

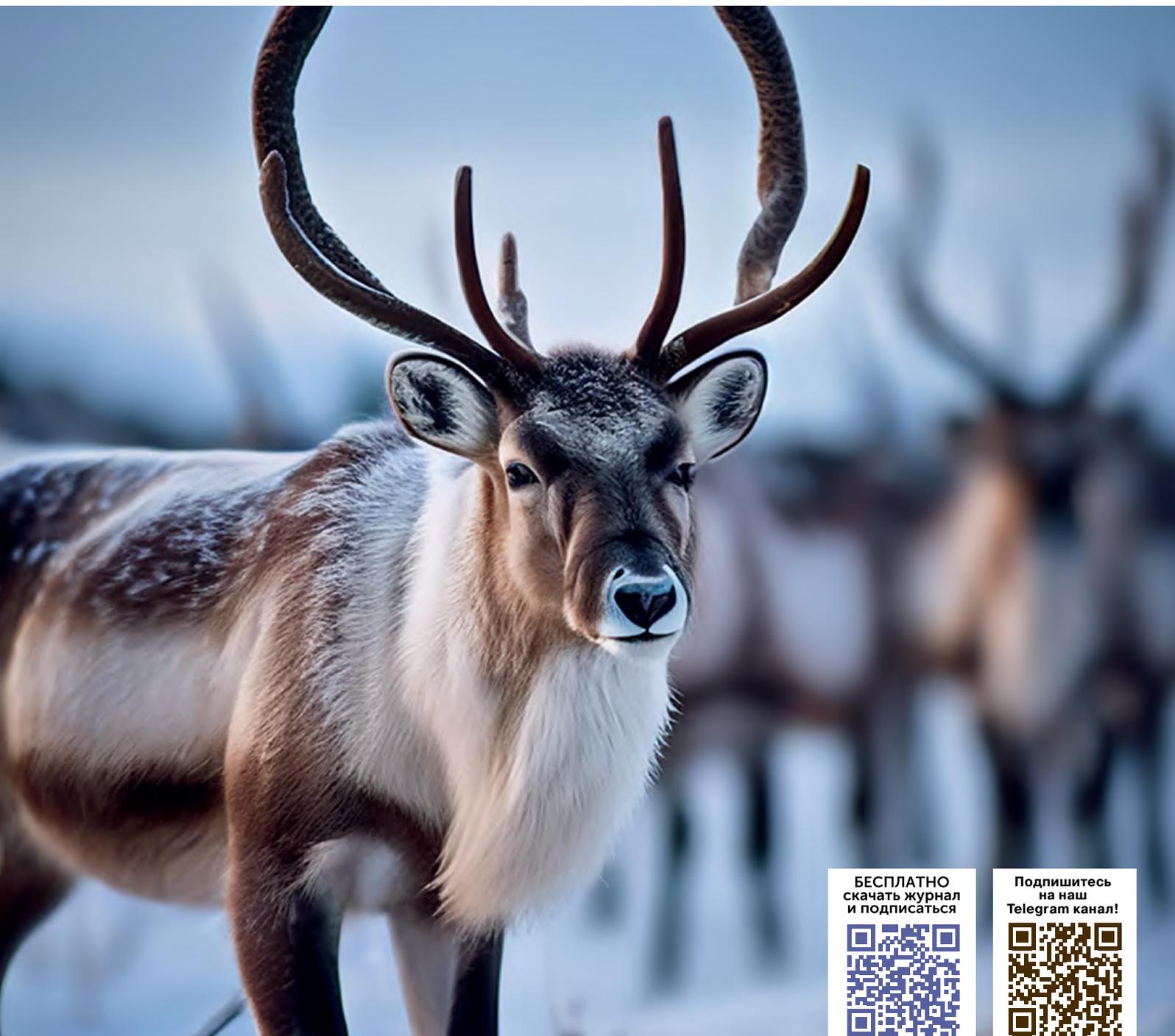
научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

11
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ТЕНДЕНЦИИ

Процесс импортозамещения
продуктов питания завершен

10

ЗООТЕХНИЯ

Внутрипопуляционная
генетическая дифференциация
стада северных оленей Ямальской
опытной станции

82

АГРОНОМИЯ

Оценка устойчивости
коллекционных образцов озимой
пшеницы к стрессовым факторам
зимнего периода

122

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ «AGROBRICS+»



XXX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА
MVC: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ

28-30 АПРЕЛЯ 2025 г.
МОСКВА, ЭКСПОЦЕНТР, ПАВ. № 1

ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РФ



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА РФ



КОМИТЕТ СОВЕТА ФЕДЕРАЦИИ РФ
ПО АГРАРНО-ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
ПОЛИТИКЕ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ДУМА РФ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА РФ



МОСКОВСКАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ
ПАЛАТА



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ
ПЕКАРЕЙ И КОНДИТЕРОВ (UIBC)

Более 30 союзов и ассоциаций

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

- РАСТЕНИЕВОДСТВО И АГРОХИМИЯ
- ЗЕРНО
- КОРМА
- ВЕТЕРИНАРИЯ
- ЖИВОТНОВОДСТВО
- НЕПРОДУКТИВНЫЕ ЖИВОТНЫЕ
- АКВАКУЛЬТУРА
- БИОТОПЛИВО И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ
- ДРОНЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
- АГРОТУРИЗМ
- РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Информационная поддержка более 60 СМИ

ДИРЕКЦИЯ ОРГКОМИТЕТА ВЫСТАВКИ

ТЕЛ.: +7 (495) 755-50-35, 755-50-38

E-MAIL: INFO@EXPOKHLEB.COM

WWW.MVCEXPO.RU



ДИАЛОГ

Международная премия
за развитие коммуникаций в сфере АПК

НОМИНАЦИИ

НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

по версии журнала «Аграрная наука» по итогам 2024 года

- Лучший научный коллектив по специальности «Ветеринария»
- Лучший научный коллектив по специальности «Зоотехния»
- Лучший научный коллектив по специальности «Агрономия»
- Лучший научный коллектив по специальности «Агроинженерия и Пищевые технологии»
- Международное научное сотрудничество
- Педагог и наставник
- Молодой ученый

ДИАЛОГ ГОСУДАРСТВА И ОТРАСЛИ

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

БИЗНЕС-КОММУНИКАЦИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Организатор:

ИД «Аграрная наука»

Контакты:

Оргкомитет: + 7 (916) 616-05-31

Спонсорство, реклама: +7 (927) 155-08-10

agrovetpress@inbox.ru

Церемония награждения лауреатов

Дата: 22 января 2025 г.

Время: 11:30–12:00

Место: Форум №2, выставочный зал 3,
павильон №1 МВЦ «Крокус Экспо»

ПОДРОБНОСТИ



**АГРАРНАЯ
НАУКА** AGRARIAN
SCIENCE
ISSN 0869-3135 (Print)
ISSN 2686-701X (Online)

11 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 388, номер 11, 2024

Volume 388, number 11, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

Авторские права © 2024. Это статья открытого доступа, распространяемая в соответствии с условиями лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), позволяющей третьим лицам копировать и распространять материал на любом носителе или в любом формате, а также делать ремиксы, преобразовывать и дополнять материал в любых целях, даже коммерческих, при условии, что исходная работа надлежащим образом цитируется и указывается ее лицензия.



DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

Журнал «Аграрная наука» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Полные тексты статей доступны на сайте eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

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

Шеф-редактор Костромичева И.В.

Научный редактор Долгая М.Н.

Дизайн и верстка Антонов С.Н.

Корректор Кузнецова Г.М.

Библиограф Нерозник Д.С.

Журналист Седова Ю.Г.

Менеджер по работе с клиентами Теплова А.С.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва, ул. Садовая-Спаская, д. 20

Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва, ул. Марксистская, д. 3, стр. 2

Тел. редакции +7 (916) 616-05-31

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agrarnayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

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

На печатный журнал можно подписаться:

в редакции по тел. +7 (495) 777 67 67, доб. 1453, agrovetpress@inbox.ru;

в агентстве подписки ООО «Урал-Пресс Округ» — <https://www.ural-press.ru/catalog/>

Бесплатная подписка на электронную версию — <https://agrarnayanauka.ru>

Подписка на архивные номера и отдельные статьи: на сайте научной редакции <https://www.vetpress.ru/jour>

на сайте научной электронной библиотеки www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 12.11.2024

Дата выхода в свет 22.11.2024

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:

115114, г. Москва, Дербеневская наб., д. 7, стр. 2, эт. 2, пом. 1, к. 3-4.

Тел. +7 (499) 130-60-19,

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

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

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

Издатель:

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

Главный редактор:

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

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

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

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

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

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

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

Баймуханов Д.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, г. Алматы, Казахстан.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Лысенко Ю.А., доктор биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16+

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

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

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

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

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

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

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

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

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

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

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.

11 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 388, номер 11, 2024

Volume 388, number 11, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© journal «Agrarian science»

© authors

Copyright © 2024 This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided the original work is properly cited and states its license.



DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

Founder: Limited liability company "VIC Animal Health"

Senior editor Kostromicheva I.V.

Executive editor Dolgaya M.N.

Design and layout Antonov S.N.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

Account Manager Teplova A.S.

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

Postal address: 109147, Russian Federation,

Moscow, 3 Marxistskaya Str., 2 building

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

agrovetpress@inbox.ru

Websites: www.vetpress.ru

<https://agrarnayanauka.ru>

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

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

You can subscribe to the print magazine:

— in the editorial office by phone. +7 (495) 777 67 67,

ext. 1453, agrovetpress@inbox.ru

— in the subscription agency Ural-Press Okrug LLC —

<https://www.ural-press.ru/catalog/>

Free subscription to the electronic version of the

magazine — <https://agrarnayanauka.ru>

Subscription to archived issues and individual articles:

— on the website of the Scientific editorial staff

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

— on the website of the Scientific Electronic Library

www.elibrary.ru

The circulation of 2000 copies.

Signed in print 12.11.2024

Release date 22.11.2024

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:

7, building 2, fl. 2, room 1, Derbenevskaya

embankment, Moscow 115114.

Tel. +7 (499) 130-60-19,

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

АГРАРНАЯ АGRARIAN НАУКА SCIENCE

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

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

Publisher:

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

Editor-in-chief:

Violin B.V., Candidate of Veterinary Science, Leading Researcher of All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant — a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

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

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

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

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

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

Baimukanov D.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, 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, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

16+

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

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

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

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

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

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

AGRONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ПРАКТИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ И РЕКЛАМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

НОВОСТИ.....8

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Процесс импортозамещения продуктов питания завершен.....	10
Сельхозпроизводство становится все более наукоемким.....	11
Производство и применение кормовых протеинов: проблемы и решения.....	14
Проверенная стратегия — максимальное получение чистого яйца.....	15
Чистые вирусоподобные частицы — новая эра в производстве вакцин против цирковирусной инфекции свиней.....	18
Образование — единство науки и практики.....	20
Эффективное лечение мастита в сухостойный период.....	24
Общая площадь российских виноградников превысила 105 тыс. га.....	26
На территории Ленинградской области Россельхознадзором выявлены два новых вируса томата.....	27
Всё об осенних гербицидных обработках озимых зерновых: цели, особенности, сроки и продукты.....	28

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Анализ взаимосвязи между уровнем квалификации работников на производстве и показателями прибыли: экономическое обоснование инвестиций в обучение персонала.....	30
Роль систематического обучения и повышения квалификации специалистов в формировании устойчивой прибыли и конкурентных преимуществ производственных компаний.....	34

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

ВЕТЕРИНАРИЯ

Сизенцов А.Н., Галактионова Л.В., Давыдова О.К. Комплексный анализ влияния эссенциальных элементов на бактериальные штаммы <i>Vacillus sp.</i> в модельном эксперименте <i>in vitro</i>	39
Филатов А.В., Иванов Д.Н., Сапожников А.В. Анализ изменений микробиома толстого отдела кишечника свиноматок и поросят.....	46
Бурашев Е.Д., Орынбаев М.Б., Султанкулова К.Т., Омарова З.Д., Тулендибаев А.Б., Аргимбаева Т.У., Аубакир Н.А., Еремекбай Т.Т. Циркуляция вируса гриппа типа А среди воронковых на территории Северного Казахстана.....	51

ЗООТЕХНИЯ

Урюмцева Т.И., Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Весовой рост и сохранность телят на фоне применения минеральных кормовых добавок.....	55
Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В., Дускаев Г.К. Оценка влияния нетрадиционных жмыхов в рационах коз на жирнокислотный состав молока.....	62
Горелик О.В., Горелик А.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Продуктивные качества коров на фоне применения минеральных кормовых добавок.....	67
Форнара М.С., Абдельманова А.С., Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А. Разработка системы анализа участка митохондриального генома (<i>Cyt B</i>) из образцов крупного рогатого скота разных временных периодов.....	75
Николаев С.В., Матюков В.С., Филатов А.В. Внутрипопуляционная генетическая дифференциация стада северных оленей Ямальской опытной станции.....	82

АГРОНОМИЯ

Вострикова Т.В., Богомолов М.А. Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы.....	87
Уколова А.Ю., Кузнецова М.А., Сметанина Т.И., Демидова В.Н., Ерохова М.Д., Рогожин А.Н. Эффективность применения биостимулятора-антистрессанта «ЭкселГроу» в сочетании с фунгицидами для снижения вредоносности ранней пятнистости, вызванной грибами рода <i>Alternaria</i> и повышения урожайности картофеля.....	92
Гузеева А., Капитова И.А., Павлов К.В., Сазонов Ф.Ф., Захарычев В.В. Содержание антоцианов в свежих и длительно замороженных плодах смородины черной (<i>Ribe nigrum L.</i>) сортов селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства.....	99
Павлова И.А., Лушай Е.А., Абдурашитова А.С., Клименко В.П., Григоренко М.И. Оптимизация углеводного питания для сохранения генетических ресурсов винограда в системе <i>in vitro</i>	104
Казаков О.Г., Поливанова О.Б., Деревягина М.К., Бирюкова В.А. Выявление гибридов <i>Solanum tuberosum</i> с высоким уровнем устойчивости к фитофторозу.....	109
Головатская А.В., Гучель С.З. Оценка генетического разнообразия линий подсолнечника селекции ВНИИМК на основе мультиплексного микросателлитного анализа.....	117
Афанасьева Ю.В. Оценка устойчивости коллекционных образцов озимой пшеницы к стрессовым факторам зимнего периода.....	122
Прахова Т.Я., Прахов В.А. Агроэкологическая оценка масличных культур семейства <i>Asteraceae</i>	129
Резвякова С.В., Митина Е.В., Евдакова М.В. Эффективность биопрепарата «Фитоверм, КЭ» в защите яблони от тли.....	134
Мусаев Ф.Б., Иванова М.И., Прияткин Н.С. Цифровые технологии в оценке качества семян овощных культур.....	139

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Рузин С.С., Бердюгин П.С. Модернизация доильной системы устройством экспресс-анализа качества молока.....	145
Koponov A.S., Gavrilova N.B., Ivanova N.F., Chernopolskaya N.L., Rebezov M.B., Smolnikova F.H. Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients.....	150
Темирбекова С.К., Бегеулов М.Ш., Байда И.Д., Зверев С.В., Политуха О.В. Технологические свойства зерна новых сортов древних видов пшеницы.....	157

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Вертакова Ю.В., Катков Ю.Н., Романова А.А. Трансформация межорганизационных отношений в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики.....	164
--	-----

CONTENTS

INFORMATIONAL, PRACTICAL, ANALYTICAL AND ADVERTISING MATERIALS

NEWS8

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

The process of import substitution of food products has been completed 10

Agricultural production is becoming increasingly knowledge-intensive 11

Production and use of feed proteins 14

A proven strategy is to obtain maximum pure eggs 15

Pure virus-like particles are a new era in the production of vaccines against porcine circovirus infection 18

Education is the unity of science and practice 20

Effective treatment of mastitis during the dry period 24

The total area of Russian vineyards has exceeded 105 thousand hectares 26

Rosselkhoznadzor has identified two new tomato viruses in the Leningrad Region 27

All about autumn herbicide treatments of winter grains: goals, features, timing and products 28

FROM THEORY TO PRACTICE

Analysis of the relationship between the level of qualification of workers in production and profit indicators: economic justification for investments in personnel training 30

The role of systematic training and advanced training of specialists in the formation of sustainable profits and competitive advantages of manufacturing companies 34

SCIENTIFIC ARTICLES

VETERINARY MEDICINE

Sizentsov A.N., Galaktionova L.V., Davydova O.K. Comprehensive analysis of the effect of essential elements on bacterial strains of *Bacillus* sp. in an model experiment *in vitro* 39

Filatov A.V., Ivanov D.N., Sapozhnikov A.F. Analysis of changes in the microbiome of the large intestine of sows and suckling pigs 46

Burashev E.D., Orynbayev M.B., Sultankulova K.T., Omarova Z.D., Tulendibayev A.B., Argimbayeva T.U., Aubakir N.A., Ermekbai T.T. Circulation of influenza A virus among corvids in Northern Kazakhstan 51

ZOOTECHNICS

Uryumtseva T.I., Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Weight growth and safety of calves against the background of the use of mineral feed additives 55

Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K. Assessment of the effect of non-traditional cakes in goat diets on the fatty acid composition of milk 62

Gorelik O.V., Gorelik A.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Productive qualities of cows against the background of the use of mineral feed additives 67

Fornara M.S., Abdelmanova A.S., Bakoev N.F., Zinovieva N.A. Development of a system to analyse the mitochondrial genome region (*Cyt B*) from cattle samples of different time periods 75

Nikolaev S.V., Matyukov V.S., Filatov A.V. Intrapopulation genetic differentiation of reindeer herd of Yamal experimental station 82

AGRONOMY

Vostrikova T.V., Bogomolov M.A. The complex influence of natural and climatic factors on adaptive reactions in hybrid combinations of sugar beet 87

Ukolova A.Yu., Kuznetsova M.A., Smetanina T.I., Demidova V.N., Erokhova M.D., Rogozhin A.N. The effectiveness of the biostimulator-antistressant "ExcelGrow" in combination with fungicides to reduce the harmfulness of early spotting caused by fungi of the genus *Alternaria* and increase potato yields 92

Guzeeva A., Kapitova I.A., Pavlov K.V., Zakharychev V.V., Sazonov F.F. Anthocyanin content in fresh and long-term frozen black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred by the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery 99

Pavlova I.A., Lushchay E.A., Abdurashitova A.S., Klimenko V.P., Grigorenko M.I. Optimization of carbon nutrition in order to protect grapevine genetic resources in the system *in vitro* 104

Kazakov O.G., Polivanova O.B., Derevyagina M.K., Biryukova V.A. Identification of promising *Solanum tuberosum* hybrids with high resistance to late blight 109

Golovatskaya A.V., Guchetl S.Z. Assessment of the genetic diversity of sunflower lines of VNIIMK breeding based on multiplex microsatellite analysis 117

Afanasyeva Yu.V. Evaluation of resistance of collection samples of winter wheat to stress factors of the winter period 122

Prahova T.Ya., Prakhov V.A. Agroecological assessment of oil seed crops of the *Asteraceae* 129

Rezyakova S.V., Mitina E.V., Evdakova M.V. Efficacy of "Fitoverm, BE" biopreparation in protection of apple trees from aphids 134

Musaev F.B., Ivanova M.I., Priyatkin N.S. Digital technologies in vegetable seed quality assessment 139

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Berdyugin S.P. Modernization of the milking system with a device for express analysis of milk quality 145

Konovalov S.A., Gavrilova N.B., Ivanova N.F., Chernopolskaya N.L., Rebezov M.B., Smolnikova F.H. Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients 150

Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Baida I.D., Zverev S.V., Politukha O.V. Technological properties of grain of new varieties of ancient wheat species 157

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Vertakova Yu.V., Katkov Yu.N., Romanova A.A. Transformation of interorganizational relations in integrated formations of the agricultural sector of the economy 164



КАБМИН ДОПОЛНИТЕЛЬНО НАПРАВИТ НА ЛЬГОТНЫЕ КРЕДИТЫ ДЛЯ АГРАРИЕВ ОКОЛО 17,5 МЛРД РУБЛЕЙ

Правительство России выделит дополнительные средства на поддержку жителей сельских территорий и развитие АПК, сообщает официальный телеграм-канал кабинета министров РФ.

«Рассчитываем, что такой шаг улучшит финансовую устойчивость агросектора, чтобы он в будущем успешно выполнял задачи продовольственной безопасности, предоставляя нашим гражданам возможности самого широкого выбора отечественных качественных продуктов», — заявил премьер-министр России М. Мишустин.

Как отмечается, поддержку в том числе получат аграрии, занимающиеся производством и переработкой продукции растениеводства и животноводства. На поддержку льготного кредитования будут направлены еще около 17,5 млрд рублей, что позволит просубсидировать не менее 24 тыс. заемщиков.

В ВолГАУ ОТКРЫТ ЦЕНТР НУТРИГЕНОМИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Как сообщили в Комитете сельского хозяйства Волгоградской области, в ВолГАУ открыт Центр нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы — единственный среди отечественных вузов центр полного замкнутого цикла подготовки и испытания кормов и кормовых добавок, цели которого — улучшить образовательный процесс, качественную подготовку студентов и переподготовку работающих специалистов в кормопроизводстве. В центре имеются залы для выращивания цыплят-бройлеров и содержания кур-несушек, несколько лабораторий, оснащенных самым современным высокотехнологичным оборудованием, позволяющим контролировать параметры микроклимата и моделировать условия современного производства продукции птицеводства, отметили в ведомстве.

В БАШКОРТОСТАНЕ ВЫВЕДЕНЫ НОВЫЕ СОРТА КОРМОВЫХ СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР

Башкирскими учеными созданы три новых сорта кормовых сельскохозяйственных культур, отличающихся высокой урожайностью, адаптивностью и пластичностью. Это овсяница тростниковая Ургинка, ежа сборная Наиля, эспарцет Акбузат, проинформировала пресс-служба Министерства сельского хозяйства республики. Работа проведена в рамках реализации национального проекта «Наука и университеты». Созданные сорта, согласно данным Уфимского федерального исследовательского центра, подготовлены к передаче на госсортоиспытание.

Как отмечено в сообщении, разработанный селекционерами сорт овсяницы тростниковой Ургинка высокопродуктивный, обладает высокой адаптивной способностью, устойчив к полеганию, по технологическим показателям качества имеет преимущества по сравнению со стандартом по содержанию белка и клетчатки. Сорт ежи сборной Наиля превысил сорта-стандарты по урожайности и содержанию белка и клетчатки, устойчив ко всем основным болезням и вредителям, растение богато аскорбиновой кислотой и полезными минералами. Сорт эспарцета Акбузат обладает рядом ценных продуктивных и адаптивных качеств, устойчив к полеганию, имеет повышенное содержание переваримого протеина.

НА СТАВРОПОЛЬЕ ЗАВЕРШЕН СБОР СЛИВЫ

Ставропольские плодородческие организации завершили сбор сливы. С площади более 100 га собраны 860 т плодов, что на 7% больше, чем в 2023 году, средняя урожайность составила 83,1 ц/га, сообщает официальный информационный интернет-портал органов государственной власти Ставропольского края.



Губернатором В. Владимировым поставлена задача по поддержке интенсивных и суперинтенсивных садов, что послужит хорошим заделом на долгосрочную перспективу развития плодородства в регионе, отметили в сообщении.

«Ежегодное расширение площадей под многолетние насаждения позволяет наращивать объемы производства свежих фруктов и ягод», — пояснила первый заместитель министра сельского хозяйства края Е. Тамбовцева. В текущем году на поддержку садоводства предусмотрены порядка 412 млн рублей (в рамках государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»), проинформировала она.

РАЗРАБОТАНА НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЯБЛОНЬ ОТ ПАРШИ

В ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКЗНИИСиВ) разработана новая эффективная технология создания средства защиты яблонь от опасного заболевания — парши, сообщает ТАСС со ссылкой на пресс-службу Минобрнауки России.

В сообщении отмечено, что разработанная учеными научного центра технология основана на использовании штамма микроскопического гриба *Trichothecium roseum*, имеющего антагонистическую активность по отношению к возбудителю парши яблони *Venturia inaequalis*. Данный штамм обладает гиперпаразитическими свойствами против парши яблони и характеризуется повышенной конкурентоспособностью, высокой скоростью роста и активным спороношением.

Выделенный штамм, согласно данным его создателей, обеспечивает за 7 дней нарастание мицелия на колонию *Venturia inaequalis*, допускает 10 пересевов без потери активности, на 100% подавляет возбудителя парши.

В результате применения созданной в ФГБНУ СКЗНИИСиВ технологии обеспечиваются биоэффективность защиты от заболевания на уровне 80–95%, стандартность плодов 96% и выше, резкое сокращение использования химикатов, к которым у возбудителя болезни вырабатывается резистентность, проинформировали ученые.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОКТЕЙЛИ ДЛЯ КОРОВ

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ПОРОШКИ ДЛЯ БЫСТРОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОТЕЛА:

- Обеспечивают мощный энергетический импульс, снижают риск кетоза
- Профилактируют молочную лихорадку, эклампсию и другие послеродовые осложнения
- Поддерживают оптимальный уровень кальция и глюкозы в крови
- Стимулируют активность рубца и развитие полезной микрофлоры



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОКТЕЙЛИ ДЛЯ ТЕЛЯТ

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ПОРОШКИ:

- Выпаваются новорожденным и ослабленным телятам
- Дают мощный энергетический заряд для активного роста
- Профилактируют диарею и расстройства пищеварения
- Восстанавливают аппетит, нормализуют кишечную микрофлору



ПРОЦЕСС ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ЗАВЕРШЕН

Актуальные вопросы продовольственной безопасности обсудили участники прошедшей в ТАСС пресс-конференции, посвященной Всемирному дню продовольствия — дате создания Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО).

Как было отмечено в ходе мероприятия, обеспечение полноценного питания и ликвидация голода являются одной из 17 основополагающих взаимосвязанных целей устойчивого развития (ЦУР), разработанных в 2015 году Генеральной ассамблеей ООН и прописанных в повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

«В 2015 году задача ставилась так, чтобы к 2030 году полностью ликвидировать голод. В то время, по имеющимся у нас показателям, от него страдали порядка 820–840 миллионов человек», — сообщил директор отделения ФАО для связи с Российской Федерацией О. Кобяков. Свести к нулю показатель количества голодающих людей в мире через шесть лет нереально (от хронического голода в 2023 году, согласно флагманскому докладу ФАО и ее партнеров, страдали 730–750 млн человек, причем эта величина не менялась в течение последних двух лет), но можно принять меры, которые его существенно сократят, отметил он. Таким образом, будет заложена основа для ликвидации голода на планете в обозримом будущем, еще на протяжении жизни нынешнего поколения, добавил эксперт.

В историческом разрезе уже видны положительные результаты работы организации. Так, если в 1945 году в мире голодали порядка одного миллиарда человек, или 40% мирового населения, то сейчас, спустя почти 80 лет, от голода страдают около 9,8% (или каждый 11-й человек на планете), резюмировал спикер. «Поэтому всё-таки успехи есть, — заметил он, — и мы продолжаем двигаться вперед».

О. Кобяков сделал акцент на передовом опыте России, финансировавшей программы по школьному питанию в Армении, Киргизии, Таджикистане, отметив, что, по оценкам ФАО и других организаций системы ООН, она относится к числу стран, где продовольственная безопасность и здоровье населения (и в целом народосбережение) во главе социальной политики государства.



На актуальном вопросе обеспечения здорового питания россиян как важнейшем элементе сохранения и укрепления здоровья населения заострила внимание начальник управления гигиенического воспитания и коммуникационных проектов Роспотребнадзора Е. Головова. Она сообщила, что в рамках нацпроекта «Демография» Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека были проведены 1,2 млн исследований на 121 показатель качества (помимо этого, суммарно за шесть лет службой были исследованы порядка 54 тыс. образцов пищевой продукции на содержание микро- и макронутриентов). Специалисты Роспотребнадзора, исследовав представленный на полках магазинов ассортимент продукции, ее доступность для населения, заключили, что процесс импортозамещения продуктов питания и продовольственных товаров завершен, граждане имеют полноценный доступ к отечественной продукции, отметила чиновник.

Эксперт выделила просветительскую работу в качестве одного из ключевых направлений деятельности ведомства при

формировании привычек здорового питания у населения РФ. «Реализуя проект “Здоровое питание”, стартовавший в 2019 году, мы создали диджитал-систему, куда входят порталы, социальные сети, телепрограммы. Нашими амбассадорами стали известные политики, спортсмены, артисты — самые разные люди, поддерживающие нас», — рассказала она. Сегодня все желающие могут получить необходимую информацию по данной теме на официальном сайте Роспотребнадзора, портале здоровоепитание.рф и ряде других специальных ресурсов, добавила спикер.

Представителями службы в течение нескольких лет проводилось масштабное социологическое исследование с целью выявить степень осведомленности населения в части здорового питания. Если шесть лет назад этот показатель составлял 30%, то на текущий момент он увеличился практически на 50% — до 79%, проинформировала она. При этом термин «здоровое питание» входит сегодня в топ-3 определений понятия «благополучие», подытожила эксперт.

Ю.Г. Седова

СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВО СТАНОВИТСЯ ВСЕ БОЛЕЕ НАУКОЕМКИМ

Форум «Научное обеспечение продовольственной безопасности в условиях глобальных вызовов» с участием представителей академической науки, бизнеса и государственной власти прошел в рамках деловой программы 26 Российской агропромышленной выставки «Золотая осень» в Москве, на площадке РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева.



Источник: Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

Сегодня, в условиях непростой геополитической ситуации и глобальных вызовов, вопрос обеспечения продовольственной безопасности России становится все более актуальным, заявил, открывая мероприятие, президент Российской академии наук, академик Геннадий Красников. «Этот вопрос находится в центре внимания руководства страны, поскольку от его решения во многом зависят уровень и качество жизни граждан, устойчивое развитие и социальная стабильность общества», — сказал он. Президентом РФ поставлена задача: к 2030 году увеличить, по сравнению с 2021 годом, объем сельскохозяйственной продукции не менее чем на 20%, а ее экспорт — в 1,5 раза, отметил спикер. По его словам, ведущая роль в этом принадлежит аграрной науке, тем более что сельхозпроизводство становится все более наукоемким (в отрасли активно развиваются биотехнология, геновая инженерия, цифровизация и автоматизация технологических процессов, а также другие приоритетные направления, требующие серьезной научной базы). Крайне важно, чтобы отечественные научные разработки в наибольшей степени соответствовали запросам реального сектора экономики, позволяли снизить негативное влияние

всевозможных рисков, — как внешних, так и внутренних, заключил руководитель РАН.

Глава государства поставил задачу к 2030 году довести экспорт от агропромышленного комплекса до эквивалента 55,2 млрд долл., напомнила министр сельского хозяйства РФ Оксана Лут. При этом, добавила она, Россия должна войти в десятку ведущих стран мира по объему научных исследований и разработок, для чего, прежде всего, нужно преодолеть зависимость от импорта технологий и средств производства. «Президентом утверждены приоритетные направления научно-технологического развития нашей страны, в том числе высокопродуктивное и устойчивое к изменениям природной среды сельское хозяйство, а также определен перечень важнейших наукоемких технологий. Критическими из них являются повышение продуктивности и устойчивости к заболеваниям сельскохозяйственных животных, разработка ветеринарных препаратов нового поколения, в том числе для профилактики лечения инфекционных заболеваний животных, и получение устойчивых к изменению климата сортов и гибридов», — рассказала чиновник. Она сообщила, что для реализации указанных поручений руководителя

государства Минсельхозом России был подготовлен паспорт нацпроекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности», включающий пять федеральных проектов, тесно связанных с научными исследованиями. Это — «Кадры», «Техническая и технологическая независимость в сельскохозяйственном машиностроении, оборудовании для животноводства, пищевой и перерабатывающей промышленности», «Производство критически важных ферментных препаратов, пищевых и кормовых добавок, технологических вспомогательных средств», «Создание условий для развития научных разработок в селекции и генетике» и «Ветеринарные препараты».

По словам Оксаны Лут, научные разработки должны, в первую очередь, ориентироваться на потребности бизнес-сообщества, а их характеристики — соответствовать требованиям рынка по продуктивности, устойчивости к различным болезням и вредителям, природно-климатическим условиям регионов РФ. Также важно выстраивать сотрудничество науки и бизнеса по локализации выпуска пищевых и кормовых добавок, уточнила она.

Обеспечение населения продовольствием является основой национальной безопасности, поскольку гарантирует независимость государства в многополярном мире, заявила глава федерального Минсельхоза. «Защита национальных интересов в данной сфере напрямую связана с эффективностью сельского хозяйства и опирается на научно-технологический прогресс», — отметила она.

В качестве одного из ведущих драйверов укрепления продовольственного суверенитета спикер выделила селекцию. «Благодаря разработкам «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в плане селекции мы хорошо обеспечены зерновыми культурами, — рассказала



она. — Однако у нас имеются определенные проблемы с культурами, до недавнего времени представленными недружественными странами на нашем рынке, хотя нам и удалось за последние два года в этой области сделать прорыв, добиться значительного прогресса».

В числе ключевых целей и приоритетов министр обозначила необходимость подготовки высококвалифицированных специалистов для российского АПК, — внедрения бесшовной системы аграрного образования, начинающейся с сети агроклассов, где школьники будут знакомиться с основами сельского хозяйства. «Важнейшим аспектом является подготовка научных кадров, и здесь министерство рассчитывает на поддержку научных институтов и Российской академии наук», — заявила она.

Формула «кадры определяют все» по-прежнему верна, отметила академик РАН Людмила Беспалова, заведующая отделом селекции и семеноводства пшеницы и тритикале ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». «В Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко (и в нашем отделе) мы вплотную занимаемся созданием кадров для отрасли, чем, в том числе, наша краснодарская научная школа селекции, основанная великим Павлом Лукьяненко, и отличается», — рассказала она. Академик заострила внимание на важности господдержки добившихся выдающихся результатов российских селекционных научных школ (согласно ее презентации, в настоящее время наиболее высокие показатели импортонезависимости — по пшенице, тритикале, ячменю). Она выделила ряд передовых селекционных научных школ России. «В частности, по пшенице — это московская школа академика РАН Баграта Сандухадзе и краснодарская, северо-донецкая, донская, самарская



школы, по ржи — школа академика РАН Анатолия Гончаренко, а также татарская, вятская и саратовская школы, по овсу, ячменю и другим культурам — научная школа академика РАН Галины Баталовой», — проинформировала селекционер.

Получение высоких урожаев базируется на многовариантности, широком использовании качественных новых факторов и их интегративных эффектов, заявила Людмила Беспалова. По ее мнению, России сегодня нужен не один сорт, а системы сортов, их генофонд. «Для того, чтобы нам получать ежегодно высокий урожай, генофонд созданных сортов должен доминировать над средой», — отметила академик.

Как сообщил заместитель министра науки и высшего образования РФ Дмитрий Пышный, в результате масштабной трансформации сектора исследований и разработок в сфере сельского хозяйства, создана основа для гарантированного обеспечения семенами отечественной селекции. Так, по данным чиновника, бюджетное финансирование сектора увеличилось с 6,6 млрд руб. в 2013 году до 12,2 млрд руб. в 2024 году, а объем вложенных внебюджетных средств — с 6,1 млрд руб.

до 15,1 млрд руб. соответственно. «Практически полностью указанный объем связан с продажей элитных семян отечественной селекции», — заявил он.

Спикер сообщил, что за четыре года с момента утверждения доктрины продовольственной безопасности РФ в рамках нацпроекта «Наука и университеты» создано 165 молодежных лабораторий, профилем которых выступают исследования в области сельского хозяйства, — к их работе привлечено свыше 1600 научных сотрудников. Минобрнауки России в этом случае пошло на беспрецедентный шаг: привлекло бизнес-структуры к формированию лабораторий и выбору их тематик (а многие научные лаборатории создавались по заказу бизнес-сообщества в соответствующей сфере), отметил он. «Надеемся, что таким образом удалось добиться «большого взаимопонимания» между реальным сектором экономики и исследованиями, которые проводятся в сельскохозяйственной науке», — заметил Дмитрий Пышный.

Также спикер сообщил, что в аграрные научные центры было приобретено лабораторное оборудование на сумму более 4,8 млрд рублей.

По информации замминистра, сейчас в стране работает 35 селекционно-семеноводческих и селекционно-племенных центров, созданы национальные центры генетических ресурсов сельскохозяйственных растений и животных (в том числе, отдельно, Национальный центр генетических ресурсов автохтонных сортов винограда). Также в РФ проводится работа по созданию такого центра по промышленным микроорганизмам, добавил он.

Достижение технологического суверенитета является первоочередной задачей отрасли, заявил вице-президент РАН, академик



Николай Долгушкин. Так, индекс технологического суверенитета продовольственной безопасности, рассчитанный профильным ведомством, в прошлом году составил 56,7%, — зависимость от импорта наиболее чувствительна в таких сферах как обеспеченность семенами сельхозкультур, племенным материалом, средствами защиты растений, ветеринарными препаратами, техникой, оборудованием, технологиями, сообщил он.

В настоящее время исследования с целью развития сельского хозяйства в первую очередь ведутся в соответствии со стратегическими государственными документами, в частности, с Программой развития сельского хозяйства, утвержденной до 2030 года, где Российская академия наук является соисполнителем, отметил Николай Долгушкин. Отечественные ученые работают по целому ряду научных направлений, ориентируясь, в том числе, на 13 подпрограмм по основным критическим направлениям, заложенных в этом документе, добавил он.

Что касается животноводства, то в этой отрасли можно выделить два ключевых фактора, влияющих на обеспечение продовольственной безопасности, — конкурентоспособность племенных ресурсов в отношении уровня развития экономически значимых признаков и устойчивость систем сельскохозяйственного производства, отметил директор ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, академик РАН Наталия Зиновьева. Так, если первый фактор предполагает высокий генетический потенциал продуктивности, устойчивость к болезням, отсутствие наследственных заболеваний, продуктивное долголетие сельхозживотных, то второй фактор — их способность адаптироваться к изменяющимся внешним условиям, в том числе к климатическим условиям и к техногенной нагрузке (а также к потребностям рынка), пояснила она.

Сегодня исследования научных организаций, находящихся под научно-методическим руководством РАН, направлены на совершенствование технологии селекции, сохранение и изучение генетического разнообразия, сообщила спикер.

Сделав акцент на вопросе подготовки кадров, академик, отметил наличие научных школ и кадрового потенциала в научных организациях страны, заявила о необходимости заказа — со стороны регионов,



бизнеса — на подготовку кадров высшей квалификации. «Время пока есть, но нужно понимать, что подготовка кандидата наук занимает 3–4 года, доктора наук — 7–8 лет. То есть начинать надо уже сегодня. Мы готовы», — сказала она.

Высокий потенциал России в аграрной сфере, реализовывать который придется в крайне непростых условиях новой реальности, отметил председатель Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Александр Двойных. По его словам, действующая система мер господдержки продемонстрировала эффективность и оказала положительное влияние на развитие сельхозпроизводства, став, по сути, одним из локомотивов национальной экономики. Как результат, были достигнуты и перевыполнены многие показатели самообеспеченности, зафиксированные в Доктрине продовольственной безопасности РФ, заявил парламентарий. Формирование условий для научной и научно-технической деятельности, совершенствование системы подготовки и дополнительного профессионального образования кадров для АПК предусмотрены в числе ключевых задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы, резюмировал он. Спикер отметил, что реализация отраслевых подпрограмм ФНТП направлена на обеспечение импортозамещения РФ в части агротехнологий, селекционно-генетического, семенного материала, а также племенного материала с целью достижения параметров Доктрины продовольственной безопасности. «На текущий момент приняты 13 из 15 подпрограмм ФНТП, — проинформировал он. — Фактическая

реализация в полном объеме начата не по всем подпрограммам, — не приняты такие важнейшие подпрограммы, как сельскохозяйственная техника и ветеринарные препараты». Министерство сельского хозяйства РФ в прошлом году провело масштабную работу по актуализации индикаторов ФНТП и совершенствованию механизма ее реализации, отметил сенатор. «Это была одна из основных рекомендаций Совета Федерации, — сказал он. — Теперь необходимо принять меры по достижению этих индикаторов». Глава профильного Комитета отметил важность формирования и согласования РАН тематик научных и поисковых фундаментальных и прикладных исследований федеральных научных бюджетных организаций, находящихся в ведении Минобрнауки и Минсельхоза, которые будут востребованы на отечественном рынке. По его мнению, нужно обеспечить их публичное обсуждение с отраслевым бизнес-сообществом и последующее масштабирование внедрения в производство. Законодатель предложил РАН рассмотреть возможность разработки модели взаимодействия аграрных образовательных и научных учреждений, бизнеса и государства, уделив особое внимание усилению инноваций в научно-исследовательской деятельности, развитию прямых связей с организациями АПК, — в первую очередь, с ведущими компаниями и агрохолдингами. Необходимо сформировать единый центр координации научно-технического развития АПК, нацеленный на разработку, актуализацию и обеспечение реализации долгосрочной стратегии развития аграрной науки и образования в России, подытожил он.

Ю.Г. Седова

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВЫХ ПРОТЕИНОВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Ведущие эксперты и аналитики отрасли обсудили вопросы производства и применения растительных и микробных кормовых протеинов, глубокой переработки высокобелковых культур на Международном форуме «ПротеинТек-2024». Организаторами мероприятия, прошедшего 25.09.2024 в Москве, выступили Российская биотопливная ассоциация (РБА) и Центр новых технологий (ЦНТ).

Мировой рынок протеинов для применения в кормах для животных постоянно растет: если в 2023 году его оценивали в 309 млрд долл. США, то к 2032 году, по аналитическим прогнозам, он превысит 476 млрд долл. США при среднегодовом росте в 4,9%, сообщил президент РБА А. Аблаев.

Директор Agrotech Hub Фонда Сколково Н. Чернышева акцентировала внимание на необходимости производства альтернативных источников протеинов, в том числе в связи с ростом мировых цен на соевые бобы и рыбную муку. Например, рынок белка насекомых для кормовой отрасли в мире оценивается в 0,65 млрд долл. США, по данным за 2021 год, с перспективой роста до 1,2 млрд долл. США к 2030 году, проинформировала она.

Генеральный директор аналитической компании FEEDLOT Л. Савкина отметила, что кормовые протеины, потребление которых в нашей стране возрастает в соответствии с увеличением поголовья скота и птицы, разделяют на следующие виды: животного происхождения (рыбная, мясная, мясокостная, кровяная и перьевая мука); растительного происхождения (соевый, подсолнечный, рапсовый,

копровой и хлопковый шроты); микробиологического происхождения (аминокислоты и витамины).

Что касается производства протеинов животного происхождения в России, то, по оценкам аналитика, в течение 7 месяцев 2024 года выпуск мясокостной муки увеличился на 4% за год и составил 412 тыс. т (при этом объемы производства такой муки выросли за пять лет на 35%). Значительно возросло и производство муки и гранул из рыбы — до 112 тыс. т.

По данным спикера, практически весь объем рыбной муки (более 90%) в РФ обеспечивают дальневосточные предприятия, а мясокостную муку в основном (свыше половины объема) производят в Центральном федеральном округе, доля которого в структуре производства увеличилась с 53 до 55% за год.

По итогам 2024 года выпуск мясокостной, мясной и прочей муки вырастет еще на 4% (до 730 тыс. т), а сегмент рыбной муки — на 11% (до 193 тыс. т), проинформировала докладчик. На отечественном рынке мясокостная мука, доля которой за пять лет выросла с 93 до 99%, постепенно вытесняет рыбную (ее большая часть отправляется на

экспорт, будучи особо востребованной в КНР и Республике Корея), отметила она. «Потребность в рыбной муке у нас намного ниже, чем объемы производства, при этом для животноводов стоимость этой муки высока, а рыбноводы ее не используют из-за низкого качества», — пояснила эксперт. В связи с этим необходимо отметить, что за январь — июль 2024 года цены производителей на кормовую рыбную муку увеличились на 44% (за год) — до 154 рублей за 1 кг, в то время как на мясокостную муку — всего лишь на 6% (до 55 рублей за 1 кг), заключила она.

На сегодняшний день более 90% рынка мясокостной и рыбной муки в РФ обеспечивается за счет внутренних мощностей, сообщила Л. Савкина. «Причем самообеспеченность по мясокостной муке у нас на 98%, а по рыбной — на 92%, но не из-за невозможности произвести необходимый объем. Потребителям нужны другие цена и качество», — резюмировала она.

По прогнозу эксперта, в 2024 году производство жмыха и шрота высокобелковых культур (подсолнечника, сои, рапса) в России возрастет на 8% за год, составив 14,5 млн т. За последние пять лет выпуск данной продукции вырос на 49%, а экспорт — на 68%, добавила она, уточнив, что в 2023 году потребность российского рынка составила 9,5 млн т шротов (при производстве в 13 млн т и мировой потребности в 360 млн т). Предположительно в этом году ее экспортные поставки вырастут на 13% (с прошлогодних 4 млн т) — до 4,5 млн т, отметила аналитик. Основными экспортными направлениями стали Турция и Республика Беларусь, где наблюдается значительный прирост поставок: экспорт подсолнечного шрота в Турцию увеличился на 89%, а в Белоруссию — на 66%. Положительную динамику демонстрирует соевый шрот, особенно в поставках в Германию (+72%), подытожила она.

Ю.Г. Седова



ПРОВЕРЕННАЯ СТРАТЕГИЯ — МАКСИМАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ЧИСТОГО ЯЙЦА

Проведено исследование по экспериментальной оценке эффективности использования кормовой добавки растительного происхождения, содержащей эфирные масла и органические кислоты, для повышения здоровья кишечника кур родительского стада и снижения количества грязного инкубационного яйца.

Перед птицеводческой отраслью стоят задачи — снижение финансовых затрат и повышение качества продукции. Для этого птице необходимо создать такие условия, чтобы она могла полностью раскрыть свой генетический потенциал и показать высокую продуктивность.

Не вызывает сомнений, что количество и качество яиц являются наиболее важными производственными параметрами у кур-несушек, потому что напрямую влияют на экономическую прибыльность птицеводческой отрасли. Например, грязное яйцо встречается повсеместно на птицефабриках и остается серьезной проблемой для яичной промышленности. При такой ситуации появляются риски не получить максимально качественную продукцию как для производителей инкубационного яйца, так и для производителей товарного яйца.

В настоящее время напряженный характер современного птицеводства и временные трудности с

поставками отдельных вакцин, антибиотикорезистентностью бактерий к определенным антибиотикам создают проблемы, связанные с благополучием здоровья птицы. Поэтому специалистам надо постоянно стремиться поддерживать здоровье кур и обеспечивать их благополучие для реализации полного генетического потенциала.

Самый важный фактор, от которого зависит общее здоровье птицы, — способность желудочно-кишечного тракта выполнять нормальные физиологические функции, а это структурное состояние целостности кишечника, внутренняя микробиота, включающая различные бактерии и состояние иммунной системы.

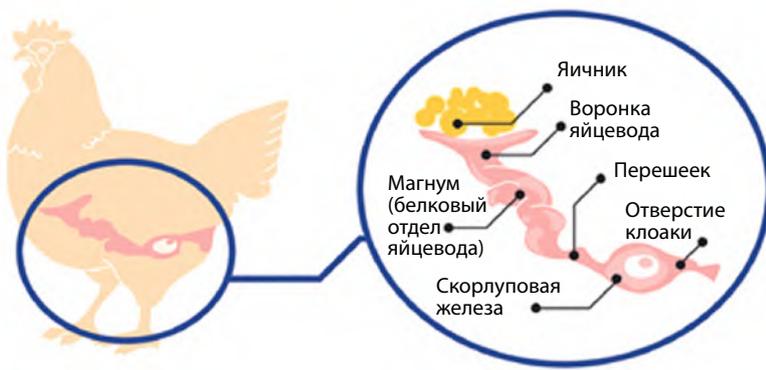
При дисбалансе в сторону преувеличения патогенов происходят изменения в гистоструктуре стенки кишечника. В частности, ворсинки кишечника становятся менее выраженными, происходит нарушение межклеточных связей эпителиальной ткани.

Патогенная микрофлора в основном поражает тонкий отдел кишечника, где происходит всасывание питательных веществ корма. Из-за повреждения защитной функции кишечника корм в организме птицы переваривается не полностью, увеличивается численность условно-патогенных микроорганизмов, которые вытесняют полезную микрофлору кишечника, и, как следствие, возникает диарея, приводящая к увеличению числа грязных яиц.

Загрязненность яиц снижает получение жизнеспособных цыплят, так как в поры скорлупы может проникать патогенная микрофлора. Крошечные поры на скорлупе грязных яиц способствуют увеличению их обсемененности бактериями, в частности сальмонеллами, что ведет к угрозе для безопасности потребителей. Качество скорлупы имеет огромное значение для птицефабрик при выходе на конкурентный рынок.



Рис. 1. Схема репродуктивной системы кур



Для более детального понимания проблемы загрязненного яйца обратимся к физиологии. В организме птицы яичник с фолликулами располагается над отверстием в расширенной воронке яйцевода. Он состоит из толстостенной извилистой фаллопиевой (маточной) трубы. Воронка крепится к брюшной стенке мышечными связками, обеспечивающими ее подвижность при созревании фолликулов. Весь яйцевод делится на несколько отделов: верхняя труба с отверстием и воронкой; белковая часть трубы; перешеек; широкий участок матки с влагищем. Далее труба через толстую кишку соединяется с клоакой курицы. Поэтому при любом дисбактериозе в кишечнике (а причин его возникновения много) возможно получение грязного яйца.

Есть много факторов, вызывающих появление грязных яиц у несушек, однако основными проблемами являются содержание и кормление птицы. Значительно снизить количество грязных яиц можно с помощью изменения рецептуры корма. Большое влияние на качество яиц и уменьшение влажности помета оказывает включение в рацион птицы кормовых добавок.

Для кур-несушек (особенно родительского стада) в период ремонтного выращивания состояние кишечника очень важно, так как в большей степени они нуждаются в питательных веществах, а именно в кальции, фосфоре, микроэлементах, витаминах и др. Наибольшая часть всех полезных компонентов корма используется для формирования яйца. Этот физиологический процесс достаточно сложный и отлаженный, а многие стресс-факторы внешней среды, включая микотоксины, могут привести к его нарушениям.

Снижение производственных издержек из-за различных технологических, кормовых причин, активизации

условно-патогенных микроорганизмов и их резистентности к некоторым антибиотикам возможно при применении дополнительных природных компонентов и органических кислот, таким образом повышая сохранность птицепоголовья, продуктивность и получение качественно финального гибрида.

В связи с ростом массового интереса к кормовым добавкам с природными растительными компонентами и органическими кислотами для поддержания здоровья птицы ученые из компании ССРА (Франция) изучили сочетание эфирных масел, экстрактов растений с органическими кислотами и вывели на мировой рынок кормовую добавку «Проактив Пуолтри», которая с 2023 года производится на российском рынке.

Природные компоненты в настоящее время достаточно широко изучены и проверены на практике и могут успешно вытеснить антибиотики и без ущерба экономической эффективности производства. К таким природным компонентам относятся:

Эфирные масла. Свойства эфирных масел обусловлены многокомпонентным составом специфических фенолов и терпенов. Они обладают бактерицидным действием, превышающим действие антибиотиков (в аналогичных дозировках). Эфирные масла тимьяна, гвоздики и коричневого альдегида отличаются высоким содержанием таких биологически активных веществ, как тимол, карвакрол, эвгенол, которые оказывают наибольшую антибактериальную активность. В добавление к компонентам эфирных масел у патогенных микроорганизмов не вырабатывается резистентность. Механизм действия фенолов и терпенов на бактериальную клетку во многом сходен с действием органических кислот: разрушение

клеточной мембраны, нарушение обменных процессов и репликации ДНК. Однако эффективные концентрации эфирных масел в сотни раз ниже, чем у органических кислот. Совместное применение органических кислот и эфирных масел позволяет достичь максимальных бактерицидных и фунгицидных свойств при использовании безопасных для птицы дозировок. В состав эфирных масел входят и другие активные компоненты, такие как экстракт перца чили и экстракт горьких субстанций из растений. Эти вещества обладают противоспазмолитическим, успокаивающим, спазмолитическим и многими другими действиями.

Органические кислоты. Фумаровая, яблочная, лимонная кислоты входят в состав данной кормовой добавки, которые помогают кишечнику в борьбе с патогенами и стимулируют развитие эпителиальных клеток. Эти кислоты находятся в специальной защищенной форме, чтобы в неизменном виде достичь тонкого отдела кишечника и там снизить pH, создавая неблагоприятную среду для патогенов, способствуя более эффективной работе эфирных масел, экстрактов растений и увеличению полезной микробиоты. Органические кислоты в кишечнике у птицы, снижая pH, помогают усваивать фосфор и кальций, а это ведет к большому отложению кальция в скорлупе яиц, что способствует улучшению качества скорлупы у кур-несушек. D. Yesilbag, I. Colpan в своей исследовательской работе отмечают, что добавки с органическими кислотами и их солями положительно влияют на яйценоскость и эффективность белкового обмена. В комплексе представленные органические кислоты улучшают потребление корма, коэффициент его конверсии, продуктивность птицы. Есть мнение, что все кормовые добавки, в состав которых входят органические кислоты, относятся к группе пребиотиков, а они, как показали результаты исследований, имеют ряд преимуществ перед антибиотиками и пробиотиками. Функция фумаровой кислоты заключается в улучшении вкусовых качеств корма, стимулирует его переваримость и усвоение питательных веществ, таким образом, нет питательной среды для развития условно-патогенных бактерий. Как известно, в слабокислой среде угнетается развитие грибов и эшерихий, сальмонелл и др. При этом на слизистых кишечника птицы

усиливается рост полезных симбиотных микроорганизмов (лакто-, бифидо- и ацидобактерий, пропионовокислых бактерий). Представленная кислота стимулирует синтез мышц, костной ткани и ускоряет процесс образования яйца. Повышает продуктивность птицы (яйценоскость минимум на 3–9%), а также период стабильной яйценоскости.

Лимонная кислота обладает сильным антибактериальным действием, она оказывает антистрессовое действие, является катализатором обмена веществ, синергистом антиоксидантов. Цитратинон, составляющий основу лимонной кислоты, — прекрасный хелатирующий агент, обеспечивающий образование легкоусвояемых хелатных комплексов ионов микроэлементов (железо, марганец, медь, цинк, кобальт и др.). Улучшает процессы солевого обмена, усвояемости кормов, роста и прочности костной ткани. Лимонная кислота способствует активации ферментов, ответственных за переваривание корма у птиц.

Яблочная кислота имеет важное значение для нормального протекания обменных процессов, регулирует кислотно-щелочное равновесие, улучшает перистальтику кишечника, способствует очищению организма, стимулирует синтез коллагена в коже. Она важна для промежуточных продуктов обменных процессов живых организмов, является источником полезных веществ и витаминов. Помимо прочего, эта кислота проявляет мощные антиоксидантные свойства, что способствует улучшению сопротивляемости организма к различным патогенным микроорганизмам. Интересное исследование провели зарубежные авторы, которые установили, что при использовании яблочной кислоты в эксперименте происходит процесс снижения заражения кампилобактериями.

Из вышеперечисленных свойств фенолов и органических кислот понятно, что каждый компонент имеет свой спектр функций, поддерживает и усиливает друг друга в нескольких процессах пищеварения, антиоксидантной активности и работает против различных патогенов. Всё это в совокупности способствует сохранению здоровья птицы и полной отдаче в продуктивности.

В дополнение в качестве наполнителя используют карбонат кальция, и это обоснованно. Большие убытки приносит птицеводству частичная минеральная недостаточность,

когда явные симптомы заболевания отсутствуют, но наблюдается снижение продуктивности птицы. Надо помнить, что для формирования яиц с крепкой скорлупой курице требуется от 4 до 5 г кальция в день. Скорлупа яйца состоит на 94% из карбоната кальция, но поскольку птица сама не может вырабатывать этот элемент, его необходимо поставлять с кормом, особенно при интенсивном выращивании. Лучшим источником кальция для яйцекладущей птицы считается кормовая известняк с регламентированными параметрами качества. Более 80% современных европейских птицеводческих производств в качестве кальциевого источника используют именно такой минеральный продукт.

Принимая во внимание действие всех компонентов, описанных выше, в качестве попытки получить более качественное и чистое яйцо по сравнению с утвержденной программой на птицефабрике Центрального региона России в корм птице родительского стада была добавлена природная кормовая добавка «Проактив Пуолтри».

Производственный опыт

В одном из крупных птицеводческих предприятий был проведен производственный опыт: в рацион курам-несушкам родительского стада кросса Ross 308 ввели кормовую добавку «Проактив Пуолтри». Продолжительность производственного опыта — 270 дней.

Цели проведения опыта — определение уровня влияния кормовой добавки на производственные показатели (продуктивность, сохранность, выход инкубационных яиц, снижение брака яйца категории «грязное») и оценка экономической эффективности ее использования.

На птицефабрике клеточного содержания кур родительского стада (КРС) разделили на контрольную и опытную группы по принципу пар аналогов. Всего в производственный опыт были включены две площадки кур по производству инкубационного яйца. Технологические программы содержания КРС были идентичными в каждой группе (возраст, технология содержания, программа ветеринарно-профилактических мероприятий, вода, световая программа и т. д.).

В опытной группе КРС кормовую добавку «Проактив Пуолтри» вводили в утвержденный на птицефабрике основной рацион со 120-го дня до 390-го в дозировке 1 кг на 1 т корма.

Таблица. Производственные показатели КРС клеточного содержания по каждой площадке

Номер площадки	РС1 (опыт)	РС2 (контроль)	± разница (опыт/контроль)
Генетика	Ross 308		
Поголовье, гол	20 858	21 156	-298
Период опыта, дни	120–390	120–390	
Сохранность, %	98,9	98,84	+0,06%
Насечка, %	5,38	6,47	-16,84%
Грязное яйцо, %	6,94	7,36	-5,7%
Возврат инвестиций, руб.	1,74:1		

Контролем служила группа КРС, которые потребляли идентичный рацион, но без кормовой добавки «Проактив Пуолтри».

Производственный опыт проводился в течение всех периодов года.

Результаты и выводы

Как видно из таблицы, в опытной группе площадки РС1 были получены более высокие показатели по сохранности поголовья КРС (98,9%), наблюдается значительное снижение процента насечки инкубационного яйца (на 16,84%) и загрязненного (грязного) инкубационного яйца (на 5,7%). Применение стандартных полнорационных комбикормов КРС с добавлением кормовой добавки «Проактив Пуолтри» позволило за 270 дней производственного опыта получить возврат инвестиций — 1,74:1 руб.

Таким образом, обосновываются размышления по представленным литературным данным и получению показателей по производственному опыту, что сочетание эфирных масел и органических кислот, обладающих свойствами, описанными выше, позволили улучшить нормофлору и морфологию кишечника, усвояемость кормов, витаминов, минералов и качество яиц. Оказали положительное действие на иммунную систему и регуляцию окислительного стресса. Потенциал органических кислот и эфирных масел в улучшении продуктивности и качества получения яиц получается выше, чем от применения антибиотиков при лечении, тем более что антибиотики в яичном направлении применяются очень редко.

Крюкова Т.В., эксперт в области содержания и кормления с/х птицы
Департамент развития и экспертизы ГК ВИК,
Дорофеева С.Г.,
заместитель генерального директора
по ветеринарии ГК ВИК

ЧИСТЫЕ ВИРУСОПОДОБНЫЕ ЧАСТИЦЫ — НОВАЯ ЭРА В ПРОИЗВОДСТВЕ ВАКЦИН ПРОТИВ ЦИРКОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ СВИНЕЙ

Значительным событием в научной и практической работе стала разработка в 2006 году субъединичных вакцин против цирковиральной инфекции свиней. Это было принципиально новое направление в вакцинации. Для этого при формировании иммунного ответа ученые вместо введения цельного патогена в вакцину ввели очищенные частицы белка. Они были изучены и отобраны по принципу наилучшей сборки молекул, способных стимулировать формирование сильного и действенного иммунного ответа.



С учетом того что это только фрагменты вирусов, контакта непосредственно с инфекционным агентом не происходит, а это в свою очередь указывает, что они не могут вызвать заболевание, следовательно, эту вакцину можно отнести к безопасным во всех отношениях. Фрагменты вируса в данной вакцине не инфицируют клетки организма, получается, что при вакцинации субъединичной вакциной в основном запускаются звенья клеточно-опосредованного иммунного ответа, а в совокупности с работой адьювантной системы обеспечивают длительный протекционный иммунитет. Последние исследования показали, что вакцины, содержащие адьювантную систему на основе карбомера, стимулируют высокий не только гуморальный, но и клеточный иммунный ответ.

Компания «Имуновакс» в партнерстве с компаниями-биотехнологическими гигантами, входящими в топ-20 мира, запустила российское производство иммунобиологических препаратов, таких как «ВироваксПорци PCV» (вакцина субъединичная против цирковиральной инфекции свиней) и «ВироваксПорци PCV МН» (вакцина для профилактики цирковиральной инфекции и энзоотической пневмонии свиней инактивированная).

Технологическое партнерство «Имуновакс» позволяет осуществлять трансфер передовых зарубежных технологий, отбирать наиболее активные штаммы, проверенные на многомиллионном поголовье свиней за рубежом, получать доступ к передовым технологиям и развивать экспертизу совместно с мировыми лидерами в производстве вакцин.

«Имуновакс» выводит на рынок биологических ветеринарных препаратов генно-инженерные субъединичные вакцины, в которых в качестве вирусного иммуногена используется белок капсида. Этот белок является ключевым компонентом «ВироваксПорци PCV» и «ВироваксПорци PCV МН», в их основе — чистые вирусоподобные частицы (Virus-Like Particles, VLP), не содержащие нуклеиновых кислот, а именно остатков аргинина на своем N-конце, которые кодируются редкими кодонами, используемыми в системе экспрессии *Escherichia coli*.

Данного свойства при производстве VLP удалось достичь благодаря анализу экспрессии и растворимости десятков белков PCV2Cap путем комбинирования различных штаммов PCV2 и векторов экспрессии. Основываясь на данных анализа, была проведена оптимизация генетической последовательности редких кодонов, что позволило кодировать одни и те же аминокислоты разными триплетами.

Оптимизированная последовательность гена Cap из штамма PCV2 GX клонируется в вектор pET24a, а

полученная рекомбинантная плазмида переносится в компетентные клетки BL21/DE3 *Escherichia coli*. Супернатант клеточных лизатов, содержащих рекомбинантный белок Cap (rCap), осаждается и повторно суспендируется с последующей анионообменной хроматографической очисткой и в лабораторных условиях собирается в вирусоподобные частицы. Уникальный процесс сборки вирусоподобных частиц позволяет объединить 5 Cap-белков в пентамер и 12 пентамеров в VLP, который обладает большей иммуногенностью, чем один Cap-белок.

Разработка субъединичной вакцины путем экспрессии в *E. Coli*, последующей разборки и повторной сборки капсидных VLP вируса PCV2 более прогрессивна по сравнению с системами экспрессии на основе бакуловирусов, так как полученные при данной технологии VLP не содержат примесей упакованных нуклеиновых кислот и остаточных компонентов клеточной среды, являясь более чистой антигенной платформой.

Благодаря биоинформационному анализу в сочетании с технологией



Диаграмма 1. Уровень иммунного ответа «ВироваксПорци PCV»

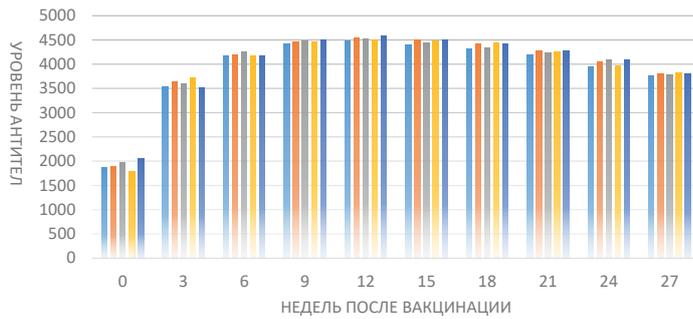
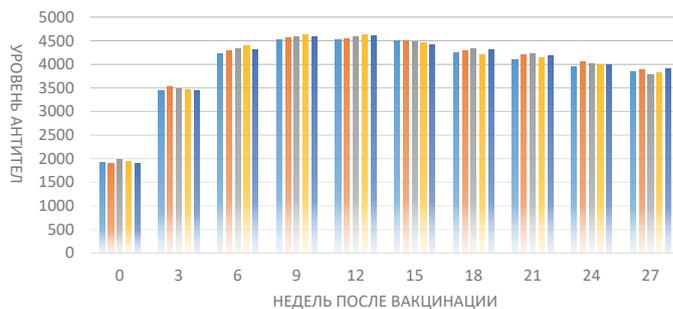


Диаграмма 2. Уровень иммунного ответа «ВироваксПорци PCV МН»



модификации генов и рекомбинантного клонирования для создания оптимального антигена, оптимизации процесса ферментации и хроматографической очистки белка чистота очищенного белка Сар достигла более 95%, а содержание субъединицы PCV2 Сар в каждой дозе вакцины составляет свыше 100 мкг.

С целью повышения эффективности иммунного ответа в «ВироваксПорци PCV» и «ВироваксПорци PCV МН» используется адьювантная система Aqueae Freemix™.

Aqueae Freemix™ — это запатентованная формула, созданная на основе карбомера, которая обеспечивает ранний иммунный ответ и поддержание его на высоком уровне. Она обладает способностью повышенной адсорбции антигена, обеспечивая медленное его высвобождение и создавая эффект депо. Депо-эффект с медленным высвобождением способствует улучшению презентации антигена эффекторным клеткам и обеспечивает значительное усиление антигенного иммунного ответа. Этот адьювант стимулирует как гуморальный, так и Т-клеточный ответ, что приводит к более высоким уровням гуморальных антител и клеточного иммунитета.

Изготовление адьюванта происходит из коллоидного полимерного сшитого сополимера в виде наномикросфер с пространственной сетчатой структурой внутри микросфер. Благодаря этой структуре адьювант обладает высокой эффективностью

адсорбции антигенов, обеспечивая длительное и медленное их высвобождение. Это позволяет эффективно стимулировать иммунные клетки. После введения животному вакцина легко усваивается и не вызывает побочных эффектов. Антитела начинают вырабатываться через 7 дней после вакцинации и сохраняются более 6 месяцев.

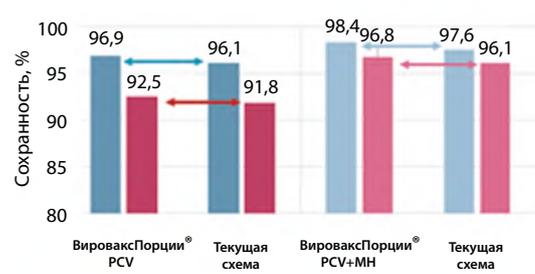
Таким образом, «ВироваксПорци PCV» и «ВироваксПорци PCV МН» благодаря стратегии производства антигена на основе VLP и современной адьювантной системе представляют собой современный биопрепарат высокого класса, соответствующий всем параметрам эффективности и безопасности.

К настоящему времени уже проведены доклинические и клинические испытания, в рамках которых получены данные, подтверждающие, что «ВироваксПорци PCV» и «ВироваксПорци PCV МН» эффективно предотвращают развитие цирковирусной инфекции у свиней как в субклинической, так и в клинической форме.

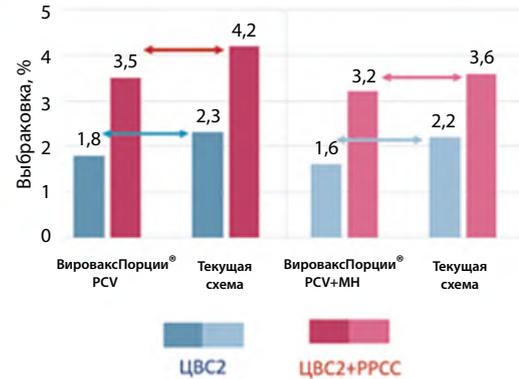
Для оценки эффективности вакцины были проведены серологические исследования на базе независимых лабораторий с использованием тест-наборов BioChek для определения антител к цирковирусу свиней типа 2. Результаты представлены в диаграммах 1, 2.

Исследования показали, что через три недели после вакцинации животных во всех опытах достигаются защитный уровень иммунитета,

Снижение смертности, %



Снижение выбраковки, %



ЦВС2 ЦВС2+РРСС

уровень антител, превышающий 3500 единиц оптической плотности, с высокой однородностью иммунного ответа — более 75%.

Эффективность вакцин была подтверждена результатами количественного ПЦР-анализа, полученного на базе независимых лабораторий, значения которого не превышали $4 \log^{10}$ во всех исследуемых возрастных группах.

Применение вакцины способствовало достижению высоких производственных показателей, в том числе на РРСС-позитивных комплексах. Это подтверждается данными, представленными на диаграммах 1, 2. В ходе оценки были использованы показатели: сохранность поголовья, среднесуточный привес, процент выбраковки и конверсия корма.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что выведение на рынок РФ вакцин «Имуновакс» — «ВироваксПорци PCV» и «ВироваксПорци PCV МН» — означает появление эффективного инструмента контроля цирковирусной инфекции и достойной альтернативы мировым брендам.

Целесообразность и безопасность применения биологических препаратов подтверждены результатами лабораторных исследований и сохранением высоких производственных показателей.

Бердников М.Л.,
заместитель директора
Департамента продвижения дивизиона
свиноводства ГК ВИК

ОБРАЗОВАНИЕ — ЕДИНСТВО НАУКИ И ПРАКТИКИ



С.В. Полябин, ректор академии, профессор РАН, почетный работник АПК России, выпускник академии 2000 г.

Коллектив академии ставит и решает самые амбициозные и важные задачи, обеспечивающие сохранение лидирующих позиций. За последние пять лет сделана большая работа по развитию академии: открыты новые направления, базовые кафедры совместно с работодателями, созданы новые аудитории и современные лаборатории, значительно повысились качество преподавания и реализация образовательных программ.

Московская ветеринарная академия стала действительно научным центром, в котором проводятся исследования по наиболее

Московская ветеринарная академия за 105 лет прошла славный путь, став крупным инновационным учебно-методическим и научным центром, лидером образования в области ветеринарии, зоотехнии, биотехнологии переработки и экспертизы качества продукции животноводства. Выпускники академии высоко ценятся на рынке труда и способны добиваться самых высоких карьерных вершин.

перспективным направлениям научной деятельности.

Важным достижением стало то, что в 2024 году по результатам агрегированного рейтинга вузов RAEX академия заняла первое место в Российской Федерации по направлениям ветеринарии и зоотехнии. Эту оценку академия получила по таким объективным причинам, как максимальное трудоустройство выпускников, спрос на поступление по целевым договорам, наличие материальной базы и отзывы работодателей.

Академия подтвердила свой статус и успешно прошла отбор в программу академического стратегического лидерства «Приоритет-2030». В рамках программы до 2033 года в вузе откроются новые лаборатории, цифровые кафедры, будут созданы новые рабочие места для талантливых выпускников и значительно изменится научно-образовательная политика.

Вместе с академией проект реализуют ГК «Черкизово», ООО «Агровет», ФИЦ ВИЖ им Л.К. Эрнста, СГЦ «Смена 9», НВЦ «Агроветзащита», ООО Группа компаний «ВИК», ООО «Нита-фарм», ветеринарные службы Москвы и Московской области и другие партнеры. Как результат, будут созданы новые методы

диагностики, лечения и профилактики животных, разработаны рецептуры кормов, кормовых добавок и другие важные для российского животноводства методики, направленные на реализацию программы развития сельского хозяйства.

В конце 2023 года академия получила возможность провести совещание министра сельского хозяйства России с руководителями организаций высшего образования, подведомственных Минсельхозу России, и принять высоких гостей: министра сельского хозяйства РФ Д.Н. Патрушева, заместителей министра, директоров департаментов и ректоров 46 аграрных вузов. Академия продемонстрировала свои достижения в области развития материальной базы, организации научной и воспитательной работы, пропаганды здорового образа жизни. На совещании с министром была отдельно отмечена роль вузов в кадровом обеспечении всех отраслей сельского хозяйства.

Впервые в России в Московской ветеринарной академии реализуются программы ветеринарной интернатуры. Это единственный вуз, подведомственный Минсельхозу России, в котором проводится эксперимент по апробации программ ветеринарной интернатуры.



Всероссийское совещание министра сельского хозяйства РФ в зале ученого совета академии



Осмотр Д.Н. Патрушевым клиники для лечения лошадей в академии



1 сентября 2023 года — посвящение в студенты. Это знаковое событие не только для первокурсников, но и для выпускников. В церемонии принимают участие статс-секретарь — заместитель министра М.И. Увайдов, ректор академии С.В. Полябин, академики РАН Ф.И. Василевич, И.И. Кочиш, А.Н. Панин, М.И. Гулюкин, член-корреспондент РАН А.Д. Забережный, почетные гости Ю.И. Барсуков, Т.И. Алипер, А.В. Сауткин, Л.К. Киш и др.

Постановлением Правительства РФ определено, что с 2024 по 2028 год будет апробирована 31 образовательная программа, после чего дополнительный уровень образования будет введен для всех вузов России. Это послужит основой для совершенствования ветеринарного обеспечения АПК страны.

Ежегодно в академию поступает талантливая и мотивированная молодежь.

1 сентября — посвящение в студенты. Этот ритуал проводят ректор и выдающиеся выпускники академии.

Академия сильна своими кадрами, научными школами и преемственностью поколений. За последние пять лет коллектив помолодел, удалось добиться практически двукратного повышения защиты кандидатов и докторов наук сотрудниками академии. Молодым преподавателям помогают представители старшего поколения, передавая свой опыт и знания. Сегодня среди профессорско-преподавательского состава 4 академика РАН (Ф.И. Василевич,

И.И. Кочиш, Н.А. Балакирев, С.В. Енгашев), 2 члена-корреспондента РАН (Д.А. Девришев, Д.А. Тихомиров), профессор РАН и лауреаты премий государственного значения. Остепененность преподавателей составляет 84%. Реализуются программы поддержки молодых исследователей для помощи в защите диссертаций: грант ректора академии на финансирование исследований, бесплатные исследования в центре коллективного пользования научным оборудованием и многое другое.

Московская ветеринарная академия — ежегодный победитель в конкурсе на лучшие образовательные и научные разработки в рамках Всероссийской выставки «Золотая осень». Жюри и участники выставки высоко оценивают учебные пособия, методические разработки, созданные программы лечения и препараты, проведенную работу по популяризации аграрных профессий. Необходимо отметить современные научные разработки в области ветеринарии, репродуктологии,

генетики, терапии, птицеводства и звероводства, получившие одобрение жюри. Научные и инновационные разработки, выполненные сотрудниками Московской ветеринарной академии в 2022 году, получили 16 медалей: 7 золотых, 6 серебряных и 3 бронзовые.

МГАВМиБ — МВА им. К.И. Скрябина оснащена современной материально-технической базой, которая включает в себя цифровое информационное оборудование, позволяющее реализовать инновационные подходы в подготовке кадров высшей квалификации для АПК. В академии 7 учебных корпусов, на отдельных кафедрах (зоогиены и птицеводства, товароведения, паразитологии и ВСЭ, иммунологии и биотехнологии и др.) действуют научно-исследовательские лаборатории, которые оснащены современным оборудованием.

На территории академического городка 4 клиники, 2 вивария (для крупных и лабораторных животных), ветеринарная аптека, кузница, конноспортивная школа,



Награждение Московской ветеринарной академии почетными просфорами: (слева направо) академики РАН И.И. Кочиш, Н.А. Балакирев, И.М. Дунин, Н.А. Зиновьева, ректор профессор РАН С.В. Полябин, академики РАН П.А. Чекмарев, Ю.А. Юлдашбаев, В.В. Калашников, член-корреспондент РАН А.Ш. Кварташвили, академик РАН Ф.И. Василевич



Подписание соглашения о создании базовой кафедры генетических технологий в животноводстве



Подписание соглашения о создании базовой кафедры передовых технологий в птицеводстве

Лечебно-диагностический ветеринарный центр, предназначенный для решения ветеринарных и экологических проблем г. Москвы и Московской области.

В академии созданы 12 уникальных научно-учебных кабинетов (музеев): паразитологический им. академика К.И. Скрябина, анатомический, зоологический, ортопедический, патолого-анатомический, пушного звероводства, птицеводства, фармакологии и другие, которые успешно используются в учебном процессе.

Сегодня академия развивает сотрудничество с крупными агрохолдингами и научными институтами в части создания новых баз практики, сетевых образовательных программ и кафедр.

По инициативе ректора академии в 2021 году создана современная конюшня с лазаретом и возможностью прохождения практики студентами. В лазарет закуплены цифровой рентгенографический комплекс, УЗИ-аппараты и диагностическое оборудование, позволяющее обеспечить работу с сельскохозяйственными животными.

Студенты могут получать практические знания в академии.

Открыта новая площадка — Ресурсный центр по ветеринарии и зоотехнии. В центре имеется возможность проведения как теоретических, так и практических занятий по освоению навыков в области хирургии, акушерства, терапии, ветеринарно-санитарной экспертизы и др. Проводятся уникальные мероприятия: конкурс практического мастерства в области ветеринарии Vetskills, Всероссийская олимпиада по зоотехнии.

В Московской ветеринарной академии идет активная работа с попечительским советом, агропромышленными предприятиями и работодателями по совместным инфраструктурным и образовательным проектам. За последние три года созданы 12 образовательных проектов: флагманский центр «ФосАгро», научно-образовательный центр «Черкизово», НИЦ «Мегамикс» и ООО «Агровет», созданы образовательные площадки АО «Россельхозбанк», ООО Группа компаний «ВИК», НВЦ «Агроветзащита», ООО «Лимкорм»,

ООО «Ветбиохим», ВЦ Vet-city, ВЦ «Медвет», ФГНУ «Щелковский биокомбинат».

Академия высоко ценит вклад выпускников и партнеров в ее развитие.

Московская ветеринарная академия — лидер в подготовке выпускников базовых кафедр на производстве и в НИИ. За четыре года созданы 6 кафедр, где студентам отдельные дисциплины и курсы преподают лучшие практики и ученые. Базовые кафедры созданы в ФГБУ «Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов», ФКП «Щёлковский биокомбинат», ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства», ФНЦ «Всероссийский институт животноводства», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности», ГК «Черкизово», ООО «Лечебно-диагностический ветеринарный центр Московской ветеринарной академии».

В академии более 30 лет успешно работает Федеральное учебно-



Открытие малого инновационного предприятия ООО ЛДВЦ МВА и базовой кафедры инновационной ветеринарной медицины мелких домашних животных



Подписание соглашения об открытии базовой кафедры биологической безопасности объектов ветеринарного надзора и обращения лекарственных средств в ветеринарии



Расширенное совещание научного совета ОСХН РАН под руководством академика РАН Н.А. Зиновьевой, посвященное научному ветеринарному и зоотехническому обеспечению животноводства России



Ресурсный центр по ветеринарии и зоотехнии — инновационная образовательная площадка по клиническим дисциплинам

методическое объединение (ФУМО) в системе высшего образования РФ по УГС 36.00.00 «Ветеринария и зоотехния», которое ведет большую работу по совершенствованию типовых учебных планов и программ, оценке качества учебной и методической литературы, разработке Государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) по указанным направлениям и специальностям для аграрных вузов страны. Руководитель — ректор академии профессор РАН С.В. Позябин.

Московская ветеринарная академия вносит большой вклад в научное обеспечение животноводства. Несмотря на то что академия была создана как учебное заведение, наряду с образовательным процессом здесь всегда уделяется особое внимание научным исследованиям. Уже много сделано: появились научные направления, созданы научные школы, выведены новые породы и типы животных, изучены многие болезни, разработаны меры профилактики и борьбы с ними, созданы эффективные

вакцины, препараты различного спектра действия.

Учеными академии за последние пять лет подготовлены и выпущены в свет более 4200 научных и учебно-методических изданий, в том числе 285 учебных пособий и учебников, из них 117 с рекомендациями Минсельхоза РФ и ФУМО в области зоотехнии и ветеринарии, 85 методических указаний, 63 монографии, 12 словарей и справочников.

Московская ветеринарная академия — интернациональный вуз. В настоящее время в академии обучаются более 200 студентов, аспирантов и стажеров из 31 страны Европы, Азии, Африки, Центральной и Южной Америки. За годы существования в академии подготовлены более 2000 специалистов для 85 стран мира, в том числе свыше 230 кандидатов и докторов наук. Сегодня академия значительно расширяет возможности для иностранных обучающихся, реализуя программы изучения русского языка, мероприятия по вовлечению иностранцев в социокультурную работу и научные исследования.

Академия дает возможность студентам всестороннего личностного развития в социальной, волонтерской, спортивной и творческой деятельности. Студенты и аспиранты могут реализовать свои таланты, много внимания уделяется культурно-массовой и спортивно-оздоровительной работе, патриотическому воспитанию молодежи.

Миссия академии — быть лидером в кадровом и научном обеспечении отрасли животноводства. Министром сельского хозяйства О.Н. Лут поставлена задача по перестройке аграрного образования с учетом специализации вузов и направленности практической подготовки выпускников на нужды аграрного сектора страны.



Ректоры аграрных вузов и академии уделяют особое внимание здоровому образу жизни и занятию спортом



Лучшие студенты, проявившие себя в учебе, научной деятельности и социальной работе, могут провести слет актива в оздоровительном лагере на море

ЭФФЕКТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ МАСТИТА В СУХОСТОЙНЫЙ ПЕРИОД

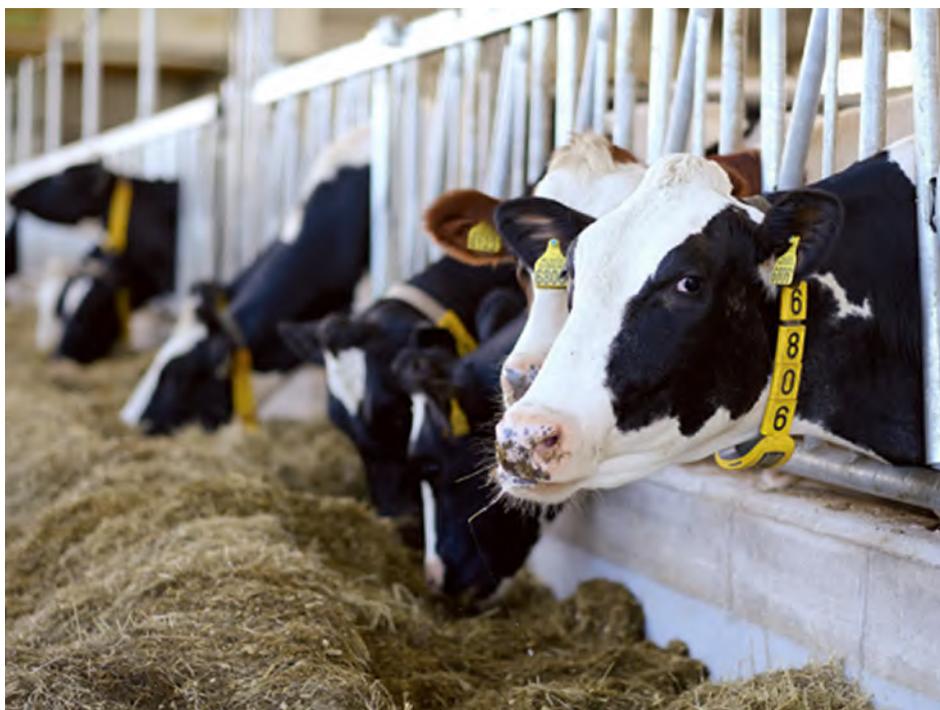
Молочное скотоводство является ведущей отраслью сельского хозяйства РФ. Сохранение здоровья вымени у животных — ключевая задача каждого предприятия, производящего молоко-сырье. Однако болезни молочной железы (как маститы) входят в число наиболее значимых проблем для многих молочных комплексов. Они наносят большой экономический урон производителям молока за счет снижения количества и качества молока, преждевременной выбраковки коров, заболеваемости новорожденных телят из-за потребления некачественного молозива и затрат на лечение.

В среднем от 15 до 30% коров в стаде ежегодно переболевают различными формами мастита, а в ряде хозяйств этот показатель достигает 70%. У коров, переболевших маститами, отмечается снижение продуктивности — до 20% от их генетического потенциала.

Воспаление молочной железы носит в основном инфекционный характер и связано с проникновением патогенной микрофлоры через сосковый канал в вымя и интенсивным размножением ее в паренхиме.

Профилактические меры в сухостойный период являются наиболее эффективными и менее затратными для предприятия. В этот период находящиеся в нелактирующей молочной железе антибактериальные средства saniруют ее, способствуя ликвидации воспалительного процесса, и тем самым предупреждают заболевание вымени у коров после отела.

Запуск и следующий за ним сухостойный период — не только технологический этап в производстве молока, но и часть естественного репродуктивного цикла животного. В это время происходит перестройка физиологических процессов в организме коровы и прекращается синтез молока. Согласно научным рекомендациям, которые подтверждаются животноводческой практикой, корова до отела должна отдыхать не менее 45–60 дней. Молочной железе предоставляется возможность осуществить перестройку тканей, расти и развиваться за счет увеличения числа секреторных клеток, подготавливая корову к следующей лактации. Перед отелом секреторная



ткань вымени становится функционально более активной. Дополнительно в это время и в течение нескольких недель после отела формируется новая ткань. Восстановление вымени создает возможность повышения продуцирования молока от лактации к лактации.

В настоящее время для профилактики мастита в сухостойный и послеотельный периоды широко используют технологию одномоментного запуска коров с помощью антимикробных препаратов пролонгированного действия. Введение препаратов перед началом сухостоя имеет ряд преимуществ: у нелактирующих коров дольше сохраняется терапевтическая концентрация антибиотика, исключаются потери

молока при оздоровлении стада. Эффективность лечения коров в сухостойный период значительно выше, чем в лактационный, особенно при мастите стафилококковой этиологии, который тяжело поддается лечению.

Наибольший удельный вес (до 80%) в структуре микрофлоры большого вымени (на основании данных ученых) составляют кокковая микрофлора (стрептококки и стафилококки) и бактерии кишечной группы, которые и занимают преобладающую роль в возникновении маститов у коров.

Результативность лечения маститов зависит от степени чувствительности микроорганизмов к применяемым антибиотикам, поскольку они имеют способность быстро адаптироваться и

Таблица. Оценка эффективности применения Маммилакти профи при проведении запуска крупного рогатого скота

Субъект РФ, где проводился опыт	Количество опытных животных	Среднее количество дней сухостойного периода	Количество животных с маститом в первые 5 дней после отела	Терапевтическая эффективность Маммилакти профи, %
Калужская область	100	60	–	100
Белгородская область	17	47	3	82,4
Московская область	50	60	–	100
Владимирская область	5	60	–	100
Липецкая область	55	60	–	100
Кировская область	20	60	2	90
Итого	247		5	98

Фото. 1, 2 — отрицательный результат на антибиотики тест-системой 4 SENSOR, 3 — отрицательный результат на антибиотики тест-системой PROQUITES 4



вырабатывать высокую устойчивость. Следовательно, с целью повышения терапевтического эффекта многие ученые рекомендуют сочетанное применение нескольких антибиотиков.

В последние годы в нашей стране ведутся интенсивные работы по созданию новых, высокоэффективных противомаститных лекарственных средств антимикробного действия, доступных к использованию в условиях любых животноводческих ферм.

Группой компаний ВИК в 2023 году была успешно разработана и

внедрена на молочные предприятия линейка противомаститных шприцов для одномоментного запуска коров на основе полусинтетических пенициллинов. Один из таких препаратов — **Маммилакти профи**, который содержит в качестве действующих веществ ампициллин (в форме тригидрата) и клоксациллин (в форме бензатиновой соли), а также вспомогательные вещества.

За счет комбинации действующих веществ в препарате **Маммилакти профи** активность проявляется в отношении большинства грамположительных и грамотрицательных

бактерий, наиболее часто выделяемых при мастите у коров, в том числе *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Streptococcus uberis*, *Klebsiella spp.*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Escherichia coli*, *Corynebacterium pyogenes* и др., включая штаммы, резистентность которых к пенициллину обусловлена β-лактамазой.

С целью определения эффективности препарата для профилактики мастита в сухостойный период и первые 5 дней после отела ветеринарные специалисты ГК ВИК совместно с ветеринарной службой шести крупных молочных комплексов в различных субъектах Российской Федерации провели производственные опыты. Результаты производственных опытов представлены в таблице 1.

На практике проверено, что **Маммилакти профи** высокоэффективен в условиях «грязного» запуска — когда есть риск заражения вымени грамотрицательными микроорганизмами окружающей среды ввиду неудовлетворительных санитарно-гигиенических условий содержания коров (табл. 1).

В рамках всех производственных опытов проводилось исследование молока (спустя 120 часов после отела) на наличие антибиотиков тест-системами PROQUITEST 4 и 4 SENSOR. Антибиотики группы β-лактамов обнаружены не были (фото 1–3).

Во время производственных опытов по применению внутримышечного препарата **Маммилакти профи** на шести молочных предприятиях в различных субъектах РФ был проведен запуск 247 коров, из них только у 5 животных были признаки мастита в первые 5 дней после отела. Препарат зарекомендовал себя как высокоэффективное средство для медикаментозного запуска коров. Ветеринарные специалисты предприятий отметили, что данный противомаститный препарат удобен для запуска коров ввиду небольшого объема, легкости введения, гомогенности состава, но самое главное — высокой терапевтической эффективности (до 100%).

Патенко А.В., ветеринарный врач-консультант дивизиона животноводства ГК ВИК

ОБЩАЯ ПЛОЩАДЬ РОССИЙСКИХ ВИНОГРАДНИКОВ ПРЕВЫСИЛА 105 ТЫС. ГА

Текущее положение дел в отрасли виноградарства и виноделия РФ обсудили участники пресс-конференции, прошедшей 15.10.2024 на площадке ММПЦ МИА «Россия сегодня» и посвященной 3-му Российскому винодельческому форуму.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», ведущая организация по ряду федеральных программ, включая развитие генетических технологий и сельского хозяйства, воплотит, по указу президента России, эти и другие задачи в рамках созданного на его базе Национального центра генетических ресурсов автохтонных сортов винограда, сообщил президент НИЦ, член-корреспондент РАН М. Ковальчук. Как следует из документа, специалисты нового центра будут заниматься формированием и пополнением национального каталога особо ценных образцов генетических ресурсов автохтонных сортов винограда, разработкой методик их получения, хранения, оценки и использования (с применением современных методов исследования и наиболее передовых технологий).

Сегодня только наука способна решить важнейшую задачу технического суверенитета, стоящую перед отечественной отраслью виноградарства и виноделия, особенно в сфере питомниководства, создания собственных дрожжевых штаммов и изучения автохтонных сортов, отметил эксперт. По его мнению, развитие генетических исследований в

данной отрасли позволит российским специалистам найти уникальные, «нелинейные» решения для ее совершенствования и вывода на лидирующие позиции в мире.

История науки о вине в нашей стране имеет глубокие корни, заметил член-корреспондент РАН. Так, винодельческий институт «Магарач» (ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук») — старейшее отечественное отраслевое научное учреждение. Был основан в Крыму по указу Николая I и инициативе генерал-губернатора Новороссии, наместника Бессарабии графа М. Воронцова в 1828 году. Приобретая за неполные две сотни лет своего существования мировую известность благодаря деятельности выдающихся ученых и высококвалифицированных специалистов, институт и теперь обеспечивает все аспекты отрасли — от выращивания устойчивых к болезням и вредителям новых перспективных сортов винограда до производства винодельческой продукции.

В ходе мероприятия было отмечено, что ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» и НИЦ «Курчатовский

институт» объединяет многолетнее сотрудничество, в частности совместные проекты в области генетики и селекции винограда.

По информации М. Ковальчука, в настоящее время на территории Краснодарского края Курчатовский институт запускает пилотный проект по исследованию пригодных для выращивания винограда земель, который позволит собрать подробные картографические данные о почве и климате и создать трехмерные модели (3D) терруаров Кубани. Ведь именно терруар как совокупность факторов определяет тип и особенности вина, а не конкретная земля или сорт винограда, заметил спикер. Для реализации проекта, уточнил он, будут исследованы земельные участки ряда кубанских районов, в том числе собраны данные о почвенном составе и влиянии на него на протяжении нескольких десятков лет климатических и погодных условий.

Виноградарство и виноделие — одна из наиболее динамично развивающихся отраслей российской экономики, отметил генеральный директор медиагруппы «Россия сегодня», председатель правления Ассоциации виноградарей и виноделов России (АВВР) Д. Киселёв. Отрасль в последние годы показывает хорошие темпы роста (общая площадь виноградников в РФ в 2023 году превысила 105 тыс. га), однако виноградных плантаций стране нужно как минимум вдвое больше, а лучше в 2,5 раза, проинформировал он. В связи с этим, добавил спикер, в законодательство введено понятие «виноградопригодные земли», которые после проведения соответствующей научной экспертизы не будут застраиваться. «Если говорить о позиции российского виноделия, то у нас около 60% винного рынка занимает отечественное вино (приличный показатель), но, к примеру, во Франции — порядка 80%. Так что нам есть к чему стремиться», — заключил он.

Ю.Г. Седова



НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ РОССЕЛЬХОЗНАДЗОРОМ ВЫЯВЛЕНЫ ДВА НОВЫХ ВИРУСА ТОМАТА

В ходе пресс-конференции «Болезни растений: как предотвратить их распространение и уберечь урожай», прошедшей в ТАСС (г. Санкт-Петербург) с участием представителя Россельхознадзора Виктории Скулыбердиной, состоялось обсуждение мер профилактики заболеваний сельхозрастений, путей проникновения карантинных организмов и способов борьбы с ними.



Как отметила начальник отдела государственного надзора в области карантина растений, семенного надзора, качества и безопасности зерна Северо-Западного межрегионального управления Россельхознадзора Виктория Скулыбердина, межрегиональное управление Службы осуществляет на закрепленной территории контроль и надзор в сфере карантина растений. Согласно законодательству, пояснила она, карантин растений — это правовой режим, предусматривающий систему мер по охране растений и продукции растительного происхождения от карантинных объектов, внесенных в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Перечень включает 249 таких объектов и состоит из двух частей — отсутствующих и ограниченно распространенных на территории ЕАЭС карантинных объектов (количеством 192 и 57 соответственно), уточнила чиновник. «Карантинные объекты отличаются от остальных вредных организмов тем, что, являясь инородными для нашей территории, не имеют естественных врагов, которые могли бы ограничивать их численность, способны к быстрой акклиматизации и распространению по территории всей страны, нанося ущерб ее растительным ресурсам. Для предотвращения их завоза и распространения условно можно выделить внешний и внутренний карантин», — рассказала она. Поскольку основным путем проникновения карантинных организмов на российскую территорию является импорт растительной продукции, Россельхознадзор в пунктах пропуска через Государственную границу проводит санитарно-карантинный

контроль за ввозимой в Россию подкарантинной продукцией (данная продукция, в случае выявления заражения, засорения, запрещается к ввозу, подлежит возврату, уничтожению либо обеззараживанию), проинформировала эксперт.

Специалисты территориальных органов ведомства, с целью своевременного выявления и предотвращения распространения карантинных организмов, проводят на закрепленных территориях ежегодный карантинный фитосанитарный мониторинг, в рамках которого обследуют различные подкарантинные объекты, — посевы, посадки сельскохозяйственных культур, склады, элеваторы, тепличные комплексы, питомники, лесопарковые насаждения и лесные массивы, отметила чиновник. «Каждой осенью составляется план мониторинга на следующий год, куда включаются подлежащие обследованию территории, — уточнила она. — План содержит перечень обследуемых карантинных объектов, сроки мониторинга и методы. В том числе — визуальный анализ растений на наличие повреждений и болезней, отбор образцов для лабораторных исследований в подведомственных Россельхознадзору учреждениях». Также в практике карантинного фитосанитарного обследования широко применяется метод с использованием феромонных ловушек, добавила спикер.

В этом году, сообщила эксперт, на территории тепличных комплексов Ленинградской области специалистами Управления Россельхознадзора выявлены два новых для региона опасных вируса, снижающих урожайность, — вирусы коричневой морщинистости плодов томата и пятнистого увядания томата.

При выявлении карантинного объекта Россельхознадзор устанавливает на определенной территории карантинную фитосанитарную зону и вводит карантинно-фитосанитарный режим — комплекс мероприятий, направленных на борьбу с карантинным объектом, его локализацию и ликвидацию, в соответствии с разработанной Управлением программой, отметила Виктория Скулыбердина. Владельцы и пользователи подкарантинных объектов обязаны проводить предписанные ведомством мероприятия, кроме того, вся вывозимая из зоны продукция должна сопровождаться карантинным сертификатом, подтверждающим отсутствие в ней карантинных объектов (выданным Управлением Россельхознадзора), резюмировала она. После установления зоны сотрудники Управления проводят контроль за осуществлением предписанных мероприятий, добавила эксперт. Она сообщила, что на текущий момент на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области установлены 28 карантинных фитосанитарных зон общей площадью 330 тыс. га. «Но есть и хорошие новости: эти зоны упраздняются (и все ограничения снимаются) в случаях, если борьба с карантинным объектом была эффективной и, — как результат, — объект при мониторинге положенное время не выявляется и соблюдается критерий ликвидации популяции и отмены карантинного режима», — рассказала эксперт. В частности, в 2023 году в регионе были упразднены две карантинные фитосанитарные зоны — по золотистой картофельной нематоде и западному цветочному трипсу, отметила она.

Ю.Г. Седова

ВСЁ ОБ ОСЕННИХ ГЕРБИЦИДНЫХ ОБРАБОТКАХ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ: ЦЕЛИ, ОСОБЕННОСТИ, СРОКИ И ПРОДУКТЫ

Одним из резервов повышения эффективности гербицидной защиты зерновых культур можно по праву считать обработку против сорных растений в осенний период.

Продолжительное пребывание озимых зерновых в фазе кущения (осеннего и весеннего) создает благоприятные условия для роста и развития сорных растений, так как конкурентоспособность зерновых культур в данной фазе недостаточна. В случае наличия на полях осеннего засорения, превышающего экономический порог вредоносности (ЭПВ), рекомендуется проводить оперативные мероприятия по уничтожению сорных растений.

Наиболее эффективным приемом является обработка специализированными гербицидами, предназначенными для применения в осенний период.

Цели осенней гербицидной обработки озимых зерновых:

1. Создание благоприятных условий для роста и развития культуры.
2. Минимизация рисков и последствий нарушения оптимальных сроков гербицидных обработок.
3. Снижение общей засоренности поля.
4. Увеличение эффективности внешних удобрений.
5. Разгрузка весеннего пика полевых работ.

В чем опасность осеннего засорения

Сорные растения существенно влияют на баланс элементов питания, водно-воздушный, тепловой, световой режимы, на плодородие почвы и в итоге на количество и качество урожая.

Основные причины, по которым важно контролировать сорные растения в осенний период:

- в фазу осеннего кущения начинается закладка важнейших элементов продуктивности зерновых культур — количество продуктивных стеблей и количество колосков. При наличии конкуренции со стороны сорных растений потенциал культуры резко и невосполнимо снижается;



- наличие сорных растений оказывает существенное негативное влияние на перезимовку. Стрессовое состояние озимых осенью не дает возможности культуре успешно подготовиться к зимнему периоду (развить корневую систему, достичь необходимой фазы, накопить достаточное количество сахаров и т. д.);

- в случае наличия большого количества сорных растений после выхода из зимнего периода азотные подкормки, применяемые для успешного возобновления вегетации культуры, будут использоваться и сорными растениями, что вызовет их еще более активное развитие;

- напряженный период весенних полевых работ, особенно на фоне затяжной влажной весны, может не позволить провести гербицидную обработку в оптимальную фазу развития культуры и сорных растений.

В итоге недостаточный контроль сорных растений может вызвать как прямые, так и косвенные финансовые потери.

В каких случаях необходимо проводить гербицидную обработку осенью

Проведение осенней гербицидной обработки целесообразно в следующих случаях:

- при наличии на поле сорных растений в количествах, превышающих ЭПВ. Особо важно обратить внимание на зимующие (пастушья сумка, ромашка непахучая, подмаренник цепкий и др.) и злостные (эгилопс цилиндрический, костер полевой и др.) сорняки. Борьба с ними только в весенний период затруднена, результат не гарантирован;

- посев озимых зерновых после озимого рапса и непаровых предшественников (в этом случае возрастают риски наличия сильного осеннего засорения, в том числе падалицы озимого рапса);

- ввод залежных земель в севооборот (в этом случае засоренность полей почти всегда чрезвычайно высока);

- недостаток техники в весенний период (возрастают риски нарушения оптимальных сроков обработки).

Чем будут полезны осенние обработки гербицидами

Технология осеннего применения гербицидов позволяет получить ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- улучшаются условия перезимовки (озимые культуры при отсутствии конкуренции с сорными растениями хорошо развиваются и уходят в зимний период в хорошем состоянии);

- максимальный эффект от удобрений (все внесенные удобрения, в том числе весенние азотные подкормки, будут использоваться только культурными растениями);

- высокий эффект применения гербицидов (молодые сорные растения в осенний период находятся в максимально уязвимой фазе для эффективного уничтожения);

- эффективности обработок способствует более благоприятный режим влажности и температуры (в осенний период температуры умеренные, а влажность при этом достаточно высокая, как результат, меньшие потери мелких капель при обработке и снижение испарения рабочего состава с поверхности сорных растений);

- снижается риск последствий на чувствительные культуры севооборота (при осенних обработках увеличивается «срок ожидания» с момента использования гербицида до момента посева культуры, следующей за озимыми);

- разгружается весенний пик полевых работ.

Какие гербициды использовать

Осенняя гербицидная обработка — это не просто изменение сроков обработки, это особая технология, предусматривающая в том числе применение специализированных гербицидов. Данные препараты, кроме традиционных качеств, должны отличаться особой «мягкостью» для культуры и высокой эффективностью при пониженных температурах.

В портфеле компании АО «Байер» имеются два гербицида кросс-спектра и один противодвудольный гербицид, предназначенные для защиты озимых зерновых культур в осенний период.

Алистер Гранд

Действующие вещества: 180 г/л дифлюфеникана + 6,0 г/л мезосульфурон-метила + 4,5 г/л йодо-



сульфурон-метил-натрия + 27 г/л мефенпир-диэтила (антидот). Гербицид широкого спектра действия, обладает как листовым, так и почвенным действием, что дает возможность обеспечить защиту культуры от сорных растений в течение всего вегетационного периода (вплоть до уборки). Имеет в составе три вещества с различными механизмами действия (группы по HRAC 12-2-2), что препятствует риску возникновения резистентности и позволяет бороться с устойчивыми сорняками. Наличие антидота в составе обеспечивает минимизацию стресса и реализацию потенциала культуры.

Вердикт

Действующие вещества: 30 г/кг мезосульфурон-метила + 6 г/кг йодосульфурон-метил-натрия + 90 г/кг мефенпир-диэтила (антидот). Это послевсходовый гербицид кросс-спектра, позволяющий контролировать широкий спектр злаковых и двудольных сорных растений. Продукт является эталоном по контролю эгилопса

цилиндрического и метлицы обыкновенной в посевах зерновых. Гербицид способен на 100% обеспечить уничтожение овсюга, контролировать его вторичное отрастание. Наличие антидота в составе обеспечивает минимизацию стресса и реализацию потенциала культуры.

Секатор Турбо

Действующие вещества: 25 г/л йодосульфурон-метил-натрия + 100 г/л амидосульфурона + 250 г/л мефенпир-диэтила (антидот). Высокоселективный гербицид, предназначенный для осеннего и весеннего применения на озимых культурах. Позволяет контролировать однолетние и некоторые многолетние двудольные сорные растения.

Используя данные гербициды в осенний период и соблюдая технологию с учетом указанных рекомендованных параметров, можно существенно повысить эффективность гербицидной защиты и в целом рентабельность вашего производства.

Достоверную информацию о препаратах компании АО «Байер», способах применения и приобретения можно найти в новом приложении **Bayer CS Russia**, отсканировав QR-код:



Анализ взаимосвязи между уровнем квалификации работников на производстве и показателями прибыли: экономическое обоснование инвестиций в обучение персонала

РЕЗЮМЕ

Актуальность исследования взаимосвязи между уровнем квалификации работников агропромышленного сектора и финансовыми показателями предприятий обусловлена необходимостью повышения эффективности инвестиций в человеческий капитал. Целью работы является выявление степени влияния образовательных программ на прибыльность агробизнеса для обоснования экономической целесообразности вложений в обучение персонала. Методология исследования включает регрессионный анализ панельных данных по 150 агропредприятиям за 2015–2022 гг., дополненный кейс-стади 30 компаний-лидеров отрасли. Установлено, что повышение доли работников с профильным высшим образованием на 1% ассоциировано с ростом рентабельности на 0,8% ($p < 0,01$). Увеличение среднего числа часов обучения на 1 сотрудника в год на 10% коррелирует с 1,5% приростом прибыли ($p < 0,05$). Детализированные результаты подтверждают статистически и экономически значимую отдачу от инвестиций в человеческий капитал в агросекторе.

Ключевые слова: уровень квалификации, агропромышленность, человеческий капитал, инвестиции в обучение, панельная регрессия, кейс-стади, прибыльность, рентабельность.

Для цитирования: Шмелева А.В. Анализ взаимосвязи между уровнем квалификации работников на производстве и показателями прибыли: экономическое обоснование инвестиций в обучение персонала. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 30–33.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-30-33>

Analysis of the relationship between the level of qualification of workers in production and profit indicators: an economic rationale for investing in personnel training

ABSTRACT

The relevance of the study of the relationship between the level of qualification of workers in the agro-industrial sector and the financial performance of enterprises is due to the need to improve the efficiency of investments in human capital. The purpose of the work is to identify the degree of influence of educational programs on the profitability of agribusiness in order to substantiate the economic feasibility of investments in personnel training. The research methodology includes a regression analysis of panel data for 150 agribusinesses for 2015–2022, supplemented by a case study of 30 industry leaders. It was found that an increase in the share of employees with specialized higher education by 1% is associated with an increase in profitability by 0.8% ($p < 0.01$). An increase in the average number of training hours per employee per year by 10% correlates with a 1.5% increase in profits ($p < 0.05$). Detailed results confirm a statistically and economically significant return on investment in human capital in the agricultural sector.

Key words: skill level, agro-industry, human capital, investment in training, panel regression, case study, profitability, cost effectiveness.

For citation: Shmeleva A.V. Analysis of the relationship between the level of qualification of workers in production and profit indicators: an economic rationale for investing in personnel training. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 30–33 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-30-33>

Введение/Introduction

Повышение эффективности использования человеческого капитала выступает стратегическим фактором роста конкурентоспособности и финансовой результативности современных компаний, что особенно значимо для агропромышленного комплекса [1]. Систематический обзор литературы, опубликованной в высокорейтинговых журналах (*Agriculture and Human Values*, IF 4.8; *Journal of Agricultural Economics*, IF 3.6), выявляет нарастающий интерес к проблематике экономической отдачи от инвестиций в квалификацию работников агросектора [2,3].

Ученые на выборке фермерских хозяйств Германии установили, что 10%-ный рост расходов на обучение персонала ассоциирован с 3,2%-ным повышением совокупной производительности факторов. По данным Китайской народной республики, зафиксировали прирост прибыли агропредприятий на 5,1% при увеличении доли сотрудников с высшим образованием на 1 п. п. Вместе с тем остается неясным, какова специфика взаимосвязи инвестиций в человеческий капитал и финансовых показателей агропредприятий на развивающихся рынках с учетом технологической неоднородности сектора¹.

Недостаточно изучены каналы трансмиссии эффектов от образования работников на прибыльность при сопоставлении предприятий растениеводства и животноводства [2]. Требуют уточнения методы оценки отдачи от различных форм и направлений повышения квалификации на основе продвинутого эконометрического инструментария[4,5]².

Данное исследование призвано восполнить указанные пробелы на основе комплексного анализа уникальной выборки в разрезе источников микроданных, уровня образования работников, типа сельскохозяйственных предприятий, что позволит генерировать надежные ориентиры для обоснования инвестиционной политики агрокомпаний в сфере развития человеческого капитала.

Материалы и методы исследования / Materials and Methods

Эмпирическая база исследования включает панельные данные по 150 крупным и средним сельскохозяйственным предприятиям России за 2015–2022 гг.³ Выборка отобрана методом стратифицированной рандомизации с учетом отраслевой структуры (70 растениеводческих и 80 животноводческих хозяйств), масштаба деятельности, технологического уровня. Источниками информации выступили финансовая отчетность, кадровые регистры, сведения о программах обучения. Для углубленного анализа лучших практик использованы 30 кейсов агропредприятий-лидеров.

Методология базируется на регрессионном анализе панельных данных (модели с фиксированными и случайными эффектами).

Ключевыми факторами выступили доля работников с профильным высшим и средним образованием, среднее число часов обучения на одного сотрудника, направления повышения квалификации (технологии, soft skills, управленческие компетенции). Результативными переменными стали прибыль, рентабельность продаж и активов, совокупная производительность факторов.

Контрольные переменные — возраст компании, фондовооруженность, регион, год.

Качество моделей верифицировалось тестами Хаусмана, Бреуша — Пагана, Вальда с помощью EXCEL (США) ($p < 0,01$).

Анализ кейсов проводился методами контент-анализа, картирования профилей компетенций.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Предварительный обзор описательной статистики позволяет зафиксировать позитивную динамику вовлеченности агропредприятий в программы развития человеческого капитала. Средняя доля работников агрокомпаний с профильным высшим образованием выросла с 21,2% в 2015 г. до 33,6% в 2022-м. Удельный вес персонала, прошедшего полноценное корпоративное обучение (более 72 час. в год), увеличился с 10,3 до 19,8%. Наибольший масштаб инвестиций в человеческие ресурсы прослеживается у крупных компаний в животноводстве, обладающих повышенными финансовыми возможностями [6]. Динамика ключевых индикаторов представлена в таблице 1.

Регрессионный анализ панельных данных позволил установить статистически значимые взаимосвязи между образовательными характеристиками персонала и финансовыми показателями агропредприятий (табл. 2). Увеличение доли работников с высшим профильным образованием на 1% сопряжено с повышением рентабельности продаж в среднем на 0,81% ($p < 0,01$). Аналогичный эффект для среднего профессионального

Таблица 1. Динамика среднего уровня образования и числа часов обучения на агропредприятиях выборки, 2015–2022 гг.

Table 1. Dynamics of the average level of education and the number of hours of training in agricultural enterprises of the sample, 2015–2022.

Индикатор	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Доля с высшим образованием, %	21,2	23,5	26,1	29,4	30,8	31,9	32,4	33,6
Доля со средним профессиональным образованием, %	35,6	38,2	41,4	43,1	42,8	45,2	47,9	46,3
Часы обучения на одного сотрудника	21,5	24,8	29,1	30,9	32,6	36,5	41,2	38,6
Доля охваченных обучением, %	35,3	41,1	44,2	46,8	45,5	45,9	48,7	51,4

Таблица 2. Результаты регрессионного анализа панельных данных (фиксированные эффекты)

Table 2. Results of panel data regression analysis (fixed effects)

Переменные	Модель 1 (ROA)	Модель 2 (прибыль)
Доля с высшим образованием	0,813*** (0,152)	1,090** (0,476)
Доля со средним профессиональным образованием	0,392** (0,188)	0,536 (0,441)
Ln (часы обучения на одного сотрудника)	0,951* (0,564)	1,532** (0,759)
Ln (возраст компании)	-0,167 (0,309)	-0,418 (0,820)
Ln (фондовооруженность)	1,394*** (0,477)	2,652*** (0,773)
Животноводство (дамми)	1,571*** (0,446)	2,735*** (0,853)
Константа	-6,351	-15,908***
Количество наблюдений	912	912
R2 within	0,326	0,285

Примечание: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; в скобках — стандартные ошибки.

¹ Simelton E., Coulier M., Carter A., Duong M.T., Finlayson R., Fyfe C., Luu T.T.G. Actionability of Climate Services in Southeast Asia: Findings from ACIS baseline surveys and interviews. CCAFS Working Paper. 2021; 357. <https://hdl.handle.net/10568/116211>

² Nardi P., Paolini D., Alfnes F., Ulvenblad P. Entrepreneurship in agriculture: models and conditions for development. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*. 2020; 1–13. <https://doi.org/10.1080/08276331.2020.1818537>

³ Росстат. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/VSPX_2016_T_3_web.pdf (дата обращения: 10.07.2024).

образования составляет 0,39% ($p < 0,05$). Рост среднего числа часов обучения персонала на одного сотрудника в год на 10% коррелирует с повышением прибыли агрокомпаний на 1,53% ($p < 0,05$).

Таким образом, прослеживается выраженный позитивный вклад развития человеческого капитала в улучшение бизнес-результатов в агросекторе.

В дополнение к эконометрическим выкладкам детальное изучение опыта агропредприятий-лидеров помогло выявить наиболее эффективные практики инвестиций в человеческие ресурсы. В частности, в ООО «АгроСтар» (г. Липецк) комплексная программа повышения квалификации с акцентом на передовые агротехнологии обеспечила прирост производительности труда на 23%, рентабельности — на 3,8%.

В агрохолдинге «Зеленая долина» (Ростовская обл.) целевые тренинги для зоотехников позволили повысить ежегодную надойность молока в расчете на одно сельскохозяйственное животное в среднем на 12% при увеличении экспортных продаж молока на 18% за 2019–2021 гг. Распределение наиболее успешных управленческих инициатив компаний-бенчмарков по направлениям развития персонала иллюстрирует таблица 3.

Углубленное изучение профилей лучших практик помогло конкретизировать организационно-управленческие механизмы трансформации инвестиций в человеческий капитал агросектора в реальные бизнес-результаты, включающие:

1. Глубокую интеграцию образовательных инициатив в стратегию и бизнес-процессы компаний, их нацеленность на прорывные технологические решения в растениеводстве и животноводстве.

2. Внедрение смешанных, проактивных форматов обучения, сочетающих погружение в решение практических кейсов с освоением перспективных цифровых и когнитивных методов аналитики.

3. Построение индивидуальных карьерных траекторий для сотрудников, демонстрирующих высокую мотивацию и успехи в обучении, что стимулирует прикладное применение новых компетенций.

4. Налаживание долгосрочных партнерств между агрокомпаниями и отраслевыми образовательными центрами на принципах совместного финансирования инновационных программ повышения квалификации.

В целом представленные результаты позволяют сделать вывод о высокой экономической и организационно-управленческой значимости интенсификации инвестиций в квалификационные ресурсы для укрепления конкурентных позиций и повышения финансовой устойчивости агропредприятий.

Как количественные оценки, так и качественные инсайты подтверждают необходимость интеграции программ развития человеческого капитала в ядро стратегии модернизации аграрного бизнеса в условиях нарастающей технологической турбулентности и ужесточения конкуренции на внутренних и на внешних рынках сельхозпродукции.

Наряду с позитивными эффектами настоящее исследование позволяет критически оценить дифференциацию предприятий по масштабам и качеству образовательных программ, выявить неравномерность отдачи от различных направлений обучения. Это актуализирует задачу выравнивания возможностей доступа аграрных бизнес-структур к передовым образовательным технологиям, в том числе за счет реализации целевых государственно-частных партнерств и налоговых стимулов для компаний, внедряющих лучшие

Таблица 3. Структура лучших практик агрокомпаний по направлениям развития человеческого капитала
Table 3. Structure of best practices of agricultural companies in areas of human capital development

Направление	Доля компаний-лидеров, %
Овладение передовыми агротехнологиями	87
Цифровизация и автоматизация процессов	65
Расширение управленческих компетенций	53
Soft skills и эмоциональный интеллект	41
Безопасность и охрана труда	36
Изучение иностранных языков	14

Примечание: суммарная доля превышает 100% в связи с наличием у компаний нескольких инициатив.

управленческие практики в сфере развития человеческих ресурсов.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о наличии статистически и экономически значимой взаимосвязи между уровнем квалификации работников агропромышленного сектора и ключевыми показателями финансовой результативности предприятий. Увеличение доли персонала с профильным образованием и интенсификация корпоративных программ обучения ассоциированы с количественно измеримым приростом прибыльности и рентабельности агрокомпаний.

Систематизация лучших практик компаний-лидеров подтверждает высокий потенциал отдачи от инвестиций в человеческий капитал при условии органичной интеграции образовательных инициатив в общую стратегию технологической и управленческой модернизации аграрного производства [7].

Полученные результаты вносят вклад в развитие теории человеческого капитала применительно к специфике агропромышленного комплекса. Они подкрепляют тезис о приоритетности накопления квалификационных ресурсов как драйвера инновационной динамики в аграрном секторе, дополняя существующие исследования количественными оценками на актуальных данных российской экономики. Вместе с тем выявленная неравномерность инвестиционной активности в сфере обучения персонала среди предприятий различных размеров и специализаций свидетельствует о сохраняющихся институциональных ограничениях наращивания человеческого капитала, что проблематизирует перспективы инклюзивного инновационного роста в АПК [8].

С 2015 по 2022 год в исследуемых агропредприятиях произошло увеличение доли работников с профильным высшим образованием на 12,4 п. п. (с 21,2 до 33,6%), со средним профессиональным — на 10,7 п. п. (с 35,6 до 46,3%). Среднее число часов обучения на одного сотрудника выросло на 79,5% (с 21,5 до 38,6 часа в год). Эконометрический анализ показал, что прирост персонала с высшим образованием на 1% сопряжен с повышением рентабельности на 0,81%, а увеличение часов обучения на 10% коррелирует с ростом прибыли на 1,53%.

Выводы / Conclusion

Выявленные закономерности отражают общую тенденцию актуализации нематериальных факторов конкурентоспособности в аграрной экономике в условиях глобального тренда на интеллектуализацию и цифровизацию бизнес-процессов. Опережающие инвестиции в образовательные программы для работников становятся императивом укрепления рыночных позиций агропредприятий в турбулентной рыночной среде.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
 Автор несет ответственность за плагиат.
 Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data.
 The author is responsible for plagiarism.
 The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет средств НИОКТР № 124052100046-3 «Фундаментальное обоснование возможностей интеграционных процессов науки, образования и просвещения (на примере новых субъектов Российской Федерации — ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областей) как элементов совершенствования методики подготовки учителей-исследователей».

FUNDING

The study was carried out using funds from R&D project No. 124052100046-3 "Fundamental substantiation of the possibilities of integration processes of science, education and enlightenment (using the example of new subjects of the Russian Federation — DPR, LPR, Zaporozhzhya and Kherson regions) as elements of improving the methodology for training research teachers".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Huffman, W. E. Human capital and adoption of innovations: Policy implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2020; 42(1): 92–99. <https://doi.org/10.1002/aep.13010>
- Dias, C. S. L., Rodrigues, R. G., Ferreira, J. J. Agricultural entrepreneurship: Going back to the basics. *Journal of Rural Studies*. 2019; 70: 125–138. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.06.001>
- Huang, J., Xu, X., Ridoutt, B. G., Lan, K., Huang, F., Li, Y., Chen, F. Strategies to reduce environmental footprints and enhance the sustainability of agricultural production in China. *Nature Food*. 2021; 2(10): 751–756. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00376-9>
- Nardi, P., Paolini, D., Alfnes, F., Ulvenblad, P. Entrepreneurship in agriculture: models and conditions for development. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*. 2020; 1–13. <https://doi.org/10.1080/08276331.2020.1818537>

- Artz, G. M., Kimle, K. L., Orazem, P. F. Does the Jack of all trades hold the winning hand? Comparing the role of specialized versus general skills in the returns to an agricultural degree. *American Journal of Agricultural Economics*. 2014; 96(1): 193–212. <https://doi.org/10.1093/ajae/aat063>
- Gollin, D., Lagakos, D., Waugh, M. E. The agricultural productivity gap. *The Quarterly Journal of Economics*. 2014; 129(2): 939–993. <https://doi.org/10.1093/qje/qjt056>
- Jacoby, H. G., Mansuri, G. Incentives, supervision, and sharecropper productivity. *Journal of Development Economics*. 2009; 88(2): 232–241. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.03.003>
- Nettle, R., Crawford, A., Brightling, P. How private-sector farm advisors change their practices: An Australian case study. *Journal of Rural Studies*. 2018; 58: 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.12.027>

ОБ АВТОРАХ

Анна Вячеславовна Шмелева

кандидат филологических наук, заведующий кафедрой методики преподавания русского языка и литературы
 lug-anna@yandex.ru

Государственный университет просвещения
 ул. Радио, 10А, Москва, 105005, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Anna Vyacheslavovna Shmeleva

Candidate of Philological Sciences, Head of the Department of Methods of Teaching Russian Language and Literature
 lug-anna@yandex.ru

State University of Education
 10A Radio str., Moscow, 105005, Russia

Н.Ю. Возиянова¹ ✉Т.М. Воителева²

¹ Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, Донецк, Россия

² Государственный университет просвещения, Москва, Россия

✉ nagasadoo@yandex

Поступила в редакцию: 20.09.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Возиянова Н.Ю., Воителева Т.М.

Natalia Y.Vozianova¹Tatyana M. Voiteleva²

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Donetsk People's Republic, Russia

² State University of Education, Moscow, Russia

✉ nagasadoo@yandex

Received by the editorial office: 20.09.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Vozianova N.Y., Voiteleva T.M.

Роль систематического обучения и повышения квалификации специалистов в формировании устойчивой прибыли и конкурентных преимуществ производственных компаний

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена анализу влияния систематического обучения и повышения квалификации персонала на формирование устойчивых конкурентных преимуществ и рост финансовых показателей агропромышленных компаний. На основе многоуровневого анализа эмпирических данных, полученных в ходе опроса 512 руководителей и HR-менеджеров предприятий АПК, сравнительного анализа экономической результативности организаций с разным уровнем инвестиций в развитие человеческого капитала, а также серии глубоких интервью с топ-менеджерами 20 ведущих агрохолдингов, авторы приходят к выводу о ключевой роли корпоративного обучения в обеспечении долгосрочной конкурентоспособности и финансовой устойчивости агробизнеса. Выявлены наиболее эффективные методы и форматы обучения, даны практические рекомендации по совершенствованию системы управления человеческими ресурсами в агропромышленном секторе.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, конкурентное преимущество, корпоративное обучение, повышение квалификации, производительность труда, развитие персонала, рентабельность, человеческий капитал.

Для цитирования: Возиянова Н.Ю., Воителева Т.М. Роль систематического обучения и повышения квалификации специалистов в формировании устойчивой прибыли и конкурентных преимуществ производственных компаний. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 34–37.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-34-37>

The role of systematic training and advanced training of specialists in the formation of sustainable profits and competitive advantages of manufacturing companies

ABSTRACT

The article is devoted to the analysis of the impact of systematic training and advanced training of personnel on the formation of sustainable competitive advantages and growth of financial indicators of agro-industrial companies. Based on a multi-level analysis of empirical data obtained during a survey of 512 managers and HR managers of agricultural enterprises, a comparative analysis of the economic performance of organizations with different levels of investment in human capital development, as well as a series of in-depth interviews with top managers of 20 leading agricultural holdings, the authors come to the conclusion about the key role of corporate training in ensuring the long-term competitiveness and financial sustainability of agribusiness. The most effective methods and formats of training are identified, practical recommendations are given for improving the human resource management system in the agro-industrial sector.

Keywords: agro-industrial complex, competitive advantage, corporate training, advanced training, labor productivity, personnel development, profitability, human capital.

For citation: Vozianova N.Y., Voiteleva T.M. The role of systematic training and advanced training of specialists in the formation of sustainable profits and competitive advantages of manufacturing companies. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 34–37 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-34-37>

Введение/Introduction

Проблема повышения конкурентоспособности и эффективности предприятий агропромышленного комплекса приобретает всё большую актуальность. Одним из ключевых факторов формирования устойчивых конкурентных преимуществ агробизнеса становится человеческий капитал — знания, навыки и компетенции сотрудников, позволяющие создавать добавленную стоимость и обеспечивать опережающие темпы инновационного развития [1, 2].

Систематическое корпоративное обучение и повышение квалификации персонала рассматриваются как стратегическая инвестиция, генерирующая долгосрочные экономические выгоды для компаний АПК [3].

Вместе с тем анализ научной литературы выявил недостаточную проработанность вопросов, связанных с количественной оценкой влияния различных аспектов обучения сотрудников на конкретные финансовые и производственные показатели агропромышленных предприятий [3, 4]. Отсутствуют комплексные исследования, раскрывающие специфику и механизмы трансформации инвестиций в человеческий капитал в факторы роста конкурентоспособности в разрезе отдельных секторов АПК [5]. Недостаточно изучены лучшие практики корпоративного обучения, детерминирующие инновационную активность и адаптивность компаний к вызовам цифровой экономики [6–9].

Цель исследования — выявление ключевых закономерностей и тенденций влияния инвестиций в человеческий капитал на устойчивость конкурентных преимуществ и динамику финансово-экономических индикаторов компаний АПК.

Реализация данной цели предполагает решение следующих задач:

на основе анализа релевантной научной литературы определить концептуальные основы и направления влияния корпоративного обучения на конкурентоспособность агробизнеса;

провести эмпирическую оценку взаимосвязи между инвестициями в развитие персонала и ключевыми показателями эффективности предприятий АПК;

осуществить многоуровневый анализ лучших практик корпоративного обучения и выявить наиболее действенные методы и инструменты развития человеческого капитала в агропромышленной сфере;

разработать научно обоснованные рекомендации по совершенствованию системы обучения и повышения квалификации работников для роста конкурентоспособности агрокомпаний.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для решения поставленных задач использовался комплекс взаимодополняющих методов теоретического и эмпирического анализа. Концептуальную основу исследования составил обзор научной литературы, позволивший систематизировать релевантные теоретические подходы и результаты предшествующих исследований по проблеме влияния корпоративного обучения на конкурентоспособность бизнеса.

Критический анализ более 50 публикаций в высокорейтинговых международных журналах (средний импакт-фактор — 2,7) обеспечил обоснованный выбор исследовательской методологии и направлений эмпирического анализа за последние 20 лет.

Количественный этап исследования был реализован в форме анкетного опроса 512 руководителей и HR-менеджеров предприятий АПК из 12 регионов России. Опрос проводился в онлайн-формате, выборка формировалась методом квотного отбора с учетом критериев репрезентативности по территориальному и отраслевому признакам. Анкета включала 27 вопросов, направленных на оценку масштабов, форм и методов корпоративного обучения, его влияния на операционные и финансовые показатели компаний. Для анализа данных использовались методы описательной и индуктивной статистики (частотный анализ, корреляционный анализ, хи-квадрат критерий, t-критерий Стьюдента, однофакторный дисперсионный анализ), реализованные в программном пакете SPSS 23.0 (США).

Для углубленного понимания механизмов и лучших практик трансформации инвестиций в человеческий капитал в факторы устойчивой конкурентоспособности агробизнеса был проведен качественный анализ на основе серии глубинных интервью с топ-менеджерами 20 ведущих агрохолдингов из 7 регионов России. Гайд интервью включал 15 открытых вопросов, фокусирующихся на стратегических аспектах управления корпоративным обучением, его интеграции с бизнес-процессами компании, применяемых образовательных форматах и технологиях, достигаемых эффектах в плане роста инновационной активности, производительности и прибыльности бизнеса. Длительность интервью составляла от 40 до 90 минут, все беседы фиксировались на аудионосители с последующим транскрибированием текстов. Полученные нарративы были подвергнуты процедурам открытого, осевого и выборочного кодирования по методике обоснованной теории [6].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Многоуровневый анализ эмпирических данных позволил выявить ряд значимых закономерностей и трендов, характеризующих роль систематического обучения и повышения квалификации специалистов в формировании устойчивой прибыли и конкурентных преимуществ агропромышленных компаний.

Статистический анализ первичных количественных данных, полученных в ходе опроса 512 руководителей и HR-менеджеров предприятий агропромышленного комплекса, показал, что 78,3% респондентов считают регулярное обучение персонала ключевым фактором повышения производительности труда и качества продукции (табл. 1). При этом 69,1% опрошенных отметили прямую связь между инвестициями в развитие человеческого капитала и ростом прибыли компании в долгосрочной перспективе ($r_s = 0,674$, $p < 0,01$).

Таблица 1. Оценка значимости систематического обучения персонала для повышения эффективности агропромышленных предприятий (N = 512)

Table 1. Assessment of the importance of systematic personnel training for improving the efficiency of agro-industrial enterprises (N = 512)

Показатель	Доля респондентов, %
Повышение производительности труда	78,3
Улучшение качества продукции	74,6
Ускорение внедрения инноваций	65,2
Снижение текучести кадров	59,8
Рост удовлетворенности клиентов	57,4

Сравнительный анализ финансовых показателей компаний, реализующих комплексные программы корпоративного обучения (n = 274), и организаций, не уделяющих должного внимания развитию персонала (n = 238), выявил статистически значимые различия в темпах роста выручки (t = 4,21, p < 0,001), рентабельности продаж ($\chi^2 = 18,74$, p < 0,01) и доле рынка (F = 11,63, p < 0,05) в пользу первых (табл. 2).

Проведенный регрессионный анализ подтвердил наличие статистически значимой положительной взаимосвязи между объемом инвестиций в обучение сотрудников и ключевыми индикаторами эффективности агропромышленных компаний. Коэффициент детерминации R² составил 0,592 (F = 87,41, p < 0,001) для модели, в которой зависимой переменной выступал показатель рентабельности активов, а предикторами — удельные затраты на обучение в расчете на одного работника, количество часов обучения на человека в год и доля персонала, вовлеченного в программы повышения квалификации.

Качественный анализ лучших практик управления человеческими ресурсами на основе серии глубинных интервью с топ-менеджерами 20 ведущих агрохолдингов позволил раскрыть конкретные механизмы трансформации инвестиций в обучение персонала в устойчивые конкурентные преимущества.

Большинство информантов подчеркивали, что систематическое развитие профессиональных навыков и компетенций работников обеспечивает ускоренное освоение передовых агротехнологий, повышение урожайности, оптимизацию всех этапов производственного цикла. При этом важнейшая роль отводится не только специализированным программам обучения, но и развитию у сотрудников надпрофессиональных навыков, связанных с лидерством, командной работой, цифровой грамотностью, инновационным мышлением. Как отметил один из участников исследования, директор по персоналу крупного агрокомбината: «Мы давно осознали, что главный источник нашей конкурентоспособности — это люди. Именно поэтому мы не жалеем ресурсов на постоянное обучение и развитие каждого сотрудника — от рабочих до топ-менеджеров. Вкладывая в образование, мы повышаем вовлеченность и мотивацию персонала, получаем более квалифицированные и инициативные кадры, способные находить нетривиальные решения для повышения эффективности бизнеса» [8, 10, 11].

Всесторонний анализ лучших практик корпоративного обучения позволил выявить наиболее действенные методы и инструменты развития человеческого капитала в агропромышленном секторе (табл. 3). К их числу относятся комплексные программы профессиональной переподготовки (76% компаний-лидеров), тренинги по Soft Skills (64%), наставничество и менторинг (58%), обучение на рабочем месте (54%), геймификация (38%), мобильное обучение (35%).

Таким образом, результаты многоуровневого анализа эмпирических данных убедительно свидетельствуют о том, что систематическое обучение и повышение квалификации персонала играют ключевую роль в обеспечении долгосрочной конкурентоспособности и финансовой устойчивости агропромышленных предприятий [7, 12]. Компании, рассматривающие инвестиции в человеческий капитал как стратегический приоритет, демонстрируют более высокие темпы роста производительности, прибыльности и рыночной

Таблица 2. Сравнение экономических показателей агропромышленных предприятий с разным уровнем инвестиций в обучение персонала

Table 2. Comparison of economic indicators of agro-industrial enterprises with different levels of investment in personnel training

Показатель	Предприятия с программами обучения (n = 274)	Предприятия без программ обучения (n = 238)	Уровень значимости различий
Темп роста выручки, %	14,7	6,9	p < 0,001
Рентабельность продаж, %	12,3	7,5	p < 0,01
Доля рынка, %	8,2	3,7	p < 0,05

Таблица 3. Распространенность различных форматов и методов корпоративного обучения в агропромышленных компаниях-лидерах (N = 20)

Table 3. Prevalence of various formats and methods of corporate training in leading agro-industrial companies (N = 20)

Метод (формат обучения)	Доля компаний, активно использующих метод, %
Программы профессиональной переподготовки	76
Тренинги по soft Skills	64
Наставничество и менторинг	58
Обучение на рабочем месте	54
Геймификация	38
Мобильное обучение	35
Виртуальная и дополненная реальность	26
Микрообучение	22

доли по сравнению с организациями, не уделяющими должного внимания развитию сотрудников.

Проведенное исследование позволило получить убедительные эмпирические доказательства ключевой роли систематического обучения и повышения квалификации персонала в формировании устойчивых конкурентных преимуществ и росте финансово-экономического эффективности предприятий агропромышленного комплекса. Установлено, что компании, рассматривающие инвестиции в человеческий капитал как стратегический приоритет, демонстрируют в среднем на 7,8 п. п. более высокие темпы роста выручки, на 4,8 п. п. большую рентабельность продаж, на 4,5 п. п. большую долю рынка по сравнению с организациями, не уделяющими должного внимания развитию сотрудников [9, 14, 15].

Выявлены наиболее эффективные методы корпоративного обучения, обеспечивающие прирост производительности труда на 12–18% и снижение текучести кадров на 20–35% в годовом выражении.

Выводы/Conclusions

Полученные результаты вносят заметный вклад в развитие теории человеческого капитала применительно к специфике агропромышленного сектора, обеспечивая приращение научного знания об экономических эффектах инвестиций в обучение персонала. Логически встраиваясь в контекст современных исследований, наши данные углубляют представления о характере и механизмах влияния развития человеческого капитала на конкретные показатели операционной и финансовой результативности агрокомпаний, количественно подтверждая стратегическую ценность корпоративного обучения как ключевого драйвера долгосрочной конкурентоспособности в условиях инновационной экономики.

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 средств НИОКР № 124052100046-3 «Фундаментальное обоснование возможностей интеграционных процессов науки, образования и просвещения (на примере новых субъектов Российской Федерации — ДНР, ЛНР, Запорожской и Херсонской областей) как элементов совершенствования методики подготовки учителей-исследователей».

FUNDING

The research was carried out at the expense of R&D No. 124052100046-3 "Fundamental justification of the possibilities of integration processes of science, education and enlightenment (using the example of new constituent entities of the Russian Federation - DPR, LPR, Zaporozhye and Kherson regions) as elements of improving the methodology for training teacher-researchers."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

1. Alston, J. M., Pardey, P. G. Agriculture in the global economy. *Journal of Economic Perspectives*. 2014; 28(1): 121–46.
2. Blokland, P. J., Sylvester, Z., Lans, T. Improving the entrepreneurial competencies of agricultural students: A systematic literature review. *The Journal of Agricultural Education and Extension*. 2022; 28(3): 375–397.
3. Carayannis, E. G., Grigoroudis, E., Sindakis, S. Business model innovation as antecedent of sustainable enterprise excellence and resilience. *Journal of the Knowledge Economy*. 2014; 5(3): 440–463.
4. Easterly III, R. G., Stash, C. J., Easterly, S. Exploring the mediating role of dynamic capabilities in the relationship between intellectual capital and performance. *Journal of Business Research*. 2020; 112: 277–286.
5. Fuglie, K. O. R&D capital, R&D spillovers, and productivity growth in world agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2018; 40(3): 421–444.
6. Harrison, H., Birks, M., Franklin, R., Mills, J. Case study research: Foundations and methodological orientations. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research*. 2017; 18(1).
7. Huffman, W. E. Human capital and adoption of innovations: Policy implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2020; 42(1): 92–99.

8. Lowder, S. K., Scoet, J., Raney, T. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. *World Development*. 2016; 87: 16–29.
9. Malerba, F., McKelvey, M. Knowledge-intensive innovative entrepreneurship integrating Schumpeter, evolutionary economics, and innovation systems. *Small Business Economics*. 2020; 54(2): 503–522.
10. Meuwissen, M. P., et al. A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*. 2019; 176: 102656.
11. Mutonyi, S., Beukel, K., Gyau, A. The effect of entrepreneurship training programs on farmers' entrepreneurial alertness. *Journal of Rural Studies*. 2021; 88: 192–204.
12. Ruth, T. K., Rumble, J. N., Lamm, A. J., Ellis, J. D. A model for understanding decision-making related to agriculture and natural resource science and technology. *Journal of Agricultural Education*. 2018; 59(4): 224–237.
13. Savary, S., et al. Mapping disruption and resilience mechanisms in food systems. *Food Security*. 2017; 9(4): 695–717.
14. Sumberg, J., Hunt, S. Are African rural youth innovative? Claims, evidence and implications. *Journal of Rural Studies*. 2019; 69: 130–136.
15. Zawajska, A. A., Czekaj, M. T. Adoption of Smart Farming Technologies by Young Farmers: Insights from Poland. *Agriculture*. 2022; 12(3): 328.

ОБ АВТОРАХ

Наталья Юрьевна Возиянова¹

доктор экономических наук, профессор
nagasadoo@yandex.ru

Татьяна Михайловна Воителева²

доктор педагогических наук, профессор
voitelev@yandex.ru

¹ Донецкий национальный университет экономики и торговли
имен Михаила Туган-Барановского
ул. Щорса, 31 Донецк, 283050, Россия

² Государственный университет просвещения
ул. Радио, 10А, Москва, 105005, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Yurievna Vozianova¹

Doctor of Economics, Professor
nagasadoo@yandex.ru

Tatyana Mikhailovna Voiteleva²

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
voitelev@yandex.ru

¹ Donetsk National University of Economics and Trade named after
Mikhail Tugan-Baranovsky,
31 Shchorsa Str., Donetsk, 283050, Russia

² State University of Education
10A Radio str., Moscow, 105005, Russia

НАУЧНЫЕ СТАТЬИ ПО РАЗДЕЛАМ:

ВЕТЕРИНАРИЯ

39–54 стр.

ЗООТЕХНИЯ

55–86 стр.

АГРОНОМИЯ

87–144 стр.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

145–163 стр.

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

164–172 стр.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ
КОМИССИЯ (ВАК)
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**Журнал «Аграрная наука» рекомендован ВАК
для публикации результатов диссертаций
по научным специальностям:**

- 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство
- 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений
- 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений
- 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология
- 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность
- 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии животноводства
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Индексация журнала «Аграрная наука»

Префикс DOI: 10.32634

eLIBRARY.RU: да

РИНЦ: да

Ядро РИНЦ: да

Перечень ВАК РФ: да

CrossRef: да

RSCI: да

Базы данных: AGRIS, РИНЦ, DOI, EBSCO

DOAJ: нет

ESCI: нет

Web of Science: нет

Scopus: нет

УДК 574.23, 574.24, 574.474, 579.222.4

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-39-45

А. Н. Сизенцов ✉
Л. В. Галактионова
О. К. Давыдова

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию: 05.09.2024
Одобрена после рецензирования: 01.10.2024
Принята к публикации: 18.10.2024

© Сизенцов А.Н., Галактионова Л.В., Давыдова О.К.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-39-45

Alexey N. Sizentsov ✉
Lyudmila V. Galaktionova
Olga K. Davydova

Orenburg state university, Orenburg, Russia

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office: 05.09.2024
Accepted in revised: 01.10.2024
Accepted for publication: 18.10.2024

© Sizentsov A.N., Galaktionova L.V., Davydova O.K.

Комплексный анализ влияния эссенциальных элементов на бактериальные штаммы *Bacillus sp.* в модельном эксперименте *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современной литературе представлены многочисленные экспериментальные данные по использованию биоремедиационного потенциала бактериальных штаммов для коррекции моно- и полиметалльного загрязнения экосистем различного уровня организации. В данной работе проведен системный анализ оценки степени влияния избыточных концентраций цинка, железа и меди на динамические показатели роста, уровень толерантности, сорбционной емкости и антагонистические характеристики штаммов *Bacillus sp.* в модельных экспериментах *in vitro*.

Методы. Исследования проводились на кафедре биохимии и микробиологии Оренбургского государственного университета в 2023 году. В качестве объектов исследования использовались музейные образцы пробиотических штаммов *Bacillus sp.*: *B. subtilis* 534 («Споробактерин», ООО «Бакорен», Оренбург, Россия), *B. cereus* IP 5832 («Флонивин БС», Galenika Crna Gora, D.O.O., Черногория), *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 («Ветом 4» ООО НПФ «Исследовательский центр», Новосибирская область, Россия), а также клинические изоляты *E. coli* и *S. aureus*. В качестве регулирующих рост факторов моно- и полиметалльного загрязнения субстрата использовали соли металлов (ЧДА) $FeSO_4 \times 7H_2O$, $CuSO_4 \times 5H_2O$ и $ZnSO_4 \times 7H_2O$ (АО «ЛенРеактив» Санкт-Петербург, Россия).

Результаты. Полученные данные свидетельствуют о высоких показателях уровня сорбции железа до 47,98 % и цинка до 44,96 % исследуемыми штаммами. Экспериментально установлено негативное влияние массивированной катионной нагрузки цинка и меди на антагонистическую активность исследуемых штаммов как в отношении грамположительного (*S. aureus*) так и грамотрицательного (*E. coli*) модельного микроорганизма. Железо оказывает стимулирующее действие на антагонистические характеристики *B. cereus* IP 5832 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 в отношении *E. coli* на 32,63 % ($p < 0,01$) и 36,77 % ($p < 0,05$).

Ключевые слова: эссенциальные элементы, *Bacillus sp.*, сорбционная емкость, биоаккумуляция, антагонизм

Для цитирования: Сизенцов А.Н., Галактионова Л.В., Давыдова О.К. Комплексный анализ влияния эссенциальных элементов на бактериальные штаммы *Bacillus sp.* в модельном эксперименте *in vitro*. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 39–45.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-39-45>

Comprehensive analysis of the effect of essential elements on bacterial strains of *Bacillus sp.* in an model experiment *in vitro*

ABSTRACT

Relevance. Modern literature presents numerous experimental data on the use of the bioremediation potential of bacterial strains to correct mono and polymetal pollution of ecosystems at various levels of organization. In our work, a systematic analysis was carried out to assess the degree of influence of excess concentrations of zinc, iron and copper on dynamic growth indicators, the level of tolerance, sorption capacity and antagonistic characteristics of *Bacillus sp. strains.* in model experiments *in vitro*.

Methods. The research was conducted at the department of Biochemistry and Microbiology of Orenburg State University in 2023. As objects of research, they used museum samples of probiotic strains of *Bacillus sp.*: *B. subtilis* 534 (Sporobacterin, Bakoren LLC, Orenburg, Russia), *B. cereus* IP 5832 (Flonivin BS, Galenika Crna Gora, D.O.O., Montenegro), *B. licheniformis* VKPM B 7038 («Vetom 4» NPF Research Center LLC, Novosibirsk region, Russia), as well as clinical isolates of *E. coli* and *S. aureus*. Metal salts $FeSO_4 \times 7H_2O$, $CuSO_4 \times 5H_2O$ and $ZnSO_4 \times 7H_2O$ (JSC Lenreactive St. Petersburg, Russia) were used as growth-regulating factors of mono- and polymetal contamination of the substrate.

Results. The data obtained indicate high levels of sorption of iron up to 47.98% and zinc up to 44.96% by the studied strains. The negative effect of a massive cationic load of zinc and copper on the antagonistic activity of the studied strains against both gram-positive (*S. aureus*) and gram-negative (*E. coli*) model microorganisms was experimentally established. Iron has a stimulating effect on the antagonistic characteristics of *B. cereus* IP 5832 and *B. licheniformis* VKPM B 7038 against *E. coli* by 32.63% ($p < 0.01$) and 36.77% ($p < 0.05$).

Key words: essential elements, *Bacillus sp.*, sorption capacity, bioaccumulation, antagonism

For citation: Sizentsov A.N., Galaktionova L.V., Davydova O.K. Comprehensive analysis of the effect of essential elements on bacterial strains of *Bacillus sp.* in an model experiment *in vitro*. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 39–45 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-39-45>

Введение/Introduction

Клеточная структура микроорганизма способна улавливать ионы тяжелых металлов и впоследствии сорбировать их на местах связывания клеточной стенки [1–4]. Данный процесс называется биосорбцией (или пассивным поглощением) и не зависит от метаболического цикла.

Количество сорбированного металла зависит от кинетического равновесия и состояния металла на клеточной поверхности. Механизм включает в себя несколько процессов: электростатическое взаимодействие, ионный обмен, осаждение, окислительно-восстановительные реакции, поверхностное комплексообразование [5]. Эти процессы быстрые и могут реализовываться в течение нескольких минут.

Биосорбция может осуществляться фрагментами клеток, мертвой биомассой или живыми клетками в виде пассивного поглощения посредством поверхностного комплексообразования на клеточной стенке и других внешних слоях [6].

Другой метод представляет собой процесс, при котором ионы тяжелых металлов проходят через клеточную мембрану в цитоплазму в рамках клеточного метаболического цикла. Это называется биоаккумуляцией или активным поглощением. Биоаккумуляция является сложным процессом живой клетки, который зависит от множества физических, химических и биологических механизмов. Эти факторы включают внутриклеточные и внеклеточные процессы, где биосорбция играет ограниченную и неясную роль [6]. Организм, который будет накапливать тяжелые металлы, должен иметь толерантность к одному или нескольким металлам в более высоких концентрациях и должен проявлять повышенные трансформационные способности, переводя токсичные химические вещества в безвредные формы, что позволяет организму уменьшить токсическое действие металла [7].

Механизмы поглощения металлов различными биосорбентами зависят от клеточной поверхности микроорганизмов, от обмена ионов металлов и комплексных образований с ионами металлов на химически активных участках клеточной поверхности [8]. Они были тщательно изучены в отношении различных изотерм биосорбции, полученных в результате экспериментов по сорбции и влиянию различных факторов, таких как pH, предварительная обработка биомассы и биомасса организмов. Затем на поверхности клетки происходит осаждение избыточных ионов металлов в результате реакций нуклеации. Все микроорганизмы имеют отрицательный заряд на поверхности своих клеток из-за наличия анионных структур, которые позволяют им связываться с катионами металлов. Отрицательно заряженными группами, участвующими в адсорбции металлов, являются спиртовая, аминная, карбоксильная, сложноэфирная, гидроксильная, сульфогидрильная, фосфорильная, сульфатная, тиоэфирная и тиоловая группы [9].

Биоремедиация использует генетическое разнообразие и метаболическую универсальность микроорганизмов для преобразования загрязняющих веществ в менее вредные конечные продукты, которые затем интегрируются в естественные биогеохимические циклы [10]. Основные пути биоремедиации заключаются в снижении растворимости загрязнителей окружающей среды за счет изменения pH, окислительно-восстановительных реакций и адсорбции загрязнителей [11–14].

Бактерии, восстанавливающие железо (III), играют важную роль в деградации органического вещества естественного происхождения и в круговороте тяжелых металлов в морских и пресноводных отложениях [15], активно участвуют в биогеохимическом цикле углерода и азота в природе [16].

Биосорбция является экологически чистым и экономически эффективным удобным методом биоремедиации тяжелых металлов из загрязненной водной экосистемы [17, 18]. Так, в исследовании, проведенном В. Шарма и соавт., установлено, что штамм *Bacillus subtilis* (MN093305), выделенный из реки Ганг при pH 7, 72 ч., 35 °C, сорбирует железо до 95,02% [19]. Кришна Канамарлапуди и Муддада в изотермических и кинетических исследованиях биосорбции железа (II) биомассой *Bacillus subtilis* из водных растворов установили, что оптимальная биосорбционная емкость составляет 7,25 мг металла на 1 г биосорбента в экспериментальных условиях начальной концентрации металла 100 мг/л, pH 4,5 и дозы биомассы 1 г/л при 30 °C в течение 24 ч. [20].

Цель исследования — оценить степень влияния эссенциальных элементов на рост и антагонистическую активность штаммов *Bacillus sp.*, входящих в состав пробиотических препаратов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на кафедре биохимии и микробиологии Оренбургского государственного университета в 2023 году. В качестве объектов исследования использовались музейные образцы пробиотических штаммов *Bacillus sp.*: *B. subtilis* 534 («Споробактерин», ООО «Бакорен», г. Оренбург, Россия), *B. cereus* IP 5832 («Флонивин БС», Galenika Crna Gora, D. O. O., Черногория), *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 («Ветом 4», ООО НПФ «Исследовательский центр», Новосибирская обл., Россия), клинические изоляты *E. coli* и *S. aureus*.

В качестве регулирующих рост факторов моно- и полиметалльного загрязнения субстрата использовали соли металлов (ЧДА) $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (АО «ЛенРеактив», г. Санкт-Петербург, Россия).

Для реализации поставленных задач использовали комбинирование методов серийного разведения с диффузионным методом агаровых лунок. Сочетание представленных методических подходов позволило оценить уровень резистентности исследуемых штаммов к тестируемым химическим соединениям и степень антагонистической активности.

Серия разведения солей металлов в условиях базового эксперимента, направленного на уровень пороговых значений толерантности пробиотических штаммов, колебалась в диапазоне от 1,000 до 0,016 М, что в свою очередь позволило определить рабочие концентрации солей эссенциальных элементов (минимальная доза, не оказывающая ингибирующее действие) для проведения дальнейших исследований.

Суть метода заключается в высеве суспензии исследуемых микроорганизмов (0,5 по МакФарланду) на поверхность стерильного агаризованного субстрата (2,0%). После посева культуры клеток газоном с использованием шпателя Дригальского стерильным микробиологическим пробойником в толще агара были сделаны 7 отверстий диаметром 5 мм на удалении 1,5 см от края чашки (диаметр 90 мм) и 3,0 см между лунками. В лунки в объеме 30 мкл вносили раствор соли металла

по часовой стрелке с убыванием концентрации. Чашки помещали в термостат для инкубирования культуры клеток при температуре 37 °С в течение 24 часов. Уровень биологического действия оценивали визуально путем замера зон ингибирования роста (бактерицидный эффект) или их отсутствия.

Антагонистическую активность исследовали диффузионным методом. Предварительно тестируемые пробиотические штаммы *Bacillus sp.* культивировали в жидкой питательной среде (ГРМ-бульон), контрольные образцы без добавления металла, опытные — в присутствии солей исследуемых элементов в течение 48 ч. при температуре 37 °С. После культивирования пробирки центрифугировали в течение 30 мин. при 3000 об/мин.

Для исследования использовали надосадочную жидкость (супернатант). В чашках Петри на поверхности 2% ГРМ-агара высевали суспензию *E. coli* и *S. aureus* (0,5 по МакФарланду) в объеме 100 мкл с равномерным распределением газонем шпателем Дригальского. В лунки в толще агаризованной пластинки, сделанные микробиологическим пробойником, вносили по 30 мкл супернатанта в последовательности: контрольный образец и опытные (рост в присутствии рабочих концентраций $FeSO_4 \times 7H_2O$, $CuSO_4 \times 5H_2O$ и $ZnSO_4 \times 7H_2O$).

Влияние металлов на антагонистические характеристики *Bacillus sp.* проводили посредством замера зон ингибирования роста микроорганизмов по отношению к контрольным образцам после инкубирования тест-организмов в течение 24 ч. при температуре 37 °С.

Степень влияния эссенциальных элементов на динамические показатели роста бактериальной