8 <https://www.elibrary.ru/yrmkdz>
6. *Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения БГСХА. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия*. 2022; 1: 314. <https://www.elibrary.ru/tnkwnpt>
7. Слюсарь И.А., Силаева О.П., Бабурченкова З.П. Динамика показателей почвенного плодородия и использование средств химизации в Смоленской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(4): 10–15. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10402>
8. Суховеркова В.Е. Изменения гумусового горизонта черноземов при длительной распашке в Западной Сибири. *Достижения науки и техники АПК*. 2015; 29(6): 5–7. <https://www.elibrary.ru/ucraap>
9. Четверикова Н.С., Лукин С.В., Марциневская Л.В. Мониторинг плодородия черноземов лесостепной зоны. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2011; (9): 184–190. <https://www.elibrary.ru/ofepbp>
10. Пономарева Л.В., Дричко В.Ф., Цветкова Н.П., Кудрявцев Д.В. Содержание подвижного алюминия и кислотность почвы на фоне бактериализации алюминотолерантными штаммами как приема повышения устойчивости растений. *Сельскохозяйственная биология*. 2010; 45(1): 104–109. <https://www.elibrary.ru/gqawcx>
11. Кедрова Л.И., Уткина Е.И. Влияние почвенной кислотности на урожайность озимой ржи и возможности эдафической селекции. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018; 67(6): 17–25. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
12. Яковлева О.В. Фитотоксичность ионов алюминия. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018; 179(3): 315–331. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-315-331>
13. Черкасова Н.Н., Жужжалова Т.П. Разработка оптимальных условий *in vitro* для повышения устойчивости регенерантов сахарной свеклы к засухе. *Сахар*. 2020; (9): 50–52.
14. Пролётова Н.В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; (8): 24–28. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10805>
15. Шуплетцова О.Н., Огородникова С.Ю., Назарова Я.И. Эффекты неспецифической устойчивости генотипов ячменя, полученных путем клеточной селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(4): 192–199. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-192-199>

ОБ АВТОРЕ

Наталья Викторовна Пролётова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 172002, Россия science.trk@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0002-4137-9622> AuthorID: 415465

REFERENCES

1. 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/YARX.2020.50.2.0012>
2. Ushchapovskiy I.V., Vasil'ev A.S., Shchegolikhina T.A., Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Golubev I.G. Analysis of the state and promising directions of development of breeding and seed production of industrial crops. Scientific analytical review. Moscow: *Rosinformagrotech*. 2019; 72 (In Russian). ISBN 978-5-7367-1533-6 <https://www.elibrary.ru/hynopb>
3. 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>
4. 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>
5. Karamulina I.A. (comp.). Regional system of agriculture of the Smolensk region. Smolensk: *Agronauchservis*. 2013; 277 (In Russian). ISBN 978-5-85941-491-8 <https://www.elibrary.ru/yrmkdz>
6. *Modern problems of soil use and increasing their fertility. Collection of articles based on the materials of the International scientific and Practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Soil Science of the BSAA. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy*. 2022; 1: 314 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/tnkwnpt>
7. Slyusar' I.A., Silaeva O.P., Baburchenkova Z.P. Dynamics of Indicators of Soil Fertility and Use of Chemical Means in Smolensk Region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018. 32(4): 10–15 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10402>
8. Sukhoverkova V.Ye. Changes in humus horizon of black soils in case of long-term plowing in Western Siberia. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2015; 29(6): 5–7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ucraap>
9. Chetverikova N.S., Lukin S.V., Martsinevskaya L.V. Monitoring of the fertility of chernozems in forest-steppe zone. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences*. 2011; (9): 184–190 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ofepbp>
10. Ponomareva L.V., Drichko V.F., Tsvetkova N.P., Kudryavtsev D.V. Content of mobile aluminium and soil acidity on the background of cultivation of aluminium-tolerant bacteria for the purpose of rising of plant's resistance. *Agricultural biology*. 2010; 45(1): 104–109 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/gqawcx>
11. Kedrova L.I., Utkina E.I. The influence of soil acidity on the yield of winter rye and the possibility of edaphic selection. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; 67(6): 17–25 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.17-25>
12. Yakovleva O.V. Phytotoxicity of aluminum ions. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2018; 179(3): 315–331 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-315-331>
13. Cherkasova N.N., Zhuzhzhlova T.P. Development of optimal *in vitro* conditions to increase the resistance of sugar beet regenerants to drought. *Sakhar*. 2020; (9): 50–52 (In Russian).
14. Proletova N.V. Use of Biotechnological Methods for the Development of New Flax Genotypes Resistant to Anthracnose. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019; (8): 24–28 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10805>
15. Shupletsova O.N., Ogorodnikova S.Yu., Nazarova Y.I. Effects of nonspecific resistance in barley genotypes obtained by cell selection. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(4): 192–199 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-192-199>

ABOUT THE AUTHOR

Natalia Viktorovna Proletova, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Center of Bast Crops, 17/56 Komsomolsky prospect, Tver, 172002, Russia science.trk@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0002-4137-9622> AuthorID: 415465

В.Г. Кокорева ✉,
О.В. Гладышева,
Т.А. Барковская

Институт семеноводства и
агротехнологий — филиал Федерального
научного агроинженерного центра ВИМ,
с. Подвьязье, Рязанская обл., Россия

✉ Kokoreva.valeria@yandex.ru

Поступила в редакцию:
08.02.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Valeria G. Kokoreva ✉,
Olga V. Gladysheva,
Tatyana A. Barkovskaya

Institute of Seed Production and
Agrotechnologies — branch of the Federal
Scientific Agroengineering Center VIM,
Podvyezze village, Ryazan region, Russia

✉ Kokoreva.valeria@yandex.ru

Received by the editorial office:
08.02.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Исследование хлебопекарных качеств нового сорта яровой мягкой пшеницы Маэстро в зависимости от уровня минерального питания

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для обеспечения продовольственной безопасности необходимо увеличить ассортимент сортов отечественной селекции в условиях Центрального Нечерноземья.

Методы. Объект исследований — сорт яровой мягкой пшеницы Маэстро. Среднеспелый, устойчив к полеганию и умеренно устойчив к болезням. Схема опыта: 1. (NPK)₀ — контроль; 2. (NPK)₆₄ (перед посевом); 3. (NPK)₆₄ (перед посевом) + N₃₀ (в фазу «начало кущения»); 4. (NPK)₆₄ (перед посевом) + N₃₀ (в фазу «начало кущения») + N₁₅ (выход в трубку). Исследования были проведены по общепринятым методикам.

Результаты. Было установлено, что сорт хорошо отзывчив на минеральное питание. Прибавка по урожайности варьировала от 1,69 т/га (NPK)₆₄ до 1,74 т/га ((NPK)₆₄ + N₃₀). Масса 1000 зерен увеличилась на 1,8–2,2 г, или на 5,0–6,1%, содержание белка в зерне — на 0,8% на фоне 0,15–0,37% с азотными подкормками, содержание клейковины — на 1,0–2,0%. Оценили влияние на хлебопекарные качества зерна. Седиментация увеличилась после применения основного удобрения (NPK)₆₄ и дополнительных подкормок азотом ((NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) на 3–6 мл, или на 8,1–16,2%, максимальное избыточное давление (P) — на 4,2–8,3%, энергия деформации теста (W) — на 13,7–22,4% выше контроля. Проведен корреляционный анализ и выявлены сильные значимые взаимосвязи у показателей «урожайность» и «содержание клейковины в зерне» (r = 0,97), «урожайность с седиментацией» (r = 0,99), «содержание белка в зерне» и «максимально избыточное давление» (r = 0,99). Подсчитанный коэффициент вариации (Cv) по всем признакам, изучаемым в опыте, не превышал 10%.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, минеральное питание, урожайность, белок, клейковина, реологические свойства теста, корреляция, вариация

Для цитирования: Кокорева В.Г., Гладышева О.В., Барковская Т.А. Исследование хлебопекарных качеств нового сорта яровой мягкой пшеницы Маэстро в зависимости от уровня минерального питания. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 126–130.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-373-8-126-130>

© Кокорева В.Г., Гладышева О.В., Барковская Т.А.

Study of the baking qualities of a new variety of spring soft wheat Maestro depending on the level of mineral nutrition

ABSTRACT

Relevance. To ensure food security, it is necessary to increase the range of varieties of domestic selection in the conditions of the Central Non-Black Earth Region.

Methods. The object of research is a variety of spring soft wheat Maestro. Medium-ripened, resistant to lodging and moderately resistant to diseases. The scheme of the experiment: 1. (NPK)₀ — control; 2. (NPK)₆₄ (before sowing); 3. (NPK)₆₄ (before sowing) + N₃₀ (in the phase «beginning of tillering»); 4. (NPK)₆₄ (before sowing) + N₃₀ (in the phase «the beginning of tillering») + N₁₅ (exit to the tube). The studies were conducted according to generally accepted methods.

Results. It was found that the variety is well responsive to mineral nutrition. The increase in yield varied from 1.69 t/ha (NPK)₆₄ to 1.74 t/ha ((NPK)₆₄ + N₃₀). The weight of 1000 grains increased by 1.8–2.2 g, or 5.0–6.1%, the protein content in the grain — by 0.8% against the background of 0.15–0.37% with nitrogen fertilizing, the gluten content — by 1.0–2.0%. The impact on the baking qualities of grain was assessed. Sedimentation increased after application of basic fertilizer (NPK)₆₄ and additional nitrogen fertilizing ((NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) by 3–6 ml, or by 8.1–16.2%, the maximum overpressure (P) is 4.2–8.3%, the deformation energy of the test (W) is 13.7–22.4% higher than the control. Correlation analysis was carried out and strong significant correlations were revealed in the indicators «yield» and «gluten content in grain» (r = 0.97), «yield with sedimentation» (r = 0.99), «protein content in grain» and «maximum excess pressure» (r = 0.99). The calculated coefficient of variation (Cv), according to all signs studied in the experiment, did not exceed 10%.

Key words: spring soft wheat, variety, mineral nutrition, productivity, protein, gluten, dough rheological properties, correlation, variation

For citation: Kokoreva V.G., Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A. Study of the baking qualities of a new variety of spring soft wheat Maestro depending on the level of mineral nutrition. *Agrarian science* 2023; 373(8): 126–130 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-373-8-126-130>

© Kokoreva V.G., Gladysheva O.V., Barkovskaya T.A.

Введение/Introduction

В настоящее время приоритетной задачей агропромышленного комплекса является наращивание объемов отечественного производства зерна. Яровая пшеница — одна из важнейших продовольственных культур в решении данной задачи [1–3].

Получение высоких и качественных урожаев зависит от сорта и условий минерального питания. Для повышения качества и расширения ассортимента хлеба необходимо разработать и насытить с/х производство новыми высокоурожайными (с повышенным пищевым качеством и биологической ценностью) сортами с разработанными для них элементами технологии возделывания [4–10].

К одним из наиболее важных и значимых технологических приемов повышения продуктивности возделывания яровой пшеницы специалисты относят сбалансированную систему питания растений. При недостатке элементов питания в конусе нарастания пшеницы закладывается меньшее количество вегетативных и репродуктивных органов, что не позволяет ей в будущем реализовать свои потенциальные возможности продуктивности. В фазу «выход в трубку» яровая пшеница наиболее требовательна к условиям минерального питания [11–13].

Цель исследований — изучение урожайности и качества зерна яровой мягкой пшеницы сорта Маэстро в зависимости от уровня минерального питания.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводились в 2019–2021 гг. на полях Института семеноводства и агротехнологий — филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Рязанская обл.)

Схема опыта:

1. (NPK)₀ — контроль.
2. (NPK)₆₄ (перед посевом).
3. (NPK)₆₄ (перед посевом) + N₃₀ (в фазу «начало кущения»).
4. (NPK)₆₄ (перед посевом) + N₃₀ (в фазу «начало кущения») + N₁₅ («выход в трубку»).

Общая площадь опыта — 360 м², площадь учетной делянки — 10 м², повторность — четырехкратная. Опыт был заложен в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания¹. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову² с помощью компьютерных программ Diana и Microsoft Excel.

Технологический анализ зерна образцов яровой мягкой пшеницы был проведен в ФГБУ «Центр оценки качества зерна» с определением показателей качества: натура зерна³, масса 1000 зерен⁴, стекловидность (в зерне)⁵, число падения⁶, седиментация по методу Зелени⁷, массовая доля белка (в зерне)⁸, количество

клейковины (в муке)⁹, качество клейковины¹⁰, реологические свойства теста с применением альвеографа¹¹ и фаринографа¹², объемный выход хлеба¹³.

Погодные условия за годы исследований были контрастными. По метеорологическим данным, 2019 г. был засушливым (с недостатком влагообеспечения), ГТК — 0,66. В 2020 году были отмечены выпадение обильных ливневых осадков и сильный шквалистый ветер, приведший к полеганию посевов, ГТК — 1,28. Вегетационный период 2021 г. определялся как засушливый (с экстремально жаркими условиями), ГТК — 0,80.

Агротехника посева — общепринятая для яровой мягкой пшеницы. Предшественник — черный пар. Почва участка — темно-серая лесная тяжелосуглинистая с содержанием органического вещества (5,60%), рН_{сол} — 4,88 ед., подвижного фосфора — 378 мг/кг почвы, подвижного калия — 275,0 мг/кг почвы, азота нитратного — 4,14 мг/кг, азота аммонийного — 4,43 мг/кг, обменного магния — 2,16 ммоль / 100 г почвы.

В фазу «полные всходы» применили инсектицид Борея, СК — 0,1 л/га, в фазу «кущение» — баковую смесь гербицидов и инсектицида Балерина, СЭ — 0,4 л/га + Магnum, ВДГ — 7 г/га + Борея, СК — 0,1 л/га. Делянки убирали в фазу «полная спелость культуры» комбайном «Сампо 130», урожайные данные приводили к стандартной влажности зерна (14%).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Сорт относится к интенсивному типу, отзывчив на минеральные удобрения и улучшение условий возделывания. Использование минерального фона (NPK)₆₄ и дополнительных подкормок (NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅ позволило получить прибавку на всех вариантах опыта. Отмечена слабая вариационная изменчивость урожайности (Cv = 5,95). Минимальная прибавка была получена на варианте с фоновым удобрением (NPK)₆₄, больше на 1,69 т/га, или на 48,0%, по сравнению с контролем. Дополнительные подкормки в фазу «кущение» (NPK)₆₄ + N₃₀ и фазу «выход в трубку» (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅ позволили получить прибавку больше контроля на 1,74 т/га и 1,72 т/га, или на 49,4% и 48,9%, соответственно (табл. 1).

Было установлено, что урожайность находилась в прямой корреляционной взаимосвязи с массой 1000 зерен ($r = 0,88 \pm 0,12$), количеством клейковины ($r = 0,97 \pm 0,03$), седиментацией ($r = 0,99 \pm 0,01$), индексом раздувания G ($r = 0,80 \pm 0,18$), среднее значение абсциссы при разрыве L ($r = 0,80 \pm 0,18$).

Натура зерна является важным показателем мукомольных свойств пшеницы и косвенно характеризует выполненность зерна. Для сильных пшениц она должна быть не менее 750 г/л. Сорт Маэстро формирует зерно с высокой натурой [14]. В исследованиях с примене-

¹ Головачев В.И., Кириловская Е.В. (ред). Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Калининская областная типография. 1989; 194.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2011; 351.

³ ГОСТ 10840-2017 Зерно. Метод определения натуры.

⁴ ГОСТ ISO 520-2014 Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен.

⁵ ГОСТ 10987-1976 Зерно. Методы определения стекловидности.

⁶ ГОСТ 27676-1988 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения.

⁷ ГОСТ ISO 5529-2013 Пшеница. Определение показателя седиментации по методу Зелени.

⁸ ГОСТ 10846-1991 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

⁹ ГОСТ 27839-2013 п. 9.2 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.

¹⁰ ГОСТ 27839-2013 п. 9.4. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины.

¹¹ ГОСТ Р 51415-1999 Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение реологических свойств с применением альвеографа.

¹² ГОСТ ISO 5530-1-2013 Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Ч. 1. Определение водопоглощения и реологических свойств

с применением фаринографа.

¹³ ГОСТ 27669-1988 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба.

Таблица 1. Технологические показатели зерна яровой мягкой пшеницы за 2019–2021 гг.
Table 1. Technological indicators of grain of spring soft wheat for 2019–2021

Показатели	(NPK) ₀	(NPK) ₆₄	(NPK) ₆₄ + N ₃₀	(NPK) ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	HCP _{0,5}
Урожайность, т/га	3,2–4,27 3,52	4,77–5,57 5,21	4,92–5,50 5,26	4,90–5,43 5,24	0,11
Натура зерна, г/л	776 ± 2,74	767 ± 4,50	766 ± 1,73	769 ± 0,41	7,24
Масса 1000 зерен, г	36,2 ± 0,26	38,0 ± 0,92	38,4 ± 0,78	38,4 ± 0,76	1,61
Стекловидность, %	49 ± 0	49 ± 0,91	49 ± 0,57	49 ± 0	1,53
Массовая доля белка, %	15,00 ± 0,37	15,08 ± 0,01	15,37 ± 0,22	15,15 ± 0,76	0,85
Количество клейковины, %	27,5 ± 0,79	28,5 ± 0,49	29,0 ± 0	29,5 ± 0,28	1,22
Качество клейковины: группа ед. ИДК	I 72,0 ± 2,04	I 73,0 ± 0	I 72,0 ± 0,57	I 74,5 ± 0,87	3,92

* Различия между вариантами статистически значимы при $p < 0,05$.

Таблица 2. Хлебопекарные качества яровой мягкой пшеницы за 2019–2021 гг.
Table 2. Baking qualities of spring soft wheat for 2019–2021

Показатели	(NPK) ₀	(NPK) ₆₄	(NPK) ₆₄ + N ₃₀	(NPK) ₆₄ + N ₃₀ + N ₁₅	HCP ₀₅
Число падения, с	334 ± 27,0	319 ± 17,6	321 ± 30,5	340 ± 7,8	38,64
Седиментация, мл	37 ± 0,91	40 ± 1,15	41 ± 1,7	43 ± 3,49	5,77
Максимальное избыточное давление P, мм	48 ± 0	50 ± 0,41	52 ± 0	49 ± 0,41	1,29
Индекс раздувания G	27,1 ± 0,53	29,8 ± 0,2	28,5 ± 0,52	29,6 ± 1,4	2,06
Среднее значение абсциссы при разрыве L, мм	148 ± 4,04	181 ± 3,77	165 ± 5,86	177 ± 4,62	3,67
Энергия деформации W, 10–48*Дж	183 ± 8,66	224 ± 0,82	219 ± 6,92	208 ± 15,51	21,82
Отношение P/L	0,33 ± 0,1	0,28 ± 2,88	0,32 ± 0,01	0,27 ± 0,01	0,02
ВПС, %	55,9 ± 0,58	56,0 ± 0,62	55,8 ± 0,35	55,9 ± 0,41	0,55
Объемный выход, см ³	1390 ± 1,04	1340 ± 64,30	1360 ± 83,27	1430 ± 30,	137,54
Хлебопекарная оценка, балл	4,0	4,0	4,0	4,0	0

*Примечание: различия между вариантами статистически значимы при $p < 0,05$.

нием минеральных удобрений на всех вариантах опыта были получены хорошие достоверные показатели по натуре зерна — от 766 г/л до 776 г/л. Натура находится в умеренной взаимосвязи с показателями: число падения ($r = 0,58 \pm 0,33$), отношение P/L ($r = 0,48 \pm 0,38$), объемный выход хлеба ($r = 0,40 \pm 0,42$).

Сорт отзывчив на минеральный фон питания. Так, масса 1000 зерен сформировалась на варианте с фоновым удобрением (NPK)₆₄ на 5,0% больше, на варианте с дополнительными подкормками (NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) на 6,1% больше по сравнению с контролем, разница достоверна. Коэффициент вариации при этом был слабым ($C_v = 2,78$). Показатель находился в тесной корреляционной взаимосвязи с количеством белка ($r = 0,71 \pm 0,25$), количеством клейковины ($r = 0,94 \pm 0,06$) и седиментацией ($r = 0,92 \pm 0,08$). Стекловидность на всех вариантах опыта была стабильной — 49%, что соответствует средним многолетним показателям сорта [14].

Содержание белка в зерне на контроле (NPK)₀ составило 15,0%, на фоне применения основного удобрения (NPK)₆₄ показатель несколько увеличился, а дополнительные подкормки (NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) способствовали увеличению белка на 0,15–0,37%. Сильная взаимосвязь отмечена с максимально избыточным давлением P ($r = 0,97 \pm 0,03$), умеренная — с клейковиной ($r = 0,64 \pm 0,30$), энергией деформации W ($r = 0,58 \pm 0,33$) и седиментацией ($r = 0,56 \pm 0,34$).

На контроле содержание сырой клейковины в зерне сформировалось (27,5%), с применением удобрений (NPK)₆₄, (NPK)₆₄ + N₃₀, (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) повысилось на 1,0–2,0%. В целом по содержанию белка, клейковины, ее качества зерно во всех вариантах соответствовало 3-му классу ГОСТ 9353-2016. Выявлена прямая сильная корреляционная зависимость содержания клейковины с седиментацией ($r = 0,99 \pm 0,01$), индексом раздувания G ($r = 0,74 \pm 0,23$) и средним значением абсциссы при разрыве L ($r = 0,73 \pm 0,47$).

Число падения находилось в оптимальном размахе — от 334 с (NPK)₀ до 340 с (NPK)₆₄ + N₃₀ + N₁₅) — с небольшой вариационной изменчивостью ($C_v = 3,09$). Сорт Маэстро обладал достаточно слабой седиментацией на контроле (37 мл), однако применение основного удобрения и дополнительных подкормок азотом позволило повысить этот показатель до оптимальных значений сильных пшениц на 8,1–16,2%. Седиментация находилась в тесной корреляционной взаимосвязи с показателями индекса раздувания G ($r = 0,89 \pm 0,21$), средним значением абсциссы при разрыве L ($r = 0,76 \pm 0,42$), энергией деформации W ($r = 0,62 \pm 0,31$) (табл. 2).

При анализе данных было установлено, что применение минеральных удобрений позволило несколько изменить реологические свойства теста. При сравнении с контролем удалось выявить увеличение показателей. Максимальное избыточное давление (P) увеличилось на 4,2–8,3% ($C_v = 3,43$), энергия деформации теста (W)

достоверно увеличилась на 13,7–22,4%. Она находилась в тесной взаимосвязи с абсциссой L ($r = 0,83 \pm 0,16$), энергией деформации W ($r = 0,81 \pm 0,17$), давлением P ($r = 0,77 \pm 0,20$).

Отношение P/L характеризует сбалансированность физических свойств теста — упругости и растяжимости. На контроле показатель соответствовал 0,33, в остальных вариантах превышение не отмечено — они соответствуют показателям пшеницы филлера.

В исследованиях показатель водопоглотительной способности (ВПС), определенный с применением фаринографа, составил 55,9 (NPK)₀ — 56,0% (NPK)₆₄, что соответствует показателям 2-го сорта.

Объемный выход хлеба соответствовал хорошим показателям — от 1390 до 1430 см³. Это показывает оптимальный уровень активности α-амилазы в пшенице и что хлебный мякиш обладает хорошими характеристи-

ками. Хлебопекарная оценка в среднем по всем вариантам — 4,0 балла.

Выводы/Conclusion

Установлено, что основное удобрение (NPK)₆₄ и дополнительные подкормки азотом в фазу «кущение» (NPK)₆₄+N₃₀) и фазу «выход в трубку» (NPK)₆₄+N₃₀+N₁₅) улучшают питание растений, все изучаемые дозы удобрений в эксперименте имели положительное влияние на хлебопекарные качества нового сорта яровой мягкой пшеницы Мазэстро. Было отмечено улучшение седи-ментации на 8,1–16,2%, энергии деформации теста — на 13,7–22,4%, массы 1000 зерен — на 5,0–6,1%, содержания белка и клейковины в зерне — на 0,8–0,37 и 1,0–2,0% соответственно. Прибавка урожайности по вариантам варьировалась от 48,0 до 49,4% выше контроля.

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 госзадания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема FGUN-2022-0013).

FUNDING

The work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State task of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (subject FGUN-2022-0013).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пахотина И.В., Игнатова Е.Ю., Белан И.А., Россеева Л.П., Солдатова Л.Т. Сильные сорта — основа производства высококачественных продуктов переработки зерна мягкой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2022; (5): 39–46. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-82-5-39-46>
2. Конищев А.А., Гарифуллин И.И. Влияние взаимодействия сорта яровой пшеницы с технологиями обработки почвы и дозами азотных удобрений на стабильность межгодовой урожайности. *Зерновое хозяйство России*. 2022; (6): 70–76. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-83-6-70-76>
3. Sultanov F.S., Yudin A.A., Gabdrakhimov O.B. Impact of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat cultivar *Marsianka*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848: 012231. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012231>
4. Казак А.А., Логинов Ю.П., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 20(3): 219–229. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
5. Сержанов И.М., Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанова А.Р., Гараев Р.И. Урожайные свойства и качество семян яровой пшеницы в зависимости от фона питания в условиях Республики Татарстан. *Вестник Казанского государственного университета*. 2019; 14(2): 52–57. https://doi.org/10.12737/article_5d3e15bde73a94.15332321
6. Амиров М.Ф., Шайхутдинов Ф.Ш., Сержанов И.М., Сержанова А.Р., Аксакова В.В. Агробиологические основы формирования высококачественного урожая зерна видов яровой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019; 14(S4-1): 5–9. <https://www.elibrary.ru/ebgrub>
7. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой пшеницы Центрального Нечерноземья. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(2): 239–247. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247>
8. Лобода Б.П., Давыдова Н.В. Продуктивность и качество зерна новых сортов яровой пшеницы немчиновской селекции. *Зерновое хозяйство России*. 2015; (2): 9–12. <https://www.elibrary.ru/ttzbz>
9. Сатарова Р.М. Качество новых сортов яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2013; 8(2): 140–142. <https://elibrary.ru/qiyqgt>
10. Radchenko M.V. et al. Influence of mineral fertilizers on yielding capacity and quality of soft spring wheat grain. *Agronomy Research*. 2021; 19(4): 1901–1903. <https://doi.org/10.15159/AR.21.104>

REFERENCES

1. Pakhotina I.V., Ignatieva E.Yu., Belan I.A., Rosseeva L.P., Soldatova L.T. Strong varieties are the basis to produce high-quality processing products of bread wheat grain. *Grain Economy of Russia*. 2022; (5): 39–46 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-82-5-39-46>
2. Konitshev A.A., Garifullin I.I. The effect of correlation between a spring wheat variety with soil tillage technologies and doses of nitrogen fertilizers on the interannual yield stability. *Grain Economy of Russia*. 2022; (6): 70–76 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-83-6-70-76>
3. Sultanov F.S., Yudin A.A., Gabdrakhimov O.B. Impact of mineral fertilizers on yield and grain quality of spring wheat cultivar *Marsianka*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 848: 012231. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012231>
4. Kazak A.A., Loginov Yu.P., Eremin D.I. Influence of mineral fertilizers on productivity and quality of wheat varieties seeds in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(3): 219–229 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
5. Serzhanov I.M., Shaikhutdinov F.Sh., Serzhanova A.R., Garaev R.I. Crop properties and quality of spring wheat seeds depending on the food background in the Republic of Tatarstan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 14(2): 52–57 (In Russian). https://doi.org/10.12737/article_5d3e15bde73a94.15332321
6. Amirov M.F., Shaikhutdinov F.Sh., Serzhanov I.M., Serzhanova A.R., Aksakova V.V. Agrobiological bases of forming a high-quality crop of spring wheat species in the forest steppe of Middle Volga region. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 14(S4-1): 5–9 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ebgrub>
7. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Effect of mineral fertilizers on the yield of spring wheat varieties in the conditions of the Central Non-Chernozem Region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23(2): 239–247 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247>
8. Loboda B.P., Davydova N.V. Productivity and quality of grain of new spring wheat varieties selected by Nemchinovka. *Grain Economy of Russia*. 2015; (2): 9–12 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ttzbz>
9. Satarova R.M. The quality of new spring soft wheat varieties in a Southern forest of Bashkortostan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2013; 8(2): 140–142 (In Russian). <https://elibrary.ru/qiyqgt>
10. Radchenko M.V. et al. Influence of mineral fertilizers on yielding capacity and quality of soft spring wheat grain. *Agronomy Research*. 2021; 19(4): 1901–1903. <https://doi.org/10.15159/AR.21.104>

11. Левшаков Л.В. Перспективность применения минеральных серосодержащих удобрений для повышений продуктивности возделывания зерновых культур на почвах с низким содержанием серы. *Вестник аграрной науки*. 2022; (1): 23–31. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.23>

12. Догадина М.А., Таракин А.В., Ботуз Н.И., Стебаков А.В. Агроэкологическая оценка применения минерального удобрения Агрилайф на яровой пшенице. *Вестник аграрной науки*. 2021; (3): 49–57. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.3.49>

13. Келер В.В., Хижняк С.В. Аспекты повышения продуктивности и рентабельности производства зерна яровой пшеницы в Красноярском крае. *Вестник КрасГАУ*. 2019; (6): 28–34. <https://elibrary.ru/crrkfu>

14. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы Маэстро для Центрального Нечерноземья. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2022; (2): 21–24. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/21-24>

11. Levshakov L.V. The prospects of using mineral sulfur-containing fertilizers to increase the productivity of grain crops cultivation on soils with a low sulfur content. *Bulletin of agrarian science*. 2022; (1): 23–31 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2022.1.23>

12. Dogadina M.A., Tarakin A.V., Botuz N.I., Stebakov V.A. Agroecological assessment of application of mineral fertilizer Agrilife on spring wheat. *Bulletin of agrarian science*. 2021; (3): 49–57 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.3.49>

13. Keler V.V., Khizhnyak S.V. The aspects of productivity and profitability increasing in spring wheat grain production in Krasnoyarsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2019; (6): 28–34 (In Russian). <https://elibrary.ru/crrkfu>

14. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. The maestro is the high productivity spring variety soft wheat for the Central Non-Chernozem Region. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2022; (2): 21–24 (In Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/21-24>

ОБ АВТОРАХ

Валерия Геннадьевна Кокорева,
младший научный сотрудник,
Институт семеноводства и агротехнологий — филиал
Федерального научного агроинженерного центра ВИМ,
ул. Парковая, д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., 390502, Россия
kokoreva.valeria@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6584-4747>

Ольга Викторовна Гладышева,
кандидат сельскохозяйственных наук, директор,
Институт семеноводства и агротехнологий — филиал
Федерального научного агроинженерного центра ВИМ,
ул. Парковая, д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., 390502, Россия
gladyshevaov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9030-0055>

Татьяна Анатольевна Барковская,
старший научный сотрудник,
Институт семеноводства и агротехнологий — филиал
Федерального научного агроинженерного центра ВИМ,
ул. Парковая, д. 1, с. Подвьязь, Рязанская обл., 390502, Россия
barkovskaya-1960@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4453-0367>

ABOUT THE AUTHORS

Valeria Gennadievna Kokoreva,
Junior Researcher,
Institute of Seed Production and Agrotechnologies —
branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
1 Parkovaya Str., Podvyazye village, Ryazan region, 390502,
Russia
kokoreva.valeria@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6584-4747>

Olga Victorovna Gladysheva,
Candidate of Agricultural Sciences, Director,
Institute of Seed Production and Agrotechnologies —
branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
1 Parkovaya Str., Podvyazye village, Ryazan region, 390502,
Russia
gladyshevaov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9030-0055>

Tatyana Anatolievna Barkovskaya,
Senior Researcher,
Institute of Seed Production and Agrotechnologies —
branch of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
1 Parkovaya Str., Podvyazye village, Ryazan region, 390502,
Russia
barkovskaya-1960@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4453-0367>

УДК 634.1:631. 53

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-131-136

Р.А. Шахмирзоев

Федеральный аграрный научный центр
Республики Дагестан, Махачкала, Россия

✉ russad66@mail.ru

Поступила в редакцию:
24.05.2023Одобрена после рецензирования:
11.07.2023Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-131-136

Ruslan A. Shakmirzoev

Federal Agricultural Research Center
of the Republic of Dagestan, Makhachkala,
Russia

✉ russad66@mail.ru

Received by the editorial office:
24.05.2023Accepted in revised:
11.07.2023Accepted for publication:
25.07.2023

Оценка биохимического состава и товарных качеств интродуцированных сортов яблони в условиях Дагестана

РЕЗЮМЕ

В последние годы возделывание яблони ведется в неблагоприятных погодных условиях для растений: влияние абиотических и биотических стрессов, экстремальных температур в период покоя и вегетации, эпифитотий заболеваний парши и мучнистой росы и т. д. Весь комплекс неблагоприятных факторов отрицательно влияет на качество и устойчивость получаемой плодовой продукции. Направлениями повышения устойчивости многолетних насаждений являются возделывание и введение в сортимент сортов яблони комплексно устойчивых к доминирующим болезням и температурным стрессам. Наряду с устойчивостью к основным болезням важным свойством сортов являются товарные качества и биохимический состав плодов, по которым определяют основные направления и вкусовые качества сорта. Наблюдениями выявлены закономерности прохождения основных фенологических фаз развития сортов яблони, характеризующиеся наибольшей межсортовой изменчивостью, определены даты начала и конца цветения в зависимости от срока созревания. Самое раннее начало цветения (13.04) и продолжительное (16 дней) отмечено у сорта Фей летнего срока созревания, а позднее — у сорта Ренет Симиренко (27.04) продолжительностью цветения восемь дней.

К высокой устойчивости к парше и мучнистой росе отнесены такие сорта: летние — Фортуна, осенние — Кармен, Талисман, зимние — Талида, Ника. Выявлены сортовые особенности товарных качеств плодов по привлекательности (масса плода, вкус, внешний вид) и выделены сорта с высоким содержанием сухих веществ (Фортуна, Ника), витамина С — летние сорта Фей, Фортуна (17,0–14,5 мг / 100 г).

Ключевые слова: яблоня, сорт, селекция, подзона, ареал, адаптация, устойчивость, интенсивная технология, вегетация, урожайность

Для цитирования: Шахмирзоев Р.А. Оценка биохимического состава и товарных качеств интродуцированных сортов яблони в условиях Дагестана. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 131–136. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-131-136>

© Шахмирзоев Р.А.

Evaluation of the biochemical composition and commercial qualities of introduced apple varieties in the conditions of Dagestan

ABSTRACT

The weight of a complex of unfavorable factors negatively affects the quality and sustainability of the resulting fruit products. One of the ways to increase the resistance of perennial plantations is the cultivation and introduction of apple varieties into the assortment that are complexly resistant to dominant diseases and stress factors. The main important property of varieties is the commercial quality and biochemical composition of fruits, which determine the main directions and taste qualities. Observations by IMI revealed patterns in the passage of the main phenological phases of the development of apple varieties, characterizing the greatest intervarietal variability, determined the dates characterizing the beginning and end of flowering, depending on the ripening period. The earliest flowering (13.04) and a long 16 days was noted in the summer variety of the Feya apple tree, and later in the late ripening Renet Simirenko (27.04) with a flowering time of eight days. Apple-tree varieties with high resistance to scab and powdery mildew were selected according to the ripening time: summer — Fortuna, autumn — Carmen and Talisman, winter — Talida, Nika. Identification of varietal characteristics of commercial qualities of fruits by attractiveness (fruit weight, taste, appearance) and varieties with a high content of dry matter (Fortuna, Nika), vitamin C — flying varieties Feya, Fortuna (17.0–14.5 mg / 100 g) were selected.

Key words: apple tree, variety, maturity, vegetation, adaptation, biochemistry, signs, mass, taste, reaner

For citation: Shakmirzoev R.A. Evaluation of the biochemical composition and commercial qualities of introduced apple varieties in the conditions of Dagestan. *Agrarian science* 2023; 373(8): 131–136 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-131-136>

© Shakmirzoev R.A.

Введение/Introduction

Яблоня — основная плодовая культура средней полосы России, ее плоды являются распространенным продуктом сбалансированного рациона как ценный источник витаминов, своей популярностью она обязана хорошей адаптивностью к различным почвенно-климатическим условиям [1].

Юго-восточная предгорная провинция Дагестана обладает благоприятными почвенно-климатическими условиями для возделывания плодовых культур, где садоводство занимает одно из ведущих мест в сельском хозяйстве Республики.

Весьма перспективна здесь культура яблони, которой отведено более 50% в районированном сортименте садов республики. Однако объемы производства плодовой продукции остаются еще невысокими, а существующий сортимент яблони не в полной мере отвечает современным требованиям, предъявляемым к сортам. В результате периодически повторяющиеся неблагоприятные погодные условия и участвовавшие эпифитотии наносят определенный ущерб насаждениям культуры яблони [2–5].

Широкое использование сортов по срокам созревания, отвечающих определенным требованиям, и их правильный подбор являются важнейшим условием развития садоводства в республике. Известно, что сорта яблок подразделяются (по срокам созревания) на раннелетние, летние, осенние и зимние [6].

Современные перспективные сорта должны обладать устойчивостью к целому ряду биотических и абиотических факторов, причем современное адаптивное садоводство особенно остро нуждается в сортах с отдельной и комплексной устойчивостью к нескольким основным болезням и вредителям [7]. К самым распространенным грибным заболеваниям относится парша, максимальная вредоносность которой наблюдается в годы избыточного количества атмосферных осадков, и этот процесс приводит к уменьшению прироста, раннему листопаду, ухудшению закладки цветковых почек [8, 9].

В разные годы исследований выделяются одни и те же плоды сортов яблок с высоким содержанием сухих растворимых веществ, кислот, витаминов как наиболее ценные по хозяйственно-биологическим признакам [10]. Очевидно, что в сложившейся ситуации важнейшим фактором повышения экономической эффективности производства продукции садоводства является освоение новых технологических стандартов путем создания насаждений интенсивного типа с использованием адаптированных сортов и сортоподвойных комбинаций [11].

Качество плодов яблони — один из основных и важных хозяйственно ценных признаков, которое определяется как сортовыми особенностями, так и метеорологическими показателями в период их формирования, районном произрастания и условиями агротехнологического возделывания. В период созревания плодов происходят постоянное снижение уровня титруемых кислот, увеличение содержания сахаров и сахарокислотного индекса, но затем наступает период, когда данные показатели изменяются незначительно или остаются постоянными,

то есть в плодах накоплено постоянное количество этих веществ [10].

Перспектива садоводства в целом зависит от многих факторов, в том числе и от внедрения в производство новых сортов отечественной и зарубежной селекции, обладающих хозяйственно ценными признаками: скороплодностью, высокой урожайностью, пригодностью для выращивания по интенсивной технологии, высоким потенциалом адаптивности [9, 11].

Особую актуальность в развитии отрасли приобретают вопросы подбора адаптированных к зональным условиям сорта разного срока созревания, имеющие высокие биохимические качества.

Необходимо подчеркнуть, что изучение сортимента яблони имеет и региональную специфику, актуальность этого вопроса велика как в оценке экологической устойчивости, так и на пригодность к интенсивным технологиям возделывания. Это обстоятельство стимулирует необходимость повышения требований к созданию сортимента яблони как основной культуры на юго-восточной предгорной провинции Дагестана.

Цели исследования — оценка сортов яблони разного срока созревания по комплексу хозяйственно-биологических показателей и выделение перспективных сортов для оптимизации регионального сортимента в условиях Дагестана.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проведены на экспериментальном участке ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр» Республики Дагестан юго-восточной предгорной провинции за 2019–2022 гг. Учет и наблюдение проводились в соответствии с общепринятыми методами согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур¹» (1999), «Комплексной программе по селекции семечковых культур России на 2001–2020 гг.²».

Объектом изучения послужили сорта яблони отечественной и зарубежной селекции:

летние — Фея, Фортуна, Женева;

осенние — Кармен, Прима, Талисман;

зимние — Ренет Симиренко, Талида, Ника.

Товарность плодов определяли согласно ГОСТ 34314-2017³. Определение растворимых сухих веществ проводили рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013⁴, сахаров — по ГОСТ 8756.13-87⁵, витамина С — по ГОСТ 24556-89⁶, витамина Р — по ГОСТ Р 50479-93⁷.

Климат в зоне исследования характеризуется как умеренно-теплый неустойчивый, зимой — со значительными колебаниями снежного покрова. Среднегодовая температура воздуха составляет 10,5 °С. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С доходит до 3415 °С, температура самого теплого месяца (июля) — 28 °С, наиболее холодного (январь — февраль) — 1,8 °С. Среднегодовой минимум температуры равен 18 °С. Весна в регионе — наиболее сухой и ветреный сезон года с частыми возвратными заморозками, которые отмечаются

¹ Седов Е. Н., Огольцова Т. П. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных, и орехоплодных культур. Орел. 1999; 608.

² Комплексная программа по селекции семечковых культур в России на 2001–2020 гг. (Постановление Международной научно-методической конференции «Основные направления и методы селекции семечковых культур»). Орел: ВНИИСПК. 2003; 32.

³ ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия.

⁴ ГОСТ ISO 2173-2013 Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.

⁵ ГОСТ 8756.13-87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров.

⁶ ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.

⁷ ГОСТ Р 50479-93 Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения содержания витамина РР.

в конце апреля и начале мая. Осадки по сезонам года распределяются неравномерно. Среднегодовая сумма осадков в пределах 410–510 мм. Почвенный покров представлен каштановыми почвами. Гумусовый горизонт — мощный. Агрофизические и агрохимические свойства почвы благоприятны для ведения культуры яблони.

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁸, а также с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для поддержания конкурентоспособности производителей плодов недостаточно только получать хороший урожай, а необходимо производство плодов яблони, пользующихся спросом, с высоким качеством, длительным сроком хранения, конкретным уровнем показателей биохимического состава, отвечающих требованиям стандарта. Продуктивность плодовых культур в большей степени зависит от почвенно-климатических факторов зоны выращивания.

Сроки наступления фенологических фаз являются важнейшей агробиологической особенностью сортов, определяющих их приспособленность к условиям среды и хозяйственную ценность. Начало вегетации и благоприятное прохождение цветения яблони оказывают значительное влияние на образование завязи плодов и получение высоких урожаев. На успешное опыление яблони значительное влияние оказывают метеорологические факторы, складывающиеся в этот период (рис. 1).

Установлено, что в условиях предгорной зоны Дагестана средняя дата наступления вегетации по изучаемым сортам: летних — 09.03, осенних — 17.03, зимних — к концу III декады марта (табл. 1).

Прохождение фенологических фаз развития яблони и их сроки во многом зависят от биологических особенностей сортов и почвенно-климатических условий местности возделывания [12].

Рис. 1. Цветение яблонь среднеспелых сортов предгорной зоны Дагестана (Сорт Кармен, апрель 2023 год). Фото автора

Fig. 1. Flowering of apple trees of mid-ripening varieties of the foothill zone of Dagestan (Variety Carmen, April 2023). Photo by author.



Период цветения плодовых культур в предгорье отличается неустойчивостью погодных условий (весенние возвратные заморозки, дожди, туманы). Одним из основных лимитирующих факторов является температура. Уменьшение напряжения тепла с нарастанием высоты (поясности) местности оказывает заметное влияние на сроки наступления и продолжительность фаз развития яблони.

Таблица 1. Наступление фенологических фаз сортов яблони (2021–2022 гг.)
Table 1. The onset of phenolic phases of apple varieties (2021–2022)

Сорт	Начало набух. ген. почек	Цветение			Продолжительность цветения, дни	Сумма эффективных температур, °С	Период вегетации, дни
		начало	степень, балл	конец			
Летние							
Фея							
Фортуна	09.03	15.04	4,0	30.04	15	142,0	228
Женева	09.03	14.04	4,0	30.04	16	142,5	235
Осенние							
Кармен	16.03	19.04	4,2	01.05	12	144,0	234
Прима	17.03	22.04	4,4	03.05	11	146,0	233
Талисман	17,03	22.04	4,6	03.05	11	145,0	233
Зимние							
Ренет Симиренко	20,03	27.04	4,5	5.05	8	144,4	230
Талида	26.03	25.04	4,3	04.05	9	152,0	236
Ника	27.03	25.04.	4,4	03.05	8	149,5	238

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Альянс. 2014; 351.

С повышением абсолютной высоты местности у яблони происходит запаздывание начала распускания почек, цветения и созревания плодов, в то же время в связи с более ранним наступлением осени в предгорной зоне наблюдается ускорение листопада. Чем выше абсолютная высота над уровнем моря, тем в большей степени сокращается и вегетационный период [13].

Характеристика сортов

Деревья сортов летнего срока созревания (Фея, Женева) среднерослые, крона компактная.

У сорта Фортуна крона овальная, сильнорослая, раскидистая, средняя побегообразовательная способность.

Яблоня сорта Кармен — осенняя, дерево среднерослое, скороспелое, крона округлая, листья крупные и удлинённые, ветви отходят от ствола под углом, плоды средней массы (рис. 1).

Прима — сорт американской селекции, ранне-осенний. Дерево сильнорослое, крона округлая. Плоды средней величины. Хорошая устойчивость к возбудителям парши.

Деревья сорта Талисман среднего размера и высоты, скороплодные, плодоношение периодичное, хорошая устойчивость к мучнистой росе, крона округлая.

Талида — позднезимний сорт яблони. Дерево умеренного роста, скороплодное, плоды крупные (250–350 г), крона округлая, высокая побегообразовательная способность. Хорошая транспортабельность, высокая устойчивость к парше и мучнистой росе.

Ника — сорт зимнего срока созревания, селекции СКФНЦСВВ, создан совместно с ВНИИСПК. Деревья среднего роста, хорошая побегообразовательная способность, крона округлая, высокая устойчивость к парше, смешанный тип плодоношения.

Определение продукционного потенциала каждого сорта позволяет расширить региональный сортимент и определить его соответствие к условиям подзоны с учетом вертикальной зональности территории возделывания.

В связи с рыночными условиями для поддержания конкурентоспособности производителям плодов недостаточно получать хороший урожай, а необходимо производство плодов с высокими и товарно-потребительскими свойствами, отвечающими требованиям стандартов.

Важнейшими хозяйственно-биологическими показателями сортов яблони являются товарные качества плодов, которые определяют экономическую эффективность и его хозяйственную ценность. Некоторые первичные результаты изучаемых сортов яблони по основным признакам представлены в таблице 2.

Сорт обладает такими качествами, как скороплодность, урожайность, устойчивость к болезням, привлекательные внешний вид и масса плода, сбалансированное содержание сахаров, витамина С. Важным критерием при оценке сорта является также сохранность плодов при хранении, как и масса плода.

У сортов летнего срока созревания амплитуда варьирования плода яблони от 110 г (Фея) до 180 г (Фортуна), максимальная масса плода отмечена у сорта Фортуна (220 г). Среди сортов осеннего срока созревания средняя масса плода варьирует от 180 до 220 г. Наибольшую массу плода имеет Талисман — 250 г, из зимних сортов крупноплодной отмечена Талида (средняя масса плода — 289 г).

Основные составляющие коммерческих характеристик плодов яблони — внешний вид и хорошие вкусовые

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая оценка сортов яблони (2018 год посадки, подвой М9)
Table 2. Economic and biological assessment of apple varieties (2018 planting year, rootstock M9)

Сорт	Высота деревьев / комп. крон	Средний урожай с дерева, кг (2020–2021 гг.)	Оценка плодов			Степень устойчивости, балл		Срок хранения, дни
			средняя масса, г	вкус, балл	внешний вид, балл	парша, балл	мучнистая роса, балл	
Летние								
Фея	среднерослое, компактное	14,3	110	4,3	3,9	3,3	4,3	25
Фортуна	умеренный рост, плоская крона	17	180	4,6	4,7	4,5	4,7	45
Женева	среднерослое, средней загущенности	19,3	140	4,3	4,5	3,0	3,5	14
НСР ₀₅		15,8						
Осенние								
Кармен	среднерослое крона, округлая	16	190	4,7	4,6	4,9	4,6	85
Прима	среднерослое, крона раскидистая	19	180	4,4	45	4,0	3,5	40
Талисман	рост сдержанный, крона округлая	21	211	4,6	4,4	4,7	4,8	80
НСР ₀₅		16,8						
Зимние								
Ренет Симиренко	среднерослое, крона раскидистая	12	85	4,4	4,0	3,6	3,9	65
Талида	умереннный рост	16,7	295	4,6	4,8	5,0	4,5	180
Ника	сдержанный рост, крона округлая	22,2	240	4,8	4,9	4,7	4,6	210
НСР ₀₅		15,4						

Таблица 3. Биохимический состав плодов сортов яблони (среднее)
Table 3. Biochemical composition of fruits of apple (varieties)

Сорт	Срок созревания, дек/мес	Сухое вещество, %	Биохимический состав		
			содержание сахара, %	витамин С, мг / 100 г	витамин Р, мг / 100 г
Летние					
Фея	3-06	11,0±1,5	8,3±1,1	17,0±1,6	66,8±3,2
Фортуна	3-07	15,4±1,8	9,6±1,3	14,5±1,2	91,3±4,2
Женева	3-06	11,8±1,4	9,9±1,2	14,4±1,2	83,3±4,4
Осенние					
Кармен	3-08	13,0±1,3	9,9±0,9	8,0±0,5	115,0±5,4
Прима	1-09	13,0±1,4	9,8±1,1	14,1±1,1	97,8±5,5
Талисман	3-08	10,5±1,1	10,1±1,0	7,5±0,8	88,1±4,8
Зимние					
Ренет Симиренко	2-10	15,0±1,2	10,0±1,0	7,3±0,6	97,6±6,7
Талида	2-10	14,2±1,4	10,6±1,2	4,8±0,8	63,4±4,8
Ника	1-10	16,1±1,2	11,5±1,2	5,3±0,7	96,4±5,7

качества. Высокую оценку вкуса имели сорта: летний — Фортуна (4,6 балла), осенний — Кармен, Талисман (4,7, 4,6 балла), зимний — Ника, Талида (4,8, 4,7 балла). При оценке пищевой ценности плодов большое значение придается биохимическому составу.

Вкусовые качества плодов яблони обладают совокупностью биологически активных веществ, входящих в их состав. Накопление сахаров зависит от таких генетических особенностей сортов, как срок созревания, система хранения, территория возделывания растений. Плоды яблок зимних сортов по сравнению с летне-осенними отличаются высокими вкусовыми качествами и хорошим сырьем для переработки в консервной промышленности.

Содержание сухих веществ в плодах яблони исследуемых сортов в среднем варьировало от низкого (11,5%) до высокого (16,1%).

В первую группу по содержанию менее 13% вошли сорта летнего срока созревания (Фея, Женева) и осеннего (Талисман), во вторую группу (от 13 до 15%) — Кармен, Прима, а также зимний сорт Талида, в третью группу с высоким содержанием сухих веществ (15% и выше) вошли летний сорт Фортуна, зимние — Ренет Симиренко и Ника. Особую ценность при этом состав-

ляют зимние сорта Ника и Талида с лежкостью более 185–190 дней.

По данным автора, содержание сахаров у исследуемых сортов варьировало от 8,3 до 11,5% в зависимости от сорта по сроку созревания. Высокое содержание сахара отмечено у зимнего сорта Ника (16,1%) (табл. 3).

Следует отметить, что летние сорта яблони отличались высоким содержанием витамина С (14,1–17,0 мг / 100 г), у остальных образцов — от 5,3 мг / 100 г у Ники до 14,1 мг / 100 г у Примы.

Выводы / Conclusion

Сдержанный рост дерева, компактность кроны, побегообразовательная способность и устойчивость к парше у сортов Фортуна, Кармен, Ника, Талида позволяют выращивать их по интенсивным технологиям.

Выявлено высокое содержание сухого вещества (16,1%) и сахара (11,5%) у Ники. По массе плодов (211–295 г) и продолжительности срока хранения (80–210 дней) выделились Талисман, Ника и Талида.

Изученные сорта показывают высокую адаптивность, что определяет перспективу их выращивания в промышленных садах интенсивного типа.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

All author bear responsibility for the work and presented data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Седов Е.Н. Селекция и новые сорта яблони. Орел: ВНИИСПК. 2011; 624. ISBN 978-5-900705-58-3 <https://elibrary.ru/okgzch>
- Алибеков Т.Б. и др. (сост.). Плодоводство Дагестана: современное состояние и перспективы развития. Махачкала: Наука – Дагестан. 2013; 632. ISBN 978-5-94-43-4-214-0
- Мурсалов М.М.-К., Насрутдинов У.И., Загиров Н.Г. Вертикальная посадка и адаптивно-ландшафтное размещение плодовых культур на территории Дагестана. Махачкала. 2005; 63.
- Казиев М.-Р.А., Шахмирзоев Р.А., Караев М.К. Особенности вегетации интродуцированных сортов яблони в условиях юго-восточных предгорий Дагестана. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020; (6): 15–27. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-6-66-15-27>
- Ефимова И.Л. Реализация потенциала яблони нового поколения в садах современных конструкций. Селекционно-генетическое совершенствование породно-сортового состава в садах садовых культур на Северном Кавказе. Краснодар: НИИСИВ. 2005; 130–133.

REFERENCES

- Sedov E.N. Selektion and new varieties of apple trees. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. 2011; 624 (In Russian). ISBN 978-5-900705-58-3 <https://elibrary.ru/okgzch>
- Alibekov T.B. et al. (comps.). Fruit growing in Dagestan: the current state and prospects of development. Makhachkala: Nauka – Dagestan. 2013; 632 (In Russian). ISBN 978-5-94-43-4-214-0
- Mursalov M.M.-K., Nasrutdinov U.I., Zagirov N.G. Vertical planting and adaptive landscape placement of fruit crops on the territory of Dagestan. Makhachkala. 2005; 63 (In Russian).
- Kaziev M.-R.A., Shakhmirzoev R.A., Karaev M.K. Features of vegetation of introduced apple tree varieties in the south-eastern foothills of Daghestan. Fruit growing and viticulture of South Russia. 2020; (6): 15–27 (In Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-6-66-15-27>
- Efimova I.L. Realization of the potential of a new generation of apple trees in gardens of modern designs. Breeding and genetic improvement of the breed and varietal composition in the gardens of garden crops in the North Caucasus. Krasnodar: Research Institute of Horticulture and Viticulture. 2005; 130–133 (In Russian).

6. Причко Т.Г., Чалая Л.Д., Карпушина М.В., Смелик Т.Л. Формирование биохимического состава и лежкоспособных свойств плодов яблони в период выращивания. *Пути реализации потенциала высокоплотных плодовых насаждений. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения А.С. Девятова*. Самохваловичи: Институт плодоводства. 2008; 70–76.

7. Шахмирзоев Р.А., Казиев М.-Р.А. Биологический потенциал яблони сорта Кармен в условиях юга Дагестана. *Садоводство и виноградарство*. 2020; (4): 25–30. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-25-30>

8. Жданов В.В., Седов Е.Н. Селекция яблони на устойчивость к парше. Тула: *Приокское книжное издательство*. 1991; 207. ISBN 5-7639-0515-6

9. Кочетков В.М., Слепков С.А. Роль устойчивых и иммунных к основным грибным болезням сортов яблони в экологизированной системе защиты многолетних насаждений. *Научные труды ГНУ «СКЗНИИСиВ»*. 2013; 213: 34–36.

10. Причко Т.Г. Биохимические и технологические аспекты хранения и переработки плодов яблони. Краснодар. 2002; 172. <https://www.elibrary.ru/qyxgcn>

11. Велибекова Л.А. Перспективы размещения промышленного садоводства Дагестана. *Садоводство и виноградарство*. 2019; (2): 33–35. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-33-39>

12. Садыгов А.Н. Фенология сортов яблони селекции Азербайджанского НИИ садоводства и субтропических культур в агроклиматических условиях Куба-Хачмасской зоны Азербайджанской Республики. *Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова*. 2014; (8): 38–40. <https://www.elibrary.ru/spkdud>

13. Бербеков В.Н., Бакуев Ж.Х., Галоева Л.Ч. Интенсивные сады в условиях вертикальной зональности Центральной части Северного Кавказа. Монография. Нальчик: *Принт Центр*. 2016; 153. ISBN 978-5-906771-13-1

6. Prichko T.G., Chalaya L.D., Karpushina M.V., Smelik T.L. Formation of Biochemical Composition and Storage Properties of Apple Fruits in Cropping Period. *Ways for Plant Potential Realization in Orchards of High Density. Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary since the birthday of an outstanding Dr., Prof. Arkady Sergeevich Devyatov*. Samokhvalovichy: Institute for Fruit Growing. 2008; 70–76 (In Russian).

7. Shakhmirzoev R.A., Kaziev M.-R.A. Biological potential of the Carmen apple variety in the South of Dagestan. *Horticulture and viticulture*. 2020; (4): 25–30 (In Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-25-30>

8. Zhdanov V.V., Sedov E.N. Apple tree breeding for scab resistance. Tula: *Prioksky Book Publishing House*. 1991; 207 (In Russian). ISBN 5-7639-0515-6

9. Kochetkov V.M., Slepov S.A. The role of apple varieties resistant and immune to major fungal diseases in the ecologized system for the protection of perennial plantations. *Scientific works of the State Scientific Organization North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture*. 2013; 213: 34–36 (In Russian).

10. Prichko T.G. Biochemical and technological aspects of storage and processing of apple fruits. Krasnodar. 2002; 172 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qyxgcn>

11. Velibekova L.A. Prospects of commercial horticulture placement of Dagestan. *Horticulture and viticulture*. 2019; (2): 33–35 (In Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2019-2-33-39>

12. Sadygov A.N. Phenology of apple varieties of selection of the Azerbaijan Institute of horticulture and subtropical cultures in agro-climatic conditions of Cuba-Khachmass zone of Azerbaijan Republic. *Bulletin of the Saratov State University named after N.I. Vavilov*. 2014; (8): 38–40 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/spkdud>

13. Berbekov V.N., Bakuiev Zh.Kh., Galoeva L.Ch. Intensive orchards in the conditions of vertical zonality of the Central part of the North Caucasus. Monograph. Nalchik: *Print Tsent*. 2016; 153 (In Russian). ISBN 978-5-906771-13-1

ОБ АВТОРАХ

Руслан Абузарович Шахмирзоев, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела плодовоовощеводства и виноградарства, Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан, ул. А. Шахбанова, д. 30, Махачкала, 367014, Россия russad66@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-4972-9535>

ABOUT THE AUTHORS

Ruslan Abuzarovch Shakhmrzoev, Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Collaborator of the Fruit Vegetable Growing Department, Federal Agrarian Research Center of the Republic of Dagestan, 30 A.Shakhbanov Str., Makhackala, 367014, Russia russad66@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-4972-9535>

УДК 664.644

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142

**А.Ж. Рустемова¹,
М.Б. Ребезов^{2,3}** ✉

¹ Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

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

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ rebezov@ya.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
26.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142

**Ainash Z. Rustemova¹,
Maksim B. Rebezov^{2,3}** ✉

¹ Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ rebezov@ya.ru

Received by the editorial office:
27.02.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
26.07.2023

Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий

РЕЗЮМЕ

Основным критерием продовольственной безопасности страны является стабильное обеспечение населения качественными продуктами питания с использованием научных разработок. Для Казахстана и России зерно является главным сельскохозяйственным сырьем, а продукты на зерновой основе — одним из основных недорогих источников питательных веществ. Хлеб — основополагающий продукт в рационе большинства граждан России и Казахстана, поэтому улучшение его питательных свойств и создание на его основе функциональных продуктов являются актуальной задачей для пищевой промышленности. В работе представлены результаты исследования по разработке хлебных изделий с добавлением зернобобовой смеси на закваске. Зернобобовая смесь состоит из семи злаковых и бобовых культур: овес, кукуруза, просо, гречиха, соя, горох (маш), китайская фасоль. Были изготовлены четыре образца хлеба с добавлением 5%, 7%, 10%, 12% зернобобовой смеси к массе пшеничной муки на закваске и контрольные образцы. Установлено, что применение хлеба с добавлением 10% зернобобовой смеси на закваске способствует повышению пищевой и биологической ценности изделий по содержанию белков, углеводов, витаминов, пищевых волокон и минеральных веществ, что позволяет более эффективно использовать сырьевые растительные ресурсы Республики Казахстан и России.

Ключевые слова: зернобобовая смесь, закваска из цельнозернового зерна пшеницы, пищевая и биологическая ценность, функциональное питание

Для цитирования: Рустемова А.Ж., Ребезов М.Б. Применение зернобобовой смеси для хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 137–142.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142>

© Рустемова А.Ж., Ребезов М.Б.

The use of leguminous mixture for bakery products

ABSTRACT

The main criterion of the country's food security is the stable provision of the population with high-quality food products using scientific developments. For Kazakhstan and Russia, grain is the main agricultural raw material, and grain-based products are one of the main inexpensive sources of nutrients. Bread is a fundamental product in the diet of most citizens of Russia and Kazakhstan, therefore, improving its nutritional properties and creating functional products based on it is an urgent task for the food industry. The paper presents the results of a study on the development of bread products with the addition of a leguminous mixture on sourdough. The leguminous mixture consists of seven cereals and legumes: oats, corn, millet, buckwheat, soy, peas (mash), Chinese beans. Four samples of bread were made with the addition of 5%, 7%, 10%, 12% leguminous mixture to the mass of wheat flour on sourdough and control samples. It has been established that the use of bread with the addition of a 10% leguminous mixture on sourdough contributes to the increase in the nutritional and biological value of products in terms of protein, carbohydrates, vitamins, dietary fiber and minerals, which allows more efficient use of raw plant resources of the Republic of Kazakhstan and the Russia.

Key words: leguminous mixture, sourdough from whole grain wheat, nutritional and biological value, functional nutrition

For citation: Rustemova A.Z., Rebezov M.B. The use of leguminous mixture for bakery products. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 137–142 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-137-142>

© Rustemova A.Z., Rebezov M.B.

Введение/Introduction

Основным критерием продовольственной безопасности Казахстана и России является стабильное обеспечение населения качественными продуктами питания с использованием научных разработок [1]. Для Казахстана и России зерно — главное сельскохозяйственное сырье, а продукты на зерновой основе — одни из основных, так как недорогостоящие и в то же время питательные [2–4].

В последние годы хлеб рассматривается как функциональный продукт питания, через который человек получает необходимые ему биологически активные соединения. Исходя из исследований, для выработки широкого ассортимента хлебобулочных изделий, в том числе для функционального питания, перспективными и более практичными являются технологии производства хлеба с использованием многокомпонентных смесей, в частности зернобобовых. Каждый из компонентов смесей обогащает ее определенными полезными для человека веществами, а в целом изделие приобретает профилактическую направленность. Естественность в соотношении входящих в состав натуральных сырьевых компонентов пищевых нутриентов способствует повышению пищевой ценности изделий и лучше-му их усвоению [5, 6].

Основными сырьевыми компонентами хлебопекарных смесей являются продукты растительного происхождения — зерновое и бобовое сырье. Наиболее распространенные зернобобовые культуры, выращиваемые в Казахстане, — соя, горох, чечевица, маш, фасоль [7].

За последние пять лет в Казахстане значительно расширились площади под зернобобовыми, составив 16,2 млн га в 2022 году. Из-за высокого содержания белка бобовые являются ценным питательным компонентом в рационах многих народов мира и пользуются большим спросом. Растительные белки дешевле, чем животные, что объясняет их роль в обеспечении сбалансированного рациона для уязвимых слоев населения [8].

Использование муки, полученной из семян бобовых культур, при производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки первого сорта будет способствовать значительному улучшению пищевой ценности продукции. Для создания научных основ и практических направлений использования добавок муки бобовых культур в производстве хлебобулочных изделий необходимы исследования по изучению их влияния на технологический процесс производства и качество готовых изделий [9, 10].

Бобовые культуры используют в качестве профилактики для различных видов заболеваний, что дает основание рассматривать их в качестве пищевых продуктов терапевтического воздействия [6, 11].

Цель работы — разработка технологии хлеба из зернобобовой смеси для повышения пищевой и биологической ценности готовых изделий.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Приведены данные по разработке технологии приготовления хлеба из зернобобовой смеси. При разработке технологии принимались во внимание выбор исходного продукта и изменение его за счет нетрадиционного растительного сырья с целью повышения функциональных свойств готового хлебобулочного изделия.

Была разработана рецептура (методом прогнозирования) и модифицирована технология хлеба на основе из зернобобовой смеси.

Использованы следующие виды сырья: мука пшеничная первого сорта «Цесна» — ГОСТ 26574¹, закваска пшеничная жидкая из цельносмолотого зерна — ГОСТ 34372², дрожжи хлебопекарные прессованные — ГОСТ Р 54845³, соль пищевая — ГОСТ Р 51574⁴, вода питьевая — ГОСТ Р 57164⁵, смесь зернобобовая — ГОСТ 34165⁶.

Было применено нетрадиционное сырье, а именно зернобобовая смесь из семи культур (овес, кукуруза, просо, гречиха, соя, маш, китайская фасоль). Процентное соотношение состава зернобобовой смеси составляет: кукуруза — 16%, овес — 16%, просо — 15%, гречиха — 12%, соя — 17%, маш — 13%, фасоль китайская — 11%.

Были изготовлены четыре образца хлеба с добавлением 5% 7%, 10%, 12% зернобобовой смеси к массе пшеничной муки на закваске в I, II, III и IV образцах, соответственно, и контрольные образцы: 1-й контроль — на прессованных дрожжах, 2-й контроль — на закваске. Тесто готовили безопарным способом. Зерновые культуры очищали от сорной и зерновой примеси.

Использована закваска самопроизвольного брожения из цельносмолотого зерна пшеницы собственного помола (на лабораторной мельнице), воды питьевой и меда натурального. Добавление в закваску меда объясняется тем, что он является дополнительным ингредиентом для активизации естественного брожения⁷.

Органолептические характеристики полученных образцов оценивались согласно методике ГОСТ 5667⁸. Влажность образцов определяли по методике ГОСТ 21094⁹, кислотность — по ГОСТ 5670¹⁰, пористость — по ГОСТ 5669¹¹, формоустойчивость — по ГОСТ 27669¹², массовую долю белка — согласно методике ГОСТ 10846¹³, массовую долю жиров — согласно методике ГОСТ 29033¹⁴, массовую долю углеводов — перманганатометрическим методом согласно ГОСТ 13496.4¹⁵, содержание клетчатки — методом Венде по ГОСТ 31675¹⁶, содержание кальция, железа, магния и цинка — методом атомно-абсорбционной

¹ ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2018; 11.

² ГОСТ 34372-2017 Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия. М.: Стандартинформ. 2018; 17.

³ ГОСТ Р 54845-2011 Дрожжи хлебопекарные сушеные. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2013; 11.

⁴ ГОСТ Р 51574-2018 Соль пищевая. Общие технические условия. М.: Стандартинформ. 2018; 7.

⁵ ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. М.: Стандартинформ. 2019; 17.

⁶ ГОСТ 34165-2017 Зерновые, зернобобовые и продукты их переработки. Методы определения загрязненности насекомыми-вредителями. М.: Стандартинформ. 2018; 11.

⁷ Хульм С.В. Патент RU 2 656 396 С1. Способ приготовления фруктово-пшеничной закваски с хмелем и фруктово-пшеничная закваска с хмелем. Опубл. 05.06.2018.

⁸ ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. М.: Стандартинформ. 2019; 11.

⁹ ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности. М.: Стандартинформ. 2006; 3.

¹⁰ ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности. Минск: Межгосударственный совет по метрологии, стандартизации и сертификации. 2020; 5.

¹¹ ГОСТ 5669-96 Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости. Минск: Межгосударственный совет по метрологии, стандартизации и сертификации. 2020; 2.

¹² ГОСТ 27669-88 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба. М.: Стандартинформ. 2007; 9.

¹³ ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: Стандартинформ. 2009; 8.

¹⁴ ГОСТ 29033-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира. М.: Издательство стандартов. 2000; 4.

спектрометрии по методике ГОСТ 22001¹⁷, содержание кремния — по методике ГОСТ 13230.1¹⁸, витаминный состав — методом жидкостной хроматографии [12] согласно ГОСТ 34151¹⁹, аминокислотный состав — по методу, приведенному в ГОСТ 32195²⁰.

Результаты опыта обработаны при помощи компьютера (программа Microsoft Office Excel) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Рецептура хлеба из зернобобовой смеси представлена в таблице 1.

Оптимальному варианту соответствовал III образец хлеба с 10%-ной зернобобовой смесью. Он обладал лучшими органолептическими и физико-химическими свойствами.

В таблице 2 представлены органолептические показатели хлеба из зернобобовой смеси на закваске.

Готовые хлебные изделия из зернобобовой смеси представлены на рисунке 1.

Физико-химические показатели из зернобобовой смеси представлены в таблице 3.

Рис. 1. Внешний вид готовых хлебобулочных изделий в разрезе: К — контроль на дрожжах, К(а) — контроль на закваске, хлеб, соответственно, из 5%, 7%, 10%, 12% зернобобовой смеси на закваске

Fig. 1. The appearance of finished bakery products in the context of: К — yeast control, К(а) — sourdough control, bread, respectively, from 5%, 7%, 10%, 12% leguminous mixture on sourdough

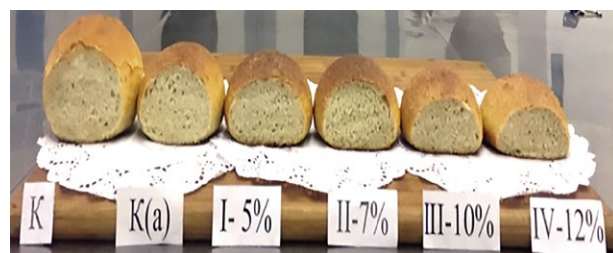


Таблица 1. Рецепт хлеба из зернобобовой смеси на закваске, на 1000 г
Table 1. Recipe for bread from leguminous mixture on sourdough, per 1000 g

Наименование сырья	1-й контроль	2-й контроль	Рецептура хлеба из зернобобовой смеси на закваске			
			I	II	III	IV
Мука пшеничная I сорт, г	1000	980	930	910	880	860
Дрожжи прессованные	25	—	—	—	—	—
Закваска живая, г	—	80	80	80	80	80
Соль поваренная, г	15	15	14	14	14	14
Смесь зернобобовая, г	—	—	50	70	100	100
Вода	по расчету	по расчету	по расчету	по расчету	по расчету	по расчету

Таблица 2. Органолептические характеристики хлеба из зернобобовой смеси
Table 2. Organoleptic characteristics of bread from leguminous mixture

Наименование показателей	1-й контроль	2-й контроль	Хлеб из зернобобовой смеси на закваске			
			I	II	III	IV
Внешний вид	соответствует хлебной форме, с выпуклой верхней коркой					
Форма	округлая, нерасплывчатая, без притисков		округлая, расплывчатая, без притисков	округлая, нерасплывчатая, без притисков		
Поверхность	без трещин и подрывов		имеются частицы смеси, без трещин и подрывов			
Цвет	от светло-желтого до темно-коричневого (на верхней корке)					
Состояние мякиша: пропеченность, промес, пористость	пропеченный, невлажный на ощупь, эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш принимает первоначальную форму, без комочков и следов непромеса					
Вкус	свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха		приятный на вкус, некислый, с менее легким привкусом зерновых компонентов	приятный на вкус, с легким привкусом зерновых компонентов	ярко выраженный вкус, с привкусом зерновых компонентов	приятный на вкус, с насыщенным привкусом зерновых компонентов
Запах	свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха					

¹⁵ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ. 2019; 16.

¹⁶ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. М.: Стандартинформ. 2020; 9.

¹⁷ ГОСТ 22001-87 Реактивы и особо чистые вещества. Метод атомно-абсорбционной спектрометрии определения примесей химических элементов. М.: Стандартинформ. 2003; 8.

¹⁸ ГОСТ 13230.1-93 Ферросилиций. Методы определения кремния. Минск: Межгосударственный совет по метрологии, стандартизации и сертификации. 2001; 8.

¹⁹ ГОСТ 34151-2017 Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. М.: Стандартинформ. 2019; 10.

²⁰ ГОСТ 32195-2013 Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот. М.: Стандартинформ. 2020; 20.

Таким образом, с увеличением объема зернобобовых культур физико-химические и органолептические показатели, а именно вкус и запах, внешний вид, пористость, формоустойчивость изделий, улучшаются. Вследствие этого был выбран более оптимальный вариант, который отличался наилучшими вкусовыми качествами, правильной формой, гладкой коркой (без трещин и подрывов), мякиш характеризовался равномерным расположением пор, хорошей эластичностью и формоустойчивостью.

В готовой продукции были определены следующие показатели: пищевая ценность, витаминный и минеральный состав, клетчатка, прогнозируемая антиоксидантная активность и аминокислотный состав (рис. 2, 3, табл. 4–6).

Физико-химические показатели III образца представлены на рисунке 2.

Результаты свидетельствуют, что добавление зернобобовой смеси в хлебные изделия значительно повы-

шают количество углеводов и белков. Содержание жира в готовом продукте уменьшилось на 5% по сравнению с зернобобовой смесью.

Углеводы — это основной компонент хлеба, их содержание составляет около половины в химическом составе продукта, оптимальное соотношение белков и углеводов — 1:4 [12]. Внесение в хлеб зернобобовой смеси позволило добиться среднего соотношения белков и углеводов, равного 13,47:28,05 (примерно 1:2). Внесение в рецептуру хлебопекарных композитных смесей цельнозерновой муки, полученной при размоле зерновых и бобовых культур со всеми анатомическими частями, позволило повысить содержание микро- и макроэлементов в готовой продукции. Такими минеральными элементами (мг / 100 г), как натрий ($378,13 \pm 2,12$), калий ($165,49 \pm 1,51$), магний ($57,27 \pm 1,71$), кальций ($48,65 \pm 0,18$), железо ($2,79 \pm 0,03$).

Минеральный состав продукции представлен в таблице 4.

Другим немаловажным показателем является антиоксидантная активность, потому что она считается неотъемлемой частью здорового питания. Столь высокий интерес к антиоксидантам объясняется их способностью возможностью блокировать воздействие на организм свободных радикалов и вследствие этого предотвращать человека от стремительного развития заболеваний и старения [13]. Антиоксидантная активность (расчетный метод) в хлебе из зернобобовой смеси составила $34,39 \pm 1,04$ / 100 г.

Витаминный состав хлеба с добавлением 10% зернобобовой смеси на закваске (III образец) приведен в таблице 5.

Витаминный комплекс, содержащийся в готовых пищевых продуктах, значительно сокращается при выпечке, но, анализируя данные таблицы 5, в зернобобовом хлебе витаминный состав сбалансирован.

Рис. 2. Пищевая ценность готовых хлебных изделий

Fig. 2. Nutritional value of baked goods

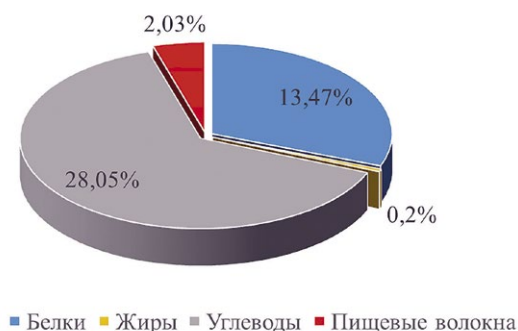


Таблица 3. Технологические показатели зерна яровой мягкой пшеницы за 2019–2021 гг.

Table 3. Technological indicators of grain of spring soft wheat for 2019–2021

Наименование показателей	1-й контроль	2-й контроль	Хлеб из зернобобовой смеси на закваске			
			I	II	III	IV
Влажность мякиша, %	43	42	42,2	42,5	41	42
Кислотность мякиша, град	3,0	2,8	2,2	2,4	2,5	3
Формоустойчивость, Н/Д	0,64	0,57	0,43	0,50	0,54	0,51
Объем хлеба, см ³	750	700	650	560	500	480
Пористость, %	70	68	67	66,5	66	65

Таблица 4. Показатели хлеба из 10% зернобобовой смеси на закваске (III образец)

Table 4. Indicators of bread from 10% leguminous mixture on sourdough (III sample)

Наименование показателей	Результаты исследований, мг / 100 г
Кальций	$48,65 \pm 0,18^*$
Железо	$2,79 \pm 0,03^*$
Магний	$57,27 \pm 1,71^*$
Калий	$165,49 \pm 1,51^*$
Натрий	$378,13 \pm 2,12^*$
Антиоксидантная активность (расчетный метод)	$34,39 \pm 1,04^*$

Примечание: * $p \leq 0,05$.

Таблица 5. Витаминный состав хлеба из 10% зернобобовой смеси на закваске (III образец)

Table 5. Vitamin composition of bread from 10% sourdough leguminous mixture (III sample)

Компонент	Хлеб из 10% зернобобовой смеси на закваске	
	Концентрация, мг/л	Массовая доля витамина, мг / 100 г
Тиаминхлорид	0,002	0,0035
Рибофлавин	0,068	0,12
Пантотеновая к-та	0,010	0,049
Никотиновая к-та	0,046	0,030
Пиридоксин	0,028	0,033
Фолиевая к-та	0,017	0,012
Аскорбиновая к-та	0,007	0,08

Таблица 6. Аминокислотный состав III образца хлеба
Table 6. Amino acid composition of III bread sample

Время, мин.	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Концентрация, мг/л	Массовая доля аминокислот, %
6,967		1,428	6,873	7,027	51,1	0,00	0
7,112	аргинин	0,329	7,027	7,195	15,02	17,0	0,23 ± 0,10
10,358	лизин	0,359	10,272	10,445	17,33	8,30	0,11 ± 0,05
10,868	тирозин	0,189	10,768	10,943	8,625	8,90	0,15 ± 0,06
11,048	фенилаланин	0,396	10,957	11,125	19,49	19,0	0,28 ± 0,08
11,540	гистидин	0,139	11,430	11,702	7,522	7,10	0,13 ± 0,05
12,063	лейцин + изолейцин	0,681	11,898	12,280	62,31	23,0	0,36 ± 0,09
12,415	метионин	0,177	12,280	12,537	10,81	9,00	0,14 ± 0,04
12,648	валин	0,398	12,537	12,812	26,4	17,0	0,25 ± 0,10
13,008	пролин	1,335	12,822	13,143	91,36	56,0	0,91 ± 0,21
13,260	треонин	0,320	13,143	13,367	20,79	13,0	0,48 ± 0,08
13,940	серин	0,580	13,678	14,060	45,97	24,0	0,54 ± 0,10
14,177	аланин	0,452	14,060	14,302	34,21	34,0	0,29 ± 0,05
15,423	глицин	0,525	15,258	15,578	44,72	65,0	0,73 ± 0,08

Примечание: * $p \leq 0,05$.

Хроматограмма аминокислотного состава III образца представлена на рисунке 3 и в таблице 6.

Исходя из данных, можно сделать вывод, что аминокислотный состав III образца сбалансирован. Содержание в белках бобовых больше треонина, но меньше метионина и фенилаланина. Три незаменимые аминокислоты (метионин, лизин и валин) в белках семян важнейших бобовых культур являются лимитирующими аминокислотами [14].

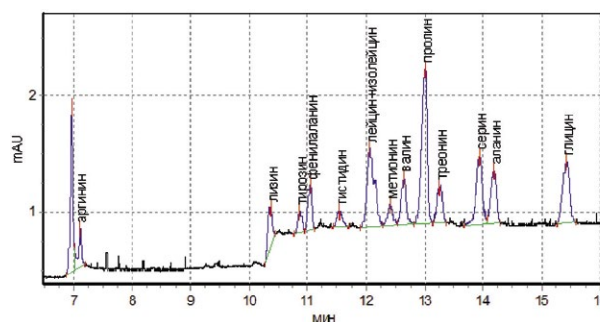
Выводы/Conclusion

Использование зерновых и бобовых культур в виде измельченной смеси в технологии продуктов функционального назначения способствует увеличению пищевой и биологической ценности готовых хлебобулочных изделий. Введением закваски в рецептуру хлебных изделий на основе зернобобовых культур можно улучшить органолептические и микробиологические показатели готового изделия, длительность хранения, положительно влияя на организм в целом.

Таким образом, хлеб на закваске с добавлением 10% зернобобовой смеси является сбалансированным по содержанию пищевых веществ (белков, жиров, углеводов) и клетчатки, витаминных и минеральных

Рис. 3. Хроматограмма аминокислотного состава III образца, mAU/мин

Fig. 3. Chromatogram of the amino acid composition of sample III, mAU/min



элементов. Одновременно расширяя продовольственный рынок экологически чистым продуктом, это позволяет достичь укрепления здорового питания граждан в Республике Казахстан и Российской Федерации, используя при этом доступные сырьевые ресурсы растительного происхождения.

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. Ребезов М.Б., Никитин Е.Б., Темербаева М.В., Урюмцева Т.И. Современное состояние и перспективы производства фортифицированных пищевых продуктов в России и Казахстане. *Вестник Инновационного Евразийского университета*. 2020; (4): 143–151 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.37788/2020-4/143-151>
2. Кайгородцев А.А. Продовольственная безопасность Казахстана: оценка состояния и пути обеспечения. *Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество*. Ежегодник. Москва: ИНИОН РАН. 2019; 2(1): 51–54. <https://elibrary.ru/bhfiqn>

REFERENCES

1. Rebezov M.B., Nikitin Ye.B., Temerbayeva M.V., Uryumtseva T.I. Current state and prospects of fortified food production in Russia and Kazakhstan abstract. *Bulletin of the Innovative University of Eurasia*. 2020; (4): 143–151. <https://doi.org/10.37788/2020-4/143-151>
2. Kaygorodtsev A.A. Food security of Kazakhstan: assessment of the state and ways of ensuring. *Greater Eurasia: development, security, cooperation*. Yearbook. Moscow: INION RAS. 2019; 2(1): 51–54 (In Russian). <https://elibrary.ru/bhfiqn>

3. Сатыбалдин А.А., Темирова Г.К., Жунибекбаева Т.А. Продовольственная безопасность Казахстана: состояние и возможности. *Economics: the strategy and practice*. 2020; 15(2): 11–20.
4. Рыспекова М.О., Дуйсенбекова А.А. Оценка состояния сельского хозяйства Республики Казахстан. *Вестник Челябинского государственного университета*. 2020; (11): 10–18 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2020-11102>
5. Стабровская О.И., Романов А.С., Короткова О.Г. Многокомпонентные смеси производства хлебобулочных изделий. *Техника и технология пищевых производств*. 2009; (2): 30–33. <https://elibrary.ru/jwdvan>
6. Гапонова Л.В., Полежаева Т.А., Матвеева Г.А. Использование зернобобового и орехового сырья в технологии специализированных продуктов для профилактики и лечения аллергических заболеваний. *Пищевая промышленность: наука и технологии*. 2019; 12(3): 49–55. <https://elibrary.ru/ytcgwq>
7. Лукманова Г.К., Шиганбаева Н.Б., Сейсененова М.Б. Повышение конкурентоспособности продукции аграрного сектора в Республике Казахстан. *Статистика, учет и аудит*. 2019; (2): 145–149. <https://elibrary.ru/gkyzgb>
8. Утеулин В.Н., Жанибекова Г.К., Баймуратова Г.К., Курманалина А.А. Зерновой рынок и производство зерновой продукции в Республике Казахстан. *Статистика, учет и аудит*. 2020; (4): 214–217. <https://elibrary.ru/xlkkqz>
9. Шаймерденова Д.А., Чаканова Ж.М., Махамбетова А.А., Искакова Д.М., Есмамбетов А.А. Способы получения зерновых основ для продуктов питания. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019; 81(2): 230–238. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-230-238>
10. Батурина Н.А. Влияние добавок зернобобовых культур на потребительские свойства и пищевую ценность пшеничного хлеба. *Пищевая индустрия*. 2012; (4): 38–41.
11. Родионова Н.С., Щетилина И.П., Короткова К.Г., Шолин В.А., Черкасова Н.С., Торосян А.О. Перспективы применения зернобобовых в инновационных технологиях функциональных продуктов питания. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2020; 82(3): 153–163. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-153-163>
12. Невская Е.В., Тюрина И.А., Тюрина О.Е., Шулбаева М.Т., Потапова М.Н., Головачев Я.С. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания. *Техника и технология пищевых производств*. 2019; 49(4): 531–544. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>
13. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. Published online: 13 Apr 2022. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
14. Шелеметьева О.В., Сизова Н.В., Слепченко Г.Б. Определение содержания витаминов и биологически активных веществ в растительных экстрактах различными методами. *Химия растительного сырья*. 2009; (1): 113–116. <https://elibrary.ru/kzmwaz>
3. Satybaldin A.A., Temirova G.K., Zhunisbekova T.A. Food security of Kazakhstan: state and opportunities. *Economics: the strategy and practice*. 2020; 15(2): 11–20 (In Russian).
4. Ryspekova M.O., Duisenbekova A.A. Evaluation of the state of agriculture of the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2020; (11): 10–18. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2020-11102>
5. Stabrovskaja O.I., Romanov A.S., Korotkova O.G. THE Multicomponent mixes for production of bread. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2009; (2): 30–33 (In Russian). <https://elibrary.ru/jwdvan>
6. Gaponova L.V., Polezhaeva T.A., Matveeva G.A. The use of bean, cereal and nut raw materials in the technology of dietary products for allergic disease prevention and treatment. *Food industry: science and technology*. 2019; 12(3): 49–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytcgwq>
7. Lukhmanova G.K., Shiganbayeva N.B., Seisekenova M.B. Improving the competitiveness of the agricultural sector in the Republic of Kazakhstan. *Statistics, accounting and audit*. 2019; (2): 145–149 (In Russian). <https://elibrary.ru/gkyzgb>
8. Uteulin V.N., Zhanibekova G.K., Baymuratova G.K., Kurmanalina A.A. Grain market and production of grain products in the Republic of Kazakhstan. *Statistics, accounting and audit*. 2020; (4): 214–217 (In Russian). <https://elibrary.ru/xlkkqz>
9. Shaimerdenova D.A., Chakanova J.M., Mahambetova A.A., Iskakova D.M., Yesmambetov A.A. Methods for obtaining grain bases for food. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019; 81(2): 230–238 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-230-238>
10. Baturina N.A. Influence of additives of leguminous crops on consumer properties and nutritional value of wheat bread. *Food industry*. 2012; (4): 38–41 (In Russian).
11. Rodionova N.S., Shchetilina I.P., Korotkova K.G., Cholin V.A., Cherkasova N.S., Torosyan A.O. Prospects for the use of pulses in innovative technologies for functional food products. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2020; 82(3): 153–163 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-3-153-163>
12. Nevskaya E.V., Tyurina I.A., Tyurina O.E., Shulbaeva M.T., Potapova M.N., Golovachev Ya.S. Healthy Bakery Composite Mixes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019; 49(4): 531–544 (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>
13. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. Published online: 13 Apr 2022. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
14. Shelement'eva O.V., Sizova N.V., Sleptchenko G.V. Determination of vitamins and biologically active substances in plant extracts by various methods. *Chemistry of plant raw material*. 2009; (1): 113–116 (In Russian). <https://elibrary.ru/kzmwaz>

ОБ АВТОРАХ

Айнаш Жубайхановна Рустемова,
магистр технических наук, старший преподаватель,
Казахский национальный аграрный исследовательский
университет,
пр-т Абая, 8, Алматы, 050010, Казахстан
aist_2707@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4503-9702>

Максим Борисович Ребезов

• доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник,
Федеральный научный центр пищевых систем
им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия;
• доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры
биотехнологии и пищевых продуктов,
Уральский государственный аграрный университет,
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

ABOUT THE AUTHORS

Ainash Zhubaikhanovna Rustemova,
Master of Technical Sciences, Senior Lecturer,
Kazakh National Agrarian Research University,
8 Abai Ave., Almaty, 050010, Kazakhstan
aist_2707@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4503-9702>

Maksim Borisovich Rebezov

• Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Chief Researcher,
V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems
of the Russian Academy of Sciences,
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russian Federation;
• Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department
of Biotechnology and Food Products,
Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

УДК 543.865.867

Научный обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150

Е. С. Орлова¹,
С. А. Аль-Сухайми^{1, 2} ✉,
М. Б. Ребезов^{3, 4}

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Город научных исследований и прикладных технологий (SRTA-City), Александрия, Египет

³ Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

⁴ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ alsukhaimisa@susu.ru

Поступила в редакцию:
05.05.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
26.07.2023

Review article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150

Ekaterina S. Orlova¹,
Sobhy A. El-Sohaimy^{1, 2} ✉,
Maksim B. Rebezov^{3, 4}

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² City of Scientific Research and Technology Applications (CSRTA-City), Alexandria, Egypt

³ V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ alsukhaimisa@susu.ru

Received by the editorial office:
05.05.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
26.07.2023

Оценка антиоксидантной и антимикробной активности растительных биоактивных соединений в качестве натуральных консервантов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Натуральные консерванты, такие как соль или сахар, могут нанести вред здоровью человека, если употреблять их в избытке. В искусственных консервантах часто используются синтетические химические вещества, которые FDA считает безопасными. Более серьезная проблема со здоровьем, связанная с искусственными консервантами, заключается в том, что они часто содержатся в нездоровых, обработанных пищевых продуктах.

Методы. В работе применялся монографический метод, а также методы анализа, систематизации, сравнения, обобщения. Поиск источников данных осуществлялся в научных электронных библиотеках и поисковых системах eLIBRARY.ru, Science Direct, Scopus, порталах ResearchGate и Cyberleninka.

Результаты. Экстракт яблочной кожуры показал высокую антиоксидантную активность и эффективно замедлил окисление липидов. При концентрации 50 мкг/мл активность по удалению ОН составляла 57%. Антибактериальная активность семян облепихи — 200–350 мкг/мл, выраженная в минимальной ингибиторной концентрации против различных грамположительных и грамотрицательных бактерий, антиокислительная активность — 40,379–93,473, выраженная в процентах.

Антиоксидантные фенольные соединения, присутствующие в семенах и кожуре (жмыхе) винограда, составляют 60–70% от общего количества полифенолов в винограде.

Суммарная антиоксидантная активность для листьев черной смородины составила $44,51 \pm 1,72\%$.

Подытожив сравнение антиоксидантной активности выбранных источников, можно сделать вывод, что источником, проявившим наибольшую антиоксидантную активность, является жмых винограда. Однако, если обратить внимание на климатический фактор, в условиях Российской Федерации наиболее целесообразно использование кожуры яблок с антиоксидантной активностью 57% ввиду изобилия данного продукта и простоте его выращивания.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, антимикробная активность, биологически активные соединения растительного происхождения, натуральные консерванты, пищевая промышленность

Для цитирования: Орлова Е. С., Аль-Сухайми С. А., Ребезов М. Б. Оценка антиоксидантной и антимикробной активности растительных биоактивных соединений в качестве натуральных консервантов. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>

© Орлова Е. С., Аль-Сухайми С. А. Ребезов М. Б.

Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of plant bioactive compounds as natural preservatives

ABSTRACT

Relevance. Natural preservatives such as salt or sugar can be harmful to human health if consumed in excess. Artificial preservatives often use synthetic chemicals that are considered safe by the FDA. A more serious health problem associated with artificial preservatives is that they are often found in unhealthy, processed foods.

Methods. The monographic method was used in the work, as well as methods of analysis, systematization, comparison, generalization. The search for data sources was carried out in scientific electronic libraries and search engines eLIBRARY.ru, Science Direct, Scopus, ResearchGate and Cyberleninka portals.

Results. Apple peel extract showed high antioxidant activity and effectively slowed down lipid oxidation. At a concentration of 50 micrograms/ml, the OH removal activity was 57%. The antibacterial activity of sea buckthorn seeds is 200–350 mcg/ml, expressed in a minimum inhibitory concentration against various gram-positive and gram-negative bacteria, the antioxidant activity is 40,379–93,473, expressed as a percentage.

Antioxidant phenolic compounds present in the seeds and skins (meal) of grapes account for 60–70% of the total polyphenols in grapes.

Total antioxidant activity for black currant leaves. was $44.51 \pm 1.72\%$.

Summing up the comparison of the antioxidant activity of the selected sources, we can conclude that the source that showed the highest antioxidant activity is grape cake. However, if we pay attention to the climatic factor, in the conditions of the Russian Federation it is most expedient to use the peel of apples with an antioxidant activity of 57%, in view of the abundance of this product and the ease of its cultivation

Key words: antioxidant activity, antimicrobial activity, biologically active compounds of plant origin, natural preservatives, food industry

For citation: Orlova E. S., El-Sohaimy S. A., Rebezov M. B. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of plant bioactive compounds as natural preservatives. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 143–150 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>

© Orlova E. S., El-Sohaimy S. A., Rebezov M. B.

Введение/Introduction

Современное направление исследований ученых посвящено изучению хранимостпособности продуктов питания без значительных потерь биологической ценности пищевой продукции с использованием потенциала биологически активных веществ¹ без применения консервантов [1–4].

Применение консервантов в пищевой промышленности преследует сразу несколько целей. Самая очевидная — продление срока годности. Консерванты применяются для предотвращения образования плесени и других вредных веществ и регулирования кислотности и других показателей, делающих более приятными вкус, аромат и цвет продукта. Это основные задачи применения консервантов в пищевой промышленности. Бывают более узкие, связанные со спецификой конкретного продукта, например колбасных изделий или рыбных консервов.

Естественные методы консервирования продуктов включают замораживание, ферментацию, маринование, вяление и консервирование. Многие из этих методов включают добавление достаточно большого количества сахара или пищевой соли, что помогает сохранить продукты, но также связано с ухудшением физиологического состояния человека в связи с чрезмерным употреблением этих ингредиентов в составе продукции [5].

Натуральные консерванты являются безопасными для использования. Их обычно получают растительным, животным и микробным способами происхождения.

Искусственные консерванты обычно используют различные химические вещества, чтобы предотвратить порчу упакованных и свежих продуктов. Эти консерванты считаются безопасными в тех количествах, в которых они используются в настоящее время. Более серьезная проблема заключается в том, что они часто ассоциируются с обработанными, предварительно упакованными продуктами, которые, как правило, менее полезны, чем «цельные», минимально обработанные продукты [5].

Ограниченный срок хранения свежих продуктов привел к продолжающемуся давлению (на производителей пищевой продукции со стороны торговых организаций) на использование искусственных консервантов. В итоге всё чаще слышим о необходимости использования искусственных консервантов для предотвращения порчи продуктов вследствие окисления липидов [6].

Есть большой ассортимент консервантов. Например, одним из распространенных является сорбат калия. Когда он растворяется в воде, соединение ионизируется с образованием сорбиновой кислоты, которая полезна для предотвращения роста плесени и дрожжей. Это распространено в выпечке, фруктовых продуктах, сыре, заправках для салатов и майонезе. Сорбат калия считается в целом безопасным, согласно FDA².

Или, к примеру, другой консервант — БНА/БНТ (бутилированный гидроксианизол и бутилированный гидрокситолуол). Он предотвращает порчу жиров и масел и используется в таких продуктах, как маргарин. Согласно списку «подходящих ингредиентов» Министерства сельского хозяйства США, безопасен для ис-

пользования в качестве консерванта в мясе, если оно составляет менее 0,2%, исходя из содержания жира в пищевом продукте [6].

Гипоплазия нижней челюсти является наиболее распространенной деформацией кальварии и деформацией позвоночника. Сколиоз и дефекты нервной трубки — два примера этого.

В одном исследовании утверждалось, что ежедневное введение высоких доз бензоата натрия может привести к генотоксическим и тератогенным изменениям в неврологической системе [7].

Другие серьезные воздействия также включают факторы роста, клеточный цикл и экспрессию генов и необходимо учитывать тот факт, что он может вызывать деформацию во время родов. Пищевые добавки в целом должны быть переоценены по мере необходимости в свете новой информации, меняющихся ситуаций использования и свежей информации о научных данных [8].

Некоторые производные бензоата, такие как SB, по-видимому, являются поглотителями свободных радикалов у людей, тогда как другие механизмы, возможно, вызывающие эмбриональное кровоизлияние и нарушения тканей глаза после воздействия ПБ, могут быть результатом индукции потенциально вредных ситуаций АФК в эмбриональных тканях (таких, как глаз) и ингибировать экспрессию эмбриональных генов, таких как Pax-3 или альтернативные гены, необходимые для свертывания крови [8].

B. Leppert *et al.* [9] утверждают, что после всасывания в организме эти химические вещества циркулируют в крови и могут выводиться с мочой и грудным молоком, подвергая воздействию маленьких детей, которые могут быть очень восприимчивы к этим химическим веществам. Например, одна порция вяленой говядины (около 28 г) содержит 470 мг натрия — это 20% от максимального рекомендуемого количества (2300 мг) в день. Замороженные продукты питания, особенно некоторые замороженные готовые обеды, богаты натрием. Авторы утверждают, что замороженный ужин «Мари Каллендер» со стейком, картофелем и макаронами с сыром содержит 1190 мг натрия (более половины рекомендуемой максимальной нормы) [9].

Цель настоящего обзора — оценка антиоксидантной и антимикробной активности растительных биоактивных соединений в качестве натуральных консервантов.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В исследовании применялся монографический метод, а также методы анализа, систематизации, сравнения, обобщения.

Поиск источников данных осуществлялся в научных электронных библиотеках и поисковых системах eLIBRARY.ru, Science Direct, Scopus, порталах ResearchGate и Cyberleninka.

Объектом исследования является оценка антиоксидантной и антимикробной активности биохимических соединений пяти источников растительного сырья: жмыха винограда культурного, облепиха крушиновидная, кожура плодов яблони домашней, базилик душистый, черная смородина.

¹ Панфилов В.И. Разработка технологии получения импортозамещающих пищевых ингредиентов и белковых кормовых продуктов, обогащенных функциональными компонентами, на основе возобновляемого растительного сырья. НИР: грант № 19-19-13059. Российский научный фонд. 2019.
² <https://www.fda.gov/> Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных средств = U.S. Food and Drug Administration (штаб-квартира White Oak, Maryland, USA).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Общая характеристика растительных материалов (виноград культурный, облепиха крушиновидная, плоды яблони домашней, базилик душистый, черная смородина)

В соответствии с биологической систематикой вышеуказанные растения можно классифицировать следующим образом: все вышеперечисленные растения относятся к домену эукариотов, царству растений, отделу цветковых, классу двудольных.

Начиная с порядка (тансономистического ранга) появляются различия: к порядку камнеломкоцветных, семейству крыжовниковых, роду смородины относятся смородина черная и смородина красная (международное научное название — *Ribes rubrum*). Смородина черная представляет из себя кустарник высотой до 2–2,5 м. Ветви с темно-коричневой корой, молодые побеги голые или опушенные. Листья с 3–5 острыми лопастями, сверху голые, снизу слабоопушенные, с желтыми железками, как и стебли [10].

К порядку виноградоцветных, семейству виноградовых, роду виноград относится виноград культурный (международное научное название *Vitis vinifera*). Форма (открытость) и паутинистое опушение верхушки молодого побега у исследуемых популяций дикорастущего винограда — самые изменчивые морфологические признаки. Паутинистое опушение у данных растений Водопадной Щели варьирует от редкого до густого [11].

К порядку розоцветных, семейству лоховых, роду облепихи относится вид облепиха крушиновидная (международное научное название — *Hippophae rhamnoides*) [12].

К порядку розоцветных, семейству розовых, роду яблони относится яблоня домашняя (международное научное название — *Malus domestica*). Плодовое дерево высотой до 14 м. На молодых побегах присутствует войлочное опушение. Листья овальной, эллиптической или округлой формы с острой верхушкой, край листа — зубчатый. При обильном цветении завязываются и развиваются до зрелых плодов около 30% завязей, остальные осыпаются (неоплодотворенные завязи, а в июне — плоды) [13].

К порядку ясноткоцветных, семейству яснотковых, роду базилик относится базилик душистый (международное научное название — *Ocimum basilicum*). Центральный стебель прямостоячий, высота 60–120 см, у основания округлый, толщина 1,0–2,0 см, темно-коричневый, опушенный мелкими, светлыми, короткими, неветвящимися, многоклеточными волосками [14].

Фитохимические соединения растительного происхождения

Растения вырабатывают множество вторичных метаболитов в небольших количествах^{3,4}. Вторичные метаболиты действуют как аллелопатические агенты, которые способствуют росту и размножению других растений и помогают им противостоять неблагоприятным условиям [7]. Многие вторичные метаболиты используются в качестве ароматизаторов, смол, камеди, усилителей вкуса, инсектицидов и гербицидов [15]. Растения, такие как овощи, фрукты, специи, лекарственные травы, использовались для лечения многих болезней с древних времен. Растения, содержащие фитохимические соединения, дополняют потребности человеческого организма, действуя как природные ан-

Таблица 3. Содержание биологически активных веществ
Table 3. The content of biologically active substances

Наименование растения (плода)	Антоцианины	Флавонолы	Флаваны
Смородина черная	цианидин	дельфинидин	
Виноград культурный		кверцетин	цианидин
		рутин	пеонидин
		кемпферол	дельфинидин
		изорамнетин	
		таксифолин	мальвидин
		(дигидрокверцетин)	петунидин
Облепиха крушиновидная		кверцетин	флаван-3-олы (катехины)
		рутин	
		мирицетин	
		кемпферол	
		изорамнетин	
		гесперидин	
Кожура плодов яблони домашней		кверцетин	флаван-3-олы (катехины)
		рутин	
		кемпферол	
Базилик душистый			флаван-3-олы (катехины)

³ Ханды М.Т. Разработка технологии производства биомассы культур клеток и адвентивных корней вздутоплодника сибирского. Отчет о НИР № 18-74-00097. Российский научный фонд. 2018.

⁴ Дускаев Г.К. Исследование механизмов действия новых кормовых добавок и входящих в их состав биологически активных соединений, направленных на подавление плотно-зависимой коммуникации у бактерий пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных. Отчет о НИР № 22-16-00036. Российский научный фонд. 2022.

тиоксиданты⁵⁻⁸. Потребление фруктов и овощей имеет много преимуществ для здоровья, включая целебные свойства и высокую питательную ценность. Эти фитохимические соединения имеют огромное промышленное, коммерческое и медицинское применение, поэтому приобрели особое значение во многих странах [16–18].

В таблице 1 представлено содержание биологически активных веществ в исследуемых материалах (виноград культурный, облепиха крушиновидная, кожура плодов яблони домашней, базилик душистый, смородина черная).

Антиоксидантная активность фитохимических соединений

Антиоксидантные соединения используют для того, чтобы продлить срок годности продуктов питания^{9, 10}. Они предотвращают прогорклость и изменения цвета продукта при окислении. Фенольные соединения, витамины С и Е — это природные антиоксиданты. Именно они способны поглотить свободные радикалы. Нежелательный меланоз на поверхности свежесрезанных фруктов и овощей — распространенная проблема для розничной торговли продуктов питания [19–23].

Специи, мякоть цитрусовых, кожура, активные компоненты, такие как лигнаны, флавоноиды, полифенолы и терпеноиды, присутствуют в большинстве специй, обладая антиоксидантными свойствами. Эти вещества могут предотвращать или задерживать окисление липидов в продукции животного происхождения, в том числе гидробиионтах [19–23].

S. Bitalebi *et al.* [24] утверждают, что окисление липидов эффективно ингибировалось в фарше в течение 96 час. холодильного хранения, о чем свидетельствует значительно более низкое содержание пероксидов и химически активных веществ тиобарбитуровой кислоты (TBARS) по сравнению с контролем.

Яблочная кожура (побочный продукт переработки яблок) обладает разнообразными биологическими свойствами, что делает ее пригодной в качестве функционального ингредиента. Результаты показали, что экстракт яблочной кожуры обладает способностью улавливать DPPH, ABTS и OH в зависимости от концентрации. При концентрации 50 мкг/мл активность по удалению OH составляла 57%. Экстракт яблочной кожуры показал высокую антиоксидантную активность и эффективно замедлил окисление липидов в охлажденном фарше радужной форели. Он предотвращал окисление белка, о чем свидетельствуют более низкое образование карбонильных белков и более высокое содержание общей сульфгидрильной группы по сравнению с контролем. Эти результаты свидетельствуют о том, что экстракт яблочной кожуры можно рассматривать как потенциальный природный антиоксидант в охлажденном фарше радужной форели.

Чаухан Аттар Сингх и др. зарегистрировали патент «Способ получения антибактериальной и анти-

оксидантной фракции из семян облепихи (*hippophae rhamnoides*)¹¹. В нем описывался способ получения антибактериальной и антиоксидантной фракции из семян облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) Высушенный таким способом продукт обладал антибактериальной активностью 200–350, выраженной в минимальной ингибиторной концентрации (мкг/мл) против различных грамположительных и грамотрицательных бактерий, и антиокислительной активностью 40,379–93,473, выраженной в процентах.

Антиоксидантные свойства базилика душистого изучал Gian Carlo Tenore [25], который провел исследование «Антиоксидантные и антимикробные свойства традиционных зеленых и фиолетовых сортов базилика Наполетано (*Ocimum basilicum* L.) из региона Кампания (Италия)» [25]. Представленные результаты исследования показали, что образцы экстрактов базилика характеризовались в целом более высокой концентрацией полифенолов, чем те, о которых сообщалось в ранее опубликованных источниках информации. Базилик Наполетано пурпурный обладает более высокой способностью к поглощению радикалов и восстановлению железа, чем зеленый, вероятно, из-за соответствующего содержания в нем антоцианов. Что касается антимикробных свойств, оба сорта базилика проявляли активность в отношении широкого спектра пищевых микроорганизмов и патогенных микроорганизмов человека, проявляя не только среднюю или высокую природную консервирующую способность. Результаты показали, что базилик Наполетано зеленого и фиолетового цвета является хорошим источником антиоксидантов, представляющих потенциальный интерес для нутрицевтики [25].

Антиоксидантная и антимикробная активность экстракта виноградных косточек и виноградной кожицы была исследована индийскими учеными [26]. По полученным показателям антиоксидантной и антимикробной активности экстракт косточек выше, чем экстракт кожицы. В результате исследования авторы получили данные, что антиоксидантные фенольные соединения, присутствующие в семенах, составляют 60–70% от общего количества полифенолов в винограде [26].

Антиоксидантная активность, содержание фенольных соединений и флавоноидов (значения TPC, TFC и AA) водно-спиртовых экстрактов кожуры (кожицы) и косточек винограда представлены в таблице 2.

Черную смородину в качестве источника полифенольных антиоксидантов исследовали И.В. Михайлова и др. [27]. Объектами исследования явились высушенные листья многолетнего дикорастущего растения смородины черной (*Ribes Nigrum* L.). Величину антиоксидантной активности выражали в процентах ингибирования аутоокисления адреналина, значение более 10% свидетельствовало о наличии антиоксидантной активности, среднее значение составило $44,51 \pm 1,72\%$ [27].

⁵ Афонина С.Н., Лебедева Е.Н., Мачнева И.В. Биологически активные вещества растительного происхождения. Учебное пособие для студентов фармацевтического факультета / Оренбург. 2016.

⁶ Жукова А.Г., Горохова Л.Г., Сазонтова Т.Г. Химия биологически активных веществ: природные и синтетические антиоксиданты. Учебник. Москва. 2022.

⁷ Фаткуллин Р.И. Изучение механизмов и разработка технологии инкапсуляции биологически активных веществ методом комплексной коацервации. НИР: грант № 22-76-00059. Российский научный фонд. 2022.

⁸ Бучаченко А.Л. Разработка новых идей и методов в химии биоантиоксидантов как средства против окислительного стресса. Отчет о НИР № 20-13-00148. Российский научный фонд. 2022.

⁹ Костинова В.А. Возможности использования современных методов метаболического анализа в систематике и филогении растений и при поиске источников активных молекул с определенными терапевтическими свойствами. НИР: грант № 23-24-00310. Российский научный фонд. 2023.

¹⁰ Серба Е.М. Разработка научно обоснованной технологии специализированных продуктов быстрого приготовления, обогащенных антиоксидантами и пищевыми волокнами плодово-ягодного сырья. НИР: грант № 22-16-00100. Российский научный фонд. 2022.

¹¹ Chauhan *et al.* Process for preparing antibacterial and antioxidant fraction from Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) United States Patent. Patent No. US 6,946,154 B2.

Таблица 2. Антиоксидантная активность, содержание фенольных соединений и флавоноидов водно-спиртовых экстрактов кожуры и косточек винограда
Table 2. Antioxidant activity, content of phenolic compounds and flavonoids of aqueous-alcoholic extracts of grape skin and seeds

Сорт винограда	Тип виноградики	Общее содержание фенольных соединений, мг АЕ / г		Общее содержание флавоноидов мг кверцетина / г		Антиоксидантная активность, мг аскорбиновой кислоты / г	
		кожица	семена	кожица	семена	кожица	семена
Мерло	Органический	55.69 ± 3.18 ^{AB}	146.80 ± 6.53 ^b	43.94 ± 3.84	172.19 ± 9.67	21.22 ± 1.39 ^a	355.77 ± 9.57
	Общепринятый	15.82 ± 0.50 ^{AB}	47.38 ± 0.90 ^b	51.89 ± 3.44	120.69 ± 8.53	24.22 ± 1.92 ^a	143.2 ± 7.04
Фетяска Нягра	Органический	71.98 ± 4.04 ^{AB}	150.92 ± 4.87 ^b	87.72 ± 5.95	158.36 ± 11.10	23.99 ± 2.16 ^a	286.58 ± 10.47
	Общепринятый	22.17 ± 0.58 ^{AB}	64.48 ± 1.36 ^b	47.02 ± 2.87	122.14 ± 7.18	23.82 ± 2.62 ^a	157.07 ± 9.31
Пино Нуар	Органический	47.04 ± 1.87 ^{AB}	169.53 ± 7.32 ^b	26.28 ± 1.46	388.25 ± 10.72	15.98 ± 1.53 ^a	312.84 ± 12.81
	Общепринятый	20.64 ± 1.53 ^{AB}	77.05 ± 2.76 ^b	15.79 ± 1.51	135.13 ± 5.68	19.36 ± 1.99 ^a	209.59 ± 11.38
Маскат Гамбург	Органический	20.41 ± 1.26 ^{AB}	52.78 ± 1.90 ^b	49.23 ± 3.07	123.58 ± 8.66	26.55 ± 2.35 ^a	135.77 ± 8.14
	Общепринятый	19.94 ± 1.73 ^{AB}	73.53 ± 1.37 ^b	43.41 ± 3.63	131.76 ± 6.70	26.32 ± 2.09 ^a	164.5 ± 6.45

Антимикробная активность фитохимических соединений

Флавоноиды, в основном присутствующие в виде гликозидов, являются основными биологически активными соединениями с наивысшей антиоксидантной активностью в силу их химической структуры¹². В рамках анализа химического состава также было подсчитано общее количество конденсированных танинов и галлотанинов в экстрактах. Концентрация конденсированных танинов составила 7,43 мг ГА г-1 в ягоде и 1,71 мг ГА г-1 в листьях, в то время как измеренная концентрация галлотанинов — 3,62 мг ГА г-1 в ягоде и 1,25 мг ГА г-1 в листьях. Результаты исследований показали, что экстракты ягод обладают более высоким содержанием антиоксидантной активности (11,4 мг АА г-1) по сравнению с экстрактами листьев (1,96 мг АА г-1), что коррелирует с более высокими концентрациями общих фенольных соединений, общих флавоноидов, конденсированных галлотанинов в ягодных экстрактах. Полученные результаты согласуются с выводами, которые сообщили о высокой антиоксидантной активности плодов черной смородины, обнаружили более высокое содержание фенольных соединений и антиоксидантов в листьях, чем в ягодах [16, 17, 20, 27]. Результаты указывают на потенциальное использование ягод и листьев черной смородины в качестве продуктов, богатых полифенолами.

Результаты исследования Husam Qanash *et al.* [21] предполагают потенциальное использование экстракта плодов яблока Кей в качестве антимикробного агента узкого спектра действия для грамотрицательных бактерий, хотя необходимы больше бактерий и дальнейшая оценка риска. Умеренный антибактериальный потенциал в отношении *S. aureus*, *Streptococcus faecalis*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Streptococcus pyogenes* был зарегистрирован *in vitro* [21].

В исследовании Hafiz Rehan Nadeem [22] было зарегистрировано, что этаноловые экстракты листьев *O. basilicum* обладают большим сродством к экстракции общего содержания фенольных (191,2 мг GAE / г), значительно больше, чем в дихлорметановых (86,6 мг GAE / г) и водных (70,7 мг GAE / г) экстрактах. Напротив, н-гексановые экстракты листьев *O. basilicum* демонстрировали самый низкий потенциал общего содержания фенольных веществ при 29,7 мг GAE / г [22].

Применение натуральных консервантов в продуктах питания

В последние десятилетия растущий спрос на натуральные пищевые консерванты побудил к исследованиям их использования для консервирования скоропортящихся продуктов [23].

Антимикробная активность соединений растительного происхождения в основном зависит от типа микроорганизма, размера инокулята, питательной среды, метода экстракции и метода определения антимикробной активности^{13, 14}. Растительные соединения, такие как полифенолы, терпены и алкалоиды, производятся из природных источников. Флавоноиды, хиноны, кумарины, фенольные кислоты, дубильные вещества, фенолы, флавоны и флавонолы являются химическими веществами подгруппы, важными для ингибирования микробной активности [24–32].

Польза для здоровья потребителей при употреблении продуктов с натуральным консервантом в составе

Распространено мнение, что соединения из природных источников безопасны даже в высоких дозах. Таким образом, в научной литературе имеются ограниченные данные относительно токсичности натуральных растительных экстрактов.^{15, 16} Кроме того, аспекты безопасности при длительном потреблении высоких доз

¹² Насухова А.М. Результаты фитохимического изучения травы череды поникшей. Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. Сборник научных трудов. Пятигорск. 2018; 105–109.

¹³ Зуев Н.П., Евдокимов В.В., Крюков А.Н., Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Лободяников А.Н., Шахов С.В., Девальд Е.Н., Аристов А.В., Семенов С.Н., Мармурова О.М., Лощенко А.В., Зуев С.Н., Попова О.В., Ломазов В.А., Мельникова Н.В., Родин И.А., Фурманов И.Л., Шумский В.А., Ломазова В.И. и др. Физиолого-биохимические основы применения растений для получения продуктов питания человека и кормов для животных. Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина. Белгород; Воронеж. 2022.

¹⁴ Яковченко Н.В. Применение биопотенциала адаптогенных БАВ из растительного сырья для создания новых функциональных продуктов питания с пробиотическим эффектом для активного долголетия и здоровья. НИР: грант № 22-26-00288. Российский научный фонд. 2022.

¹⁵ Евсюкова А.О., Семипятный В.К., Галстян А.Г., Пряничникова Н.С. Программа для проектирования состава поликомпонентных продуктов в соответствии с нормами физиологических потребностей различных групп населения. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022613909, 15.03.2022. Заявка № 2022613174 от 09.03.2022.

¹⁶ Ковалева Е.Г. Новые функциональные продукты питания с биологически активными веществами из побочных продуктов пищевой промышленности и растительного сырья для превентивной медицины, здоровья и долголетия. Отчет о НИР № 20-66-47017. Российский научный фонд. 2022.

полифенолов в качестве пищевых добавок или пищевых добавок четко неизвестны у людей и нуждаются в тщательном исследовании¹⁷. Многочисленные исследования на животных подтвердили благотворную роль полифенолов. Таким образом, оценка безопасных уровней полифенолов и других природных соединений для использования в качестве пищевых консервантов имеет решающее значение для определения потенциальной цитотоксичности. Результаты показали отсутствие острой и субхронической токсичности экстрактов виноградных косточек, богатых проантоцианами. Кроме того, лечение людей с предгипертонической болезнью GSPE (*Grape seed proanthocyanidin extract*) 300 мг/день показало значительное снижение артериального давления без каких-либо наблюдаемых побочных эффектов. Эти данные свидетельствуют о безопасности и переносимости GSPE для лечения у людей [30–33].

Выводы/Conclusion

Экстракт яблочной кожуры показал высокую антиоксидантную активность и эффективно замедлил окисление липидов. При концентрации 50 мкг/мл активность по удалению ОН составляла 57%.

Антибактериальная активность семян облепихи 200–350 мкг/мл, выраженная в минимальной ингибиторной концентрации против различных грамположительных и грамотрицательных бактерий, и антиокислительная активность 40,379–93,473, выраженная в процентах.

Антиоксидантные фенольные соединения, присутствующие в семенах и кожуре (жмыхе) винограда, со-

ставляют 60–70% от общего количества полифенолов в винограде.

Суммарная антиоксидантная активность для листьев черной смородины составила 44,5%.

Подытожив сравнение антиоксидантной активности выбранных нами перспективных образцов растительного сырья, можно сделать вывод, что источником, проявившим наибольшую антиоксидантную активность, является жмых винограда. Однако, если обратить внимание на климатический фактор, в условиях Российской Федерации наиболее целесообразно использование кожуры плодов яблонь с антиоксидантной активностью до 57% ввиду достаточности данного продукта в промышленных масштабах.

Однако для транспортировки и хранения могут потребоваться более значительные концентрации натуральных консервантов, чем те, которые используются в лабораторных средах. Разработка оптимальной комбинации низких доз противомикробных препаратов, которые могут поддерживать безопасность продукта и продлевать срок годности, сводя к минимуму нежелательные вкусовые и органолептические изменения, связанные с добавлением высоких концентраций природных противомикробных препаратов, является сложной задачей для практического применения природных противомикробных препаратов. Хотя исследования консервантов всё еще продолжаются, предварительные результаты показывают: чем больше натуральных консервантов, тем меньше вероятность того, что продукт вызовет аллергические реакции.

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

Данное исследование финансируется 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

This research is funded within the framework of the regional competition of the Russian Science Foundation in 2021 «Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by individual scientific groups» (agreement No. 22-16-20007 of 03.25.2022).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Abd El-Aziz N.M. *et al.* Characterization of Orange Peel Extract and Its Potential Protective Effect against Aluminum Chloride-Induced Alzheimer's Disease. *Pharmaceuticals*. 2022; 16(1): 12. <https://doi.org/10.3390/ph16010012>
2. Mansour H.M.M., El-Sohaimy S.A., Zeitoun A.M., Abdo E.M. Effect of Natural Antioxidants from Fruit Leaves on the Oxidative Stability of Soybean Oil during Accelerated Storage. *Antioxidants*. 2022; 11(9): 1691. <https://doi.org/10.3390/antiox11091691>
3. Rebezov M. *et al.* Novel techniques for microbiological safety in meat and fish industries. *Applied Sciences*. 2022; 12(1): 319. <https://doi.org/10.3390/app12010319>
4. Dwi Anggono A. *et al.* Fruit preservation packaging technology based on air adjustment packaging method. *Food Science and Technology*. 2022; 42: e29221. <https://doi.org/10.1590/fst.29221>
5. Silva M.M., Lidon F. Food preservatives — An overview on applications and side effects. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2016; 28(6): 366–373. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-04-351>
6. Sambu S., Hemaram U., Murugan R., Alsofi A.A. Toxicological and Teratogenic Effect of Various Food Additives: An Updated Review. *BioMed Research International*. 2022; 2022: 6829409. <https://doi.org/10.1155/2022/6829409>
7. Kreindler J.J., Slutsky J., Haddad Z.H. The effect of food colors and sodium benzoate on rat peritoneal mast cells. *Annals of Allergy*. 1980; 44(2): 76–81.

REFERENCES

1. Abd El-Aziz N.M. *et al.* Characterization of Orange Peel Extract and Its Potential Protective Effect against Aluminum Chloride-Induced Alzheimer's Disease. *Pharmaceuticals*. 2022; 16(1): 12. <https://doi.org/10.3390/ph16010012>
2. Mansour H.M.M., El-Sohaimy S.A., Zeitoun A.M., Abdo E.M. Effect of Natural Antioxidants from Fruit Leaves on the Oxidative Stability of Soybean Oil during Accelerated Storage. *Antioxidants*. 2022; 11(9): 1691. <https://doi.org/10.3390/antiox11091691>
3. Rebezov M. *et al.* Novel techniques for microbiological safety in meat and fish industries. *Applied Sciences*. 2022; 12(1): 319. <https://doi.org/10.3390/app12010319>
4. Dwi Anggono A. *et al.* Fruit preservation packaging technology based on air adjustment packaging method. *Food Science and Technology*. 2022; 42: e29221. <https://doi.org/10.1590/fst.29221>
5. Silva M.M., Lidon F. Food preservatives — An overview on applications and side effects. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2016; 28(6): 366–373. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-04-351>
6. Sambu S., Hemaram U., Murugan R., Alsofi A.A. Toxicological and Teratogenic Effect of Various Food Additives: An Updated Review. *BioMed Research International*. 2022; 2022: 6829409. <https://doi.org/10.1155/2022/6829409>
7. Kreindler J.J., Slutsky J., Haddad Z.H. The effect of food colors and sodium benzoate on rat peritoneal mast cells. *Annals of Allergy*. 1980; 44(2): 76–81.

¹⁷ Тараховский Ю.С. и др. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пуццино: Synchrobook. 2013; 310.

8. Агафонова С.В., Байдалинова Л.С. Антиоксидантная активность CO₂-экстрактов некоторых растений и перспективы их использования в технологии пищевых рыбных жиров. *Вестник Международной академии холода*. 2015; (2): 13–17. <https://www.elibrary.ru/tvrhsh>
9. Leppert B. *et al.* Maternal paraben exposure triggers childhood overweight development. *Nature Communications*. 2020; 11: 561. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14202-1>
10. Зорина О.В. Будущее официальной фитотерапии и фитотерапии в России. *Провизор*. 2010; (6): 27–30.
11. Горбунов И.В., Лукьянов А.А., Быхалова О.Н. Морфологические особенности кубанских дикорастущих форм винограда. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2020; (5): 70–82. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-70-82>
12. Слонов Л.Х., Слонов Т.Л., Паритов А.Ю., Козьминов С.Г., Гогузов Т.Х. Интродукция и морфобиологические особенности облепихи. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2010; 12(1–3): 808–811. <https://www.elibrary.ru/ndxvhr>
13. Иванова Е.В., Сорокопудов В.Н. Морфологические особенности видов рода *Malus* (L.) Mill. при интродукции в условиях Белгородской области. *Современные проблемы науки и образования*. 2014; (3): 630. <https://www.elibrary.ru/syzsxv>
14. Ильченко Г.Н., Березкин Н.Г. Ботанические и морфологические особенности эвгенолсодержащих видов базилика (*Ocimum* L.). *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки*. 2013; (2): 53–62. <https://www.elibrary.ru/rtryik>
15. Gunjal A. Phytochemical Compounds, their Assays and Detection Methods — A Review. *Vigyan Varta*. 2020; 1(3): 61–71.
16. Петрова С.Н., Кантан А.Д., Яргунова Ю.В. Получение и свойства густых экстрактов листьев черной смородины. *Химия растительного сырья*. 2018; (2): 169–174. <https://doi.org/10.14258/JCPRM.2018021937>
17. Петрова С.Н., Кузнецова А.А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes Nigrum* (обзор). *Химия растительного сырья*. 2014; (4): 43–50. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20144221>
18. Лудан В.В., Польская Л.В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма. *Таврический медико-биологический вестник*. 2019; 22(3): 86–92. <https://www.elibrary.ru/qviyxn>
19. Патудин А.В., Терешина Н.С., Мищенко В.С., Ильченко Л.И. Биологически активные вещества гомеопатического лекарственного сырья. Монография. М.: Знак. 2009; 588.
20. Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J.-O., Dommes J. Antioxidant Capacity of Black Currant Varies with Organ, Season, and Cultivar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; 54(17): 6271–6276. <https://doi.org/10.1021/jf061112y>
21. Qanash H. *et al.* Anticancer, antioxidant, antiviral and antimicrobial activities of Kei Apple (*Dovyalis caffra*) fruit. *Scientific Reports*. 2022; 12: 5914. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09993-1>
22. Nadeem H.R. *et al.* Toxicity, Antioxidant Activity, and Phytochemicals of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves Cultivated in Southern Punjab, Pakistan. *Foods*. 2022; 11(9): 1239. <https://doi.org/10.3390/foods11091239>
23. Cottaz A., Bouarab L., De Clercq J., Oulahal N., Degraeve P., Joly C. Potential of Incorporation of Antimicrobial Plant Phenolics Into Polyolefin-Based Food Contact Materials to Produce Active Packaging by Melt-Blending: Proof of Concept With Isobutyl-4-Hydroxybenzoate. *Frontiers in Chemistry*. 2019; 7: 148. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00148>
24. Bitalebi S., Nikoo M., Rahmanifarah K., Noori F., Gavilighi H.A. Effect of apple peel extract as natural antioxidant on lipid and protein oxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) mince. *International Aquatic Research*. 2019; 11(2): 135–146. <http://doi.org/10.1007/s40071-019-0224-y>
25. Tenore G.C., Campiglia P., Ciampaglia R., Izzo L., Novellino E. Antioxidant and antimicrobial properties of traditional green and purple “Napoletano” basil cultivars (*Ocimum basilicum* L.) from Campania region (Italy). *Natural Product Research*. 2017; 31(17): 2067–2071. <http://doi.org/10.1080/14786419.2016.1269103>
26. Sumathy V.J.H. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Grape Seed Extract. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Research*. 2016; 4(5): 287–292.
27. Михайлова И.В., Филиппова Ю.В., Кузьмичева Н.А., Винокурова Н.В., Иванова Е.В., Воронкова И.П. Смородина черная как перспективный источник полифенольных антиоксидантов. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021; (7-2): 28–32. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.109.7.038>
28. Muthukrishnan S. *et al.* Bioactive Components and Health Potential of Endophytic Micro-Fungal Diversity in Medicinal Plants. *Antibiotics*. 2022; 11(11): 1533. <http://doi.org/10.3390/antibiotics11111533>
29. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. <http://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
8. Agafonova S.V., Bajdalinova L.S. Antioxidant activity of CO₂-extracts of some plants and prospect of their use in technology of food fish oils. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2015; (2): 13–17 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/tvrhsh>
9. Leppert B. *et al.* Maternal paraben exposure triggers childhood overweight development. *Nature Communications*. 2020; 11: 561. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14202-1>
10. Zorina O.V. The future of official phytotherapy and phytopharmacology in Russia. *Provizor*. 2010; (6): 27–30 (In Russian).
11. Gorbunov I.V., Lukyanov A.A., Bykhalova O.N. Morphological peculiarities of the Kuban wild-growing forms of grapes. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2020; (5): 70–82 (In Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-70-82>
12. Slonov L.H., Slonov T.L., Paritov A.Yu., Kozminov S.G., Goguzokov T.H. Plant introduction and morphophysiological features of sea-buckthorn berries. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2010; 12(1–3): 808–811 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ndxvhr>
13. Ivanova E.V., Sorokopudov V.N. Morphological features of types of sort *Malus* (L.) Mill. at introduction in conditions of the Belgorod area. *Modern problems of science and education*. 2014; (3): 630 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/syzsxv>
14. Ilchenko G.N., Berezkin N.G. Botanical and morphological features of the eugenol-containing species of basil (*Ocimum* L.). *The Bulletin of the Adyghe State University, the series "Natural-Mathematical and Technical Sciences"*. 2013; (2): 53–62 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/rtryik>
15. Gunjal A. Phytochemical Compounds, their Assays and Detection Methods — A Review. *Vigyan Varta*. 2020; 1(3): 61–71.
16. Petrova S.N., Kantan A.D., Yargunova Yu.V. Production and properties of dry extracts of black currant leaves. *Chemistry of Plant Raw Material*. 2018; (2): 169–174 (In Russian). <https://doi.org/10.14258/JCPRM.2018021937>
17. Petrova S.N., Kuznetsova A.A. Composition of fruits and leaves of black currant *Ribes Nigrum* (review). *Chemistry of Plant Raw Material*. 2014; (4): 43–50 (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20144221>
18. Ludan V.V., Polskaya L.V. The role of antioxidants in the vital activity. *Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2019; 22(3): 86–92 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qviyxn>
19. Patudin A.V., Tereshina N.S., Mishchenko V.S., Ilyenko L.I. Biologically active substances of homeopathic medicinal raw materials. Monograph. Moscow: Znack. 2009; 588 (In Russian).
20. Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J.-O., Dommes J. Antioxidant Capacity of Black Currant Varies with Organ, Season, and Cultivar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006; 54(17): 6271–6276. <https://doi.org/10.1021/jf061112y>
21. Qanash H. *et al.* Anticancer, antioxidant, antiviral and antimicrobial activities of Kei Apple (*Dovyalis caffra*) fruit. *Scientific Reports*. 2022; 12: 5914. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09993-1>
22. Nadeem H.R. *et al.* Toxicity, Antioxidant Activity, and Phytochemicals of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Leaves Cultivated in Southern Punjab, Pakistan. *Foods*. 2022; 11(9): 1239. <https://doi.org/10.3390/foods11091239>
23. Cottaz A., Bouarab L., De Clercq J., Oulahal N., Degraeve P., Joly C. Potential of Incorporation of Antimicrobial Plant Phenolics Into Polyolefin-Based Food Contact Materials to Produce Active Packaging by Melt-Blending: Proof of Concept With Isobutyl-4-Hydroxybenzoate. *Frontiers in Chemistry*. 2019; 7: 148. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00148>
24. Bitalebi S., Nikoo M., Rahmanifarah K., Noori F., Gavilighi H.A. Effect of apple peel extract as natural antioxidant on lipid and protein oxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) mince. *International Aquatic Research*. 2019; 11(2): 135–146. <http://doi.org/10.1007/s40071-019-0224-y>
25. Tenore G.C., Campiglia P., Ciampaglia R., Izzo L., Novellino E. Antioxidant and antimicrobial properties of traditional green and purple “Napoletano” basil cultivars (*Ocimum basilicum* L.) from Campania region (Italy). *Natural Product Research*. 2017; 31(17): 2067–2071. <http://doi.org/10.1080/14786419.2016.1269103>
26. Sumathy V.J.H. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Grape Seed Extract. *International Journal of Medicine and Pharmaceutical Research*. 2016; 4(5): 287–292.
27. Mikhailova I.V., Filippova Yu.V., Kuzmicheva N.A., Vinokurova N.V., Ivanova E.V., Voronkova I.P. Black currant as a prospective source of polyphenol antioxidants. *International Research Journal*. 2021; (7-2): 28–32 (In Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.109.7.038>
28. Muthukrishnan S. *et al.* Bioactive Components and Health Potential of Endophytic Micro-Fungal Diversity in Medicinal Plants. *Antibiotics*. 2022; 11(11): 1533. <http://doi.org/10.3390/antibiotics11111533>
29. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2022. <http://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>

30. Lahiri D. *et al.* Immobilized enzymes as potent antibiofilm agent. *Biotechnology Progress*. 2022; 38(5): e3281. <http://doi.org/10.1002/btpr.3281>
31. Khan A. *et al.* Anti-anxiety Properties of Selected Medicinal Plants. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2022; 23(8): 1041–1060. <http://doi.org/10.2174/1389201022666210122125131>
32. Bampidis V. *et al.* Safety and efficacy of a feed additive consisting of acetic acid for all animal species. *EFSA Journal*. 2021; 19(6): e06615. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6615>
33. Mera I.F.G., Falconi D.E.G., Córdova V.M. Secondary metabolites in plants: main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Bionatura*. 2020; 4(4): 1000–1009. <https://doi.org/10.21931/RB/2019.04.04.11>

ОБ АВТОРАХ

Екатерина Сергеевна Орлова,

аспирант,
Южно-Уральский государственный университет,
пр-т Ленина, д. 76, Челябинск, 454080, Россия
ekaterinaorlova96@inbox.ru

Собхи Ахмед Азоб Аль-Сухайми,

• PhD, профессор кафедры технологии и организации общественного питания,
Южно-Уральский государственный университет,
пр-т Ленина, д. 76, Челябинск, 454080, Россия;
• PhD, профессор,
Город научных исследований и технологических приложений,
Нью-Борг-Эль-Араб, Александрия, 21934, Египет
alsukhaimisa@susu.ru
selsohaimy@srtacity.sci.eg
<https://orcid.org/0000-0002-1657-5162>

Максим Борисович Ребезов,

• доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник,
Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия;
• доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов,
Уральский государственный аграрный университет,
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

30. Lahiri D. *et al.* Immobilized enzymes as potent antibiofilm agent. *Biotechnology Progress*. 2022; 38(5): e3281. <http://doi.org/10.1002/btpr.3281>
31. Khan A. *et al.* Anti-anxiety Properties of Selected Medicinal Plants. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2022; 23(8): 1041–1060. <http://doi.org/10.2174/1389201022666210122125131>
32. Bampidis V. *et al.* Safety and efficacy of a feed additive consisting of acetic acid for all animal species. *EFSA Journal*. 2021; 19(6): e06615. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6615>
33. Mera I.F.G., Falconi D.E.G., Córdova V.M. Secondary metabolites in plants: main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities. *Bionatura*. 2020; 4(4): 1000–1009. <https://doi.org/10.21931/RB/2019.04.04.11>

ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Sergeevna Orlova,

Postgraduate Student,
South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia
ekaterinaorlova96@inbox.ru

Sobhy Ahmed Azab El-Sohaimy,

• PhD, Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering,
South Ural State University,
76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080 Russia;
• PhD, Professor,
City of Scientific Research and Technological Applications,
New Borg El Arab, Alexandria Governorate, 21934, Egypt
alsukhaimisa@susu.ru
selsohaimy@srtacity.sci.eg
<https://orcid.org/0000-0002-1657-5162>

Maksim Borisovich Rebezov,

• Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher,
V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences,
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russian Federation;
• Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products,
Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

УДК 311.2; 338.43

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156

Л.В. Улыбина ✉,
Н.В. Алексеева,
А.А. Семенов

Чувашский государственный аграрный
университет, Чебоксары, Россия

✉ 13.larisa@mail.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2023

Одобрена после рецензирования:
10.07.2023

Принята к публикации:
23.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156

Larisa V. Ulybina ✉,
Natalia V. Alekseeva,
Artur A. Semenov

Chuvash State Agrarian University,
Cheboksary, Russia

✉ 13.larisa@mail.ru

Received by the editorial office:
27.02.2023

Accepted in revised:
10.07.2023

Accepted for publication:
23.07.2023

Тенденции развития аграрного сектора экономики Приволжского федерального округа

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Проблемы продовольственной безопасности Российской Федерации и напрямую обуславливающим такую безопасность развития агропромышленного комплекса и аграрного сектора экономики отдельных территорий, входящих в состав нашей страны, в условиях существенной степени интегрированности отечественной экономики в экономику мировую и внешнеполитических вызовов последних лет приобретают особую актуальность, поскольку находятся в тесной взаимосвязи с вопросами национальной безопасности и во многом определяют не только потенциал общеэкономического роста государства, но и уровень существующей внутри него социальной напряженности. В связи с этим растет значение исследований тенденций развития аграрного сектора экономики, ассоциированных с отдельными территориями.

Методы. Изучение тенденций развития аграрного сектора экономики ПФО проводилось с помощью ряда общенаучных методов. В ходе исследования применялись общелогические и эмпирические методы анализа, синтеза, аналогии, формализации, обобщения и сравнения, кластерный анализ.

Результаты. Выявлены важнейшие с точки зрения национальной продовольственной безопасности тренды в развитии аграрного сектора экономики Приволжского федерального округа РФ, показана значительная степень импортозависимости целого ряда производственных кластеров АПК, обоснована необходимость осуществления опережающего импортозамещения в данной сфере.

Ключевые слова: аграрный сектор экономики региона, Приволжский федеральный округ, развитие, тенденции, растениеводство, животноводство, импортозависимость

Для цитирования: Улыбина Л.В., Алексеева Н.В., Семенов А.А. Тенденции развития аграрного сектора экономики Приволжского федерального округа. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 151–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156>

© Улыбина Л.В., Алексеева Н.В., Семенов А.А.

Trends in the development of the agricultural sector of the economy of the Volga Federal District

ABSTRACT

Relevance. The problems of food security of the Russian Federation and directly causing such security of the development of the agro-industrial complex and the agrarian sector of the economy of individual territories that are part of our country in the conditions of a significant degree of integration of the domestic economy into the world economy and foreign policy challenges of recent years are of particular relevance, since they are in close relationship with national security issues and largely determine not only the potential for the general economic growth of the state, but also the level of social tension existing within it. In this regard, the importance of studying the trends in the development of the agrarian sector of the economies associated with individual territories is growing.

Methods. The study of development trends in the agricultural sector of the economy of the Volga Federal District was carried out using a number of general scientific methods. In the course of the study, general logical and empirical methods of analysis, synthesis, analogy, formalization, generalization and comparison, cluster analysis were used.

Results. The most important trends in the development of the agricultural sector of the economy of the Volga Federal District of the Russian Federation from the point of view of national food security have been identified, a significant degree of import dependence of a number of agricultural production clusters has been shown, and the need for advanced import substitution in this area has been substantiated.

Key words: agrarian sector of the regional economy, Volga Federal District, development, trends, crop production, animal husbandry, import dependence

For citation: 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; 373(8): 151–156 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-151-156>

© Ulybina L.V., Alekseeva N.V., Semenov A.A.

Введение/Introduction

Одной из важнейших характеристик любой социально-экономической системы, частным случаем которой является аграрный сектор экономики той или иной территории, представляется имеющийся у такой системы потенциал развития, под которым, как правило, понимается сумма ресурсов и возможностей системы к обеспечению процессов воспроизводства и адаптации к изменениям условий осуществления хозяйственной деятельности. При этом факторы, определяющие потенциал развития той или иной социально-экономической системы, зависят от особенностей организации этой системы, используемых в ходе ее деятельности разновидностей ресурсов, производимых товаров и прочее.

Поскольку аграрный сектор представлен такими функционально связанными элементами, как производство, переработка и реализация продовольственных товаров, то, по мнению Л.В. Улыбиной [1], и факторы, обуславливающие характеристики потенциала развития данного сектора, должны отражать каждый из этих составляющих его элементов. К важнейшим из таких факторов можно отнести характеристики материальной базы растениеводства и животноводства (природные и климатические условия, объем земельных ресурсов и их качество), а также материально-технической базы соответствующих производств, финансовое положение всех категорий субъектов аграрного сектора, состояние производственной, транспортной, рыночной и социальной инфраструктуры, уровень технологического развития, уровень и структуру спроса и предложения на локальных продовольственных рынках, конъюнктуру таких рынков, степень государственной поддержки агропромышленного производства и т. д. При этом растениеводство выступает в качестве своего рода фундамента всего АПК, поскольку является не только производителем основной доли продовольственных товаров, но и обеспечивает кормовую базу, необходимую для функционирования животноводческого комплекса.

Отмеченные обстоятельства актуализируют исследование тенденций, наблюдаемых в развитии аграрных секторов экономики территорий, предоставляют возможность к оценке эффективности соответствующих управленческих процедур и выступают в качестве своего рода обратной связи, обеспечивающей адаптационные возможности механизмов государственного управления экономикой в целом и сельским хозяйством в частности.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В ходе исследования применялись общелогические и эмпирические методы анализа, синтеза, аналогии, формализации, обобщения и сравнения, кластерный анализ.

Работа выполнялась на базе официально опубликованных данных Федеральной службы государственной статистики РФ, в частности статистических сборников, характеризующих социально-экономическое положение Приволжского федерального округа, а также выводов исследований ряда авторов. Материал для исследования обобщен за 2005–2022 гг.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Агропромышленный комплекс Приволжского федерального округа (ПФО) является одним из крупнейших производителей товаров продовольственной группы в Российской Федерации. Согласно точке зрения О.Г. Афанасьевой¹, доля АПК в общем объеме производимой на территории страны сельскохозяйственной продукции на 2022 г. составляет 21,0%.

По целому ряду ключевых макроэкономических показателей вклад ПФО в общенациональную картину является весьма значительным (рис. 1).

Вместе с тем необходимо отметить, что поскольку территория ПФО составлена субъектами, находящимися в весьма различных климатических и природных условиях, то и характеристики таких субъектов в контексте сельскохозяйственного производства будут существенно отличаться друг от друга. В частности, результаты кластерного анализа, проведенного И.Г. Ханьковым³, в рамках которого объединение объектов производится по признаку минимальности увеличения внутригрупповой суммы квадратичных отклонений, свидетельствуют о том, что субъекты, входящие в состав ПФО, в отношении объемов производства основных видов продукции животноводства и растениеводства могут быть разделены на следующие пять групп:

1. Пензенская и Самарская области.

2. Республики Татарстан и Башкортостан (благоприятные климатические условия и существенная государственная поддержка сельского хозяйства, основанная на доходах, получаемых субъектами от нефтедобычи).

3. Саратовская и Оренбургская области (самые южные регионы, обладающие наиболее развитым производством зерновых культур).

4. Нижегородская область, республики Мордовия и Удмуртия, Пермский край.

Рис. 1. Доли, занимаемые ПФО в общероссийских макроэкономических показателях по итогам 2022 г., % ²

Fig. 1. Shares occupied by Volga Federal District in all-Russian macroeconomic indicators at the end of 2022



¹ Афанасьева О.Г. Агропромышленный комплекс ПФО России: итоги, инвестиции и цифровизация. М.: Русайнс. 2022; 110.

² Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа в 2022 году. М.: Федеральная служба государственной статистики. 2023; 76.

³ Ханьков И.Г. Методика ускорения классического метода Уорда для кластеризации пикселей изображения. Вестник БГУ. Математика, информатика. 2018; 3.

5. Ульяновская и Кировская области, республики Чувашия и Марий Эл (усредненные условия хозяйствования для средней полосы).

В целом же природно-климатические условия ПФО могут считаться достаточно благоприятными для производства самой широкой номенклатуры сельскохозяйственной продукции. Растениеводство и животноводство являются традиционными для большинства из входящих в состав ПФО регионов видами деятельности.

Осуществляя сравнительную оценку изменения объемов производства продукции растениеводства агропромышленными комплексами, ассоциированными с территориями различных федеральных округов РФ (рис. 2), необходимо отметить следующее: в 2005–2021 гг. индекс продукции растениеводства ПФО (по сравнению с аналогичными показателями других федеральных округов РФ) с 2010 г. демонстрирует положительную динамику, свидетельствующую об устойчивом развитии данной отрасли народного хозяйства в регионе. Так, с 2020 по 2021 г. прирост объемов продукции растениеводства в ПФО составил 12%, значительно опередив все прочие федеральные округа РФ.

Вместе с тем 2021 г. в отношении отмеченной выше тенденции, по мнению Н.А. Максютова, А.А. Зорова, В.Ю. Скороходова, Д.В. Митрофанова, Ю.В. Кафтан, Н.А. Зенковой, стал переломным и на фоне неблагоприятных погодных условий показал существенный спад сбора зерна [2].

Ситуация в корне изменилась в 2022 г., когда чрезвычайно благоприятные климатические условия на территории РФ в целом и в ПФО в частности способствовали существенному приросту показателей валового сбора зерна (табл. 1).

Оценивая данные (табл. 1) о валовом сборе зерна в хозяйствах всех категорий в разрезе отдельных субъектов, входящих в состав ПФО, можно говорить о том, что наиболее «удачливыми» в отношении рассматриваемого показателя в 2022 г. оказались самые южные и традиционно самые урожайные субъекты ПФО: Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Оренбургская область. Во всех перечисленных субъектах показатель валового сбора зерна (по сравнению с 2021 г.) продемонстрировал более чем двукратный рост.

Таким образом, можно сделать вывод, что главенствующую роль в обеспечении показателей урожайности сельскохозяйственных культур играют колебания гидрометеорологических условий. Еще одним частным подтверждением этого служат сведения (рис. 3), оценка которых позволяет сделать вывод о наличии четкой и однозначной корреляции между климатическими условиями, наблюдаемыми на территории того или иного федерального округа в течение года, и урожайностью зерновых культур в соответствующем федеральном округе.

Наибольший относительный прирост урожайности зерна был продемонстрирован такими федеральными округами, как Приволжский ФО, Уральский ФО, погодные условия в которых в 2022 г. были наиболее благоприятными для вегетации пшеницы.

Вместе с тем рассмотрение более обобщенной динамики изменения урожайности основных культур, культивируемых на территории Приволжского федерального

Рис. 2. Динамика изменения индекса продукции растениеводства по федеральным округам РФ в 2005–2021 гг. в сопоставимых ценах, %⁴

Fig. 2. Dynamics of changes in the index of crop production by federal districts of the Russian Federation in 2005–2021 in comparable prices, %

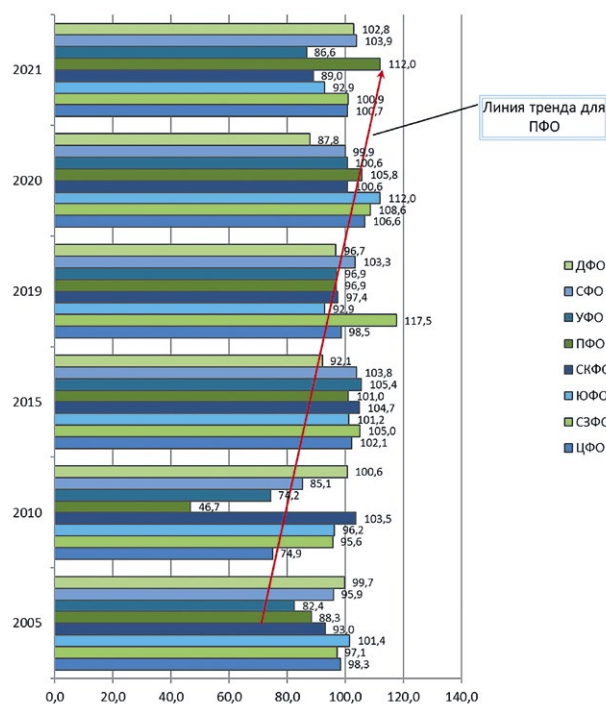


Таблица 1. Валовой сбор зерна в субъектах ПФО в 2022 г., тыс. т⁵
Table 1. Gross grain harvest in the subjects of the Volga Federal District in 2022, thousand tons

	Сбор зерна	В % к предыдущему году
РФ в целом, млн т	153,8	126,7
ПФО	36917,2	189,9
Республика Башкортостан	5555,7	в 2,7 раза
Республика Марий Эл	381,8	182,6
Республика Мордовия	1646,5	144,8
Республика Татарстан	5184,1	в 2,2 раза
Удмуртская Республика	888,9	183,4
Чувашская Республика	1006,5	181,2
Пермский край	444,2	172,2
Кировская область	747,3	143,2
Нижегородская область	1748,8	143,7
Оренбургская область	4010,1	в 2,6 раза
Пензенская область	3161,6	140,4
Самарская область	3575,5	183,2
Саратовская область	6484,2	175,3
Ульяновская область	2082,1	178,0

⁴ Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа в 2022 году. Москва: Федеральная служба государственной статистики. 2023; 76.

⁵ Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа в 2022 году. Москва: Федеральная служба государственной статистики. 2023; 76.

округа РФ (табл. 2), влечет за собой констатацию факта, что отмеченные показатели для всех (без исключения) культур на протяжении рассматриваемого периода демонстрируют тенденцию к существенному и последовательному росту, размер которого для зерновых и зернобобовых, согласно точке зрения А. Shamin, О. Frolova, V. Makarychev, N. Yashkova, L. Kornilova, A. Akimov, с 2005 по 2021 г. составил 65,1%, для сахарной свеклы — 62,9%, для подсолнечника — 45,4% [3].

На взгляд, это однозначно указывает на имевшее место в течение рассматриваемого периода суще-

ственное улучшение технологических условий культивации соответствующих культур, повышение качества посадочного материала.

Прямо пропорциональную зависимость от урожайности зерновых показывают и такие показатели, как сальдированный финансовый результат и рентабельность продаж организаций растениеводства, функционирующих на территории Приволжского федерального округа (рис. 4).

Это позволяет сделать вывод, что текущее состояние и развитие растениеводческого кластера аграрного сектора экономики рассматриваемого региона в первую

очередь определяются технологической оснащенностью и эффективностью соответствующих производственных процессов. При этом тенденции, наблюдаемые в таком развитии, реализуются параллельно с интеграцией экономики России в мировую экономику и напрямую связанным с этим агротехнологическим переносом. Данное обстоятельство указывает на существенную зависимость эффективности отечественного растениеводства от импортируемых аграрных технологий, средств защиты растений, а также семенного фонда.

Развитие животноводческого комплекса ПФО и ассоциированной с ним перерабатывающей промышленности столь однозначной динамики не демонстрирует. Так, поголовье крупного рогатого скота, выращиваемого в ПФО, с 2005 по 2022 г. сократилось на 33%, поголовье свиней незначительно (на 11,5%) увеличилось, производство яиц и молока осталось практически неизменным (табл. 3).

Вместе с тем основные показатели, характеризующие результаты деятельности перерабатывающего кластера АПК региона, согласно точке зрения О.Г. Афанасьевой⁸, напротив, показали существенный прирост: производство скота и птицы на убой в рассматриваемом периоде увеличилось на 61,2%, мяса и субпродуктов домашней птицы — на 51,3%, колбасных изделий — на 40,1%.

Прирост данных показателей на фоне уменьшения поголовья ско-

Рис. 3. Темпы роста (снижения) валового сбора зерна по федеральным округам РФ в 2022 г., % к 2021 г.⁶

Fig. 3. The growth rate (decrease) of the gross grain harvest by federal districts of the Russian Federation in 2022, % by 2021

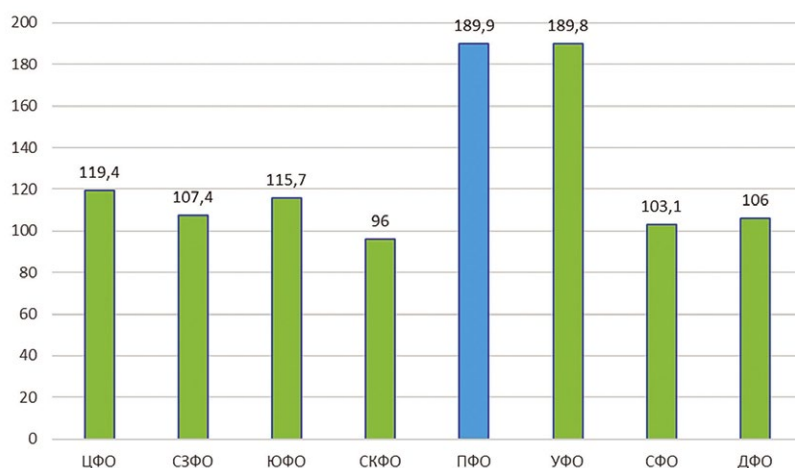


Рис. 4. Динамика изменения сальдированного финансового результата и рентабельности продаж организаций растениеводства ПФО в 2005–2021 гг.

Fig. 4. Dynamics of changes in the balanced financial result and profitability of sales of crop growing organizations of the Volga Federal District in 2005–2021

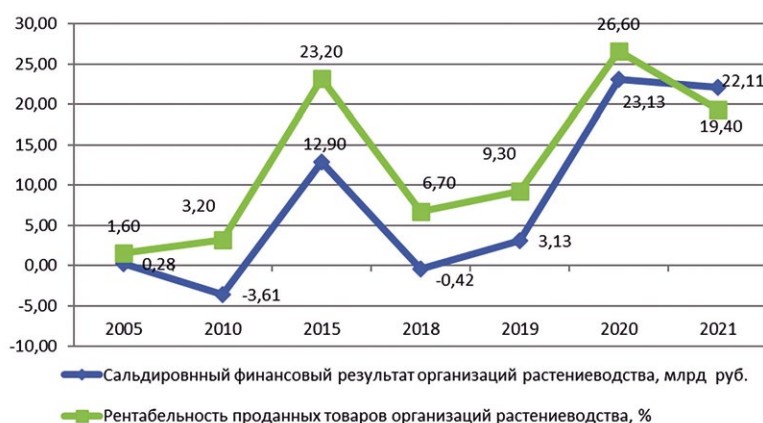


Таблица 2. Динамика изменения отдельных показателей, характеризующих тенденции в развитии растениеводства ПФО в 2005–2021 гг.⁷

Table 2. Dynamics of changes in individual indicators characterizing trends in the development of crop production in the Volga Federal District in 2005–2021

Наименование показателя	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га	14,9	10,0	16,5	17,6	18,4	24,6
Урожайность сахарной свеклы, ц/га	240	144	311	312	424	391
Урожайность подсолнечника, ц/га	8,8	5,8	10,6	13,4	15,2	12,8

⁶ Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа// <https://rosstat.gov.ru/folder/11109/document/13260> (дата обращения: 26.04.2023).

⁷ Социально-экономическое положение Приволжского федерального округа// <https://rosstat.gov.ru/folder/11109/document/13260> (дата обращения: 26.04.2023).

⁸ Афанасьева О.Г. Агропромышленный комплекс ПФО России: итоги, инвестиции и цифровизация. М.: Русайнс. 2022; 110.

Таблица 3. Динамика изменения отдельных показателей, характеризующих тенденции в развитии животноводства ПФО и перерабатывающих его продукцию предприятий в 2005–2022 гг.⁹

Table 3. Dynamics of changes in individual indicators characterizing trends in the development of animal husbandry in the Volga Federal District and enterprises processing its products in 2005–2022

Наименование показателя	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Поголовье крупного рогатого скота на конец года, тыс. голов	6946	6131	5293	5025	4958	4902	4682
Поголовье свиней на конец года, тыс. голов	3800	4171	3759	3643	3982	3963	4289
Производство скота и птицы на убой, тыс. т	1346	1682	1989	2138	2261	2354	3467
Производство молока, млн т	10,0	10,3	9,3	9,4	9,7	10,0	10,0
Производство яиц, млн шт.	9,4	10,7	10,7	11,3	11,5	11,5	11,6
Производство мяса и субпродуктов домашней птицы, тыс. т	742	891	957	1024	1096	1118	1123
Производство колбасных изделий, тыс. т	384	416	473	521	520	527	538

та и птицы однозначно указывает на то, что перерабатывающий кластер животноводства региона с каждым годом становится всё более ориентированным на переработку мясной продукции, поставляемой в ПФО извне, в том числе импортируемой из-за пределов Российской Федерации.

Изменения сальдированного финансового результата организаций животноводства ПФО и рентабельности реализованных такими организациями товаров, работ и услуг (рис. 5) не показывают столь существенной согласованности, как в случае аналогичных показателей растениеводческого хозяйства и, кроме того, практически не зависят от ключевых показателей, характеризующих продукцию животноводческого сырья.

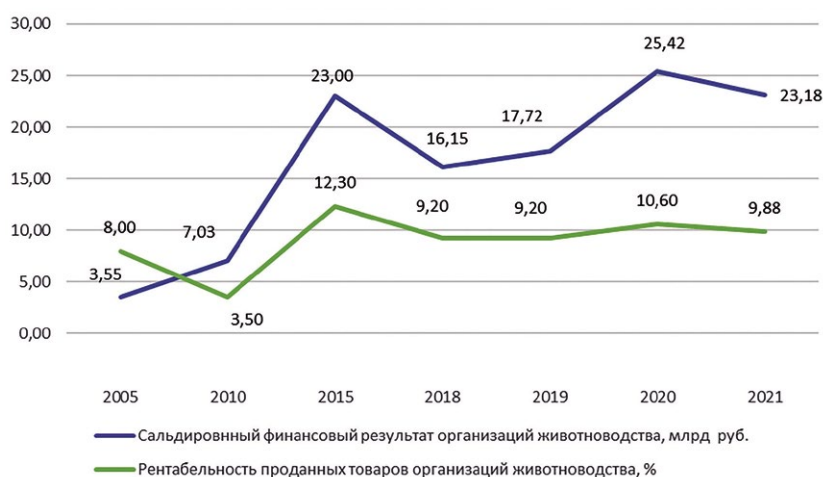
Данное обстоятельство еще раз подтверждает сделанный ранее вывод и указывает на наличие у мясоперерабатывающей промышленности ПФО всё возрастающей зависимости от сырья, ввозимого в ПФО из других регионов и (или) из-за границы.

Выводы/Conclusion

Результаты исследования позволяют говорить о том, что аграрный сектор экономики Приволжского федерального округа с 2005 г. по настоящее время в целом развивается достаточно устойчиво и динамично и по многим ключевым показателям, характеризующим его деятельность, демонстрирует существенный прирост. Вместе с тем следует отметить возрастающую импортозависимость растениеводческого и животноводческого комплексов АПК региона, способную в условиях беспрецедентного санкционного давления на экономику РФ 2022–2023 гг. стать источником критических для функционирования и развития АПК ПФО угроз и вы-

Рис. 5. Динамика изменения сальдированного финансового результата и рентабельности продаж организаций животноводства ПФО в 2005–2021 гг.¹⁰

Fig. 5. Dynamics of changes in the balanced financial result and profitability of sales of livestock organizations in the Volga Federal District in 2005–2021



зовов. В частности, перерабатывающий кластер животноводства региона с каждым годом становится всё более ориентированным на переработку мясной продукции, поставляемой в ПФО извне, в том числе импортируемой из-за пределов Российской Федерации.

Текущее состояние и развитие растениеводческого кластера аграрного сектора экономики ПФО в значительной степени определяются технологической оснащенностью и эффективностью соответствующих производственных процессов. При этом тенденции, наблюдаемые в таком развитии, реализуются параллельно с интеграцией экономики России в мировую экономику и напрямую связанным с этим агротехнологическим переносом. Данное обстоятельство указывает на существенную зависимость эффективности отечественного растениеводства от импортируемых аграрных технологий, средств защиты растений, а также семенного фонда.

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.

⁹ Россия в мировом рейтинге экспортеров продукции АПК // <http://www.finmarket.ru/news> (дата обращения: 26.04.2023).

¹⁰ The Food and Agriculture Organization (FAO) // <https://www.fao.org/faostat> (дата обращения: 26.04.2023).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Улыбина Л.В. Некоторые вопросы оценки динамики изменений ключевых показателей сельскохозяйственного производства в Российской Федерации. *Научно-образовательная среда как фактор развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2022; 505–507. <https://www.elibrary.ru/lonlct>
2. Максютлов Н.А., Зоров А.А., Скороходов В.Ю., Митрофанов Д.В., Кафтан Ю.В., Зенкова Н.А. Холодная засуха в степном Оренбуржье и ее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021; (2): 18–23. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-18-23>
3. Shamin A., Frolova O., Makarychev V., Yashkova N., Kornilova L., Akimov A. Digital Transformation of Agricultural Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 346: 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012029>
4. Медведева Т.А., Алексеева Н.В., Данилова Н.Л., Семенов А.А. Аналитический инструментальный в системе управления финансами предприятий агропромышленного комплекса. *Региональная экономика: теория и практика*. 2022; 20(6): 1099–1117. <https://doi.org/10.24891/re.20.6.1099>
5. Попова В.Б., Фецович И.В. Статистический анализ сельскохозяйственного производства Тамбовской области. *Финансы и кредит*. 2015; 21(23): 40–51. <https://elibrary.ru/twspbt>
6. Сафиуллин И.Н., Зиганшин Б.Г., Амирова Э.Ф., Клычова Г.С., Низамутдинов М.М. Оценка продовольственной безопасности России. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021; 16(2): 124–132. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-124-132>
7. Шалаева Л.В. Финансовые результаты деятельности сельскохозяйственных организаций в Российской Федерации: оценка в разрезе федеральных округов. *Экономика, предпринимательство и право*. 2022; 12(8): 2209–2226. <https://doi.org/10.18334/epp.12.8.116137>

ОБ АВТОРАХ

Лариса Витальевна Улыбина,
кандидат экономических наук, доцент,
Чувашский государственный аграрный университет,
ул. К. Маркса, 29, Чебоксары, 428000, Россия
13.larisa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6688-4433>

Наталья Викторовна Алексеева,
кандидат экономических наук, доцент,
Чувашский государственный аграрный университет,
ул. К. Маркса, 29, Чебоксары, 428000, Россия
ferkel93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3756-382X>

Артур Анатольевич Семенов,
кандидат экономических наук, доцент,
Чувашский государственный аграрный университет,
ул. К. Маркса, 29, Чебоксары, 428000, Россия
semyonov-artur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3423-8423>

REFERENCES

1. Ulybina L.V. Some questions of assessing the dynamics of changes in key indicators of agricultural production in the Russian Federation. *Scientific and educational environment as a factor in the development of the intellectual potential of agriculture in the regions of Russia. Proceedings of the II International scientific and practical conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2022; 505–507 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/lonlct>
2. Maksyutov N.A., Zorov A.A., Skorokhodov V.Yu., Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Zenkova N.A. Cold drought in the steppe Orenburg region and its impact on the yield of agricultural crops. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; (2): 18–23 (In Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-18-23>
3. Shamin A., Frolova O., Makarychev V., Yashkova N., Kornilova L., Akimov A. Digital Transformation of Agricultural Industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 346: 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012029>
4. Medvedeva T.A., Alekseeva N.V., Danilova N.L., Semenov A.A. Analytical tools in the financial management system of agro-industrial enterprises. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2022; 20(6): 1099–1117 (In Russian). <https://doi.org/10.24891/re.20.6.1099>
5. Popova V.B., Fetkovich I.V. Statistical analysis of agricultural production of the Tambov region. *Finance and Credit*. 2015; 21(23): 40–51 (In Russian). <https://elibrary.ru/twspbt>
6. Safiullin I.N., Ziganshin B.G., Amirova E.F., Klychova G.S., Nizamutdinov M.M. Assessment of food security in Russia. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2021; 16(2): 124–132 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-124-132>
7. Shalaeva L.V. Financial performance of agricultural organizations in the Russian Federation: assessment by federal districts. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2022; 12(8): 2209–2226 (In Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.12.8.116137>

ABOUT THE AUTHORS

Larisa Vital'evna Ulybina,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Chuvash State Agrarian University,
29 K. Marx Str., Cheboksary, 428000, Russia
13.larisa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6688-4433>

Natal'ja Viktorovna Alekseeva,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Chuvash State Agrarian University,
29 K. Marx Str., Cheboksary, 428000, Russia
ferkel93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3756-382X>

Artur Anatolievich Semenov,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Chuvash State Agrarian University,
29 K. Marx Str., Cheboksary, 428000, Russia
semyonov-artur@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3423-8423>

Agros 2024 expo

24-26 ЯНВАРЯ

МОСКВА, РОССИЯ / КРОКУС ЭКСПО

КЛЮЧЕВАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ И ДЕЛОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

ВЕДУЩИЕ В МИРЕ И РОССИИ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА, ПТИЦЕВОДСТВА, СВИНОВОДСТВА, КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

- **ГЕНЕТИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ**
- **КОРМА, КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ВЕТЕРИНАРНЫЕ РЕШЕНИЯ**
- **ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И КОРМОЗАГОТОВКИ**
- **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗЕРНА**

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 370 ЛУЧШИХ СПИКЕРОВ В СЕМИ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛАХ:

- БОЛЕЕ 50 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- **ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ** – ЗИМНЯЯ ТОЧКА ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА
- ПАРТНЕРЫ: **ДЕПАРТАМЕНТЫ МИНСЕЛЬХОЗА РФ**, ОТРАСЛЕВЫЕ, НАУЧНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЛУЧШИЕ ЭКСПЕРТЫ-ПРАКТИКИ

СТАТИСТИКА АГРОС 2023

415 из **25** | **14016** из **84** | **57** и **376**
УЧАСТНИКОВ СТРАН | ПОСЕТИТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ РФ | МЕРОПРИЯТИЙ СПИКЕРОВ



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

Дмитрий Матвеев, Президент ГК «Кабош»

Организатор: ООО «Агрос Экспо»
+7 (495) 128 29 59
agros@agros-expo.com

**УЗНАЙТЕ БОЛЬШЕ
ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ!**
WWW.AGROS-EXPO.COM



**ПЛЕМЕННОЙ КРС
С ЭКСКЛЮЗИВНОЙ
МИРОВОЙ ГЕНЕТИКОЙ**

**ЕКОНИВА
ЭКОНИВА**



plem.krs@ekoniva-apk.com

8-800-700-79-91

Реклама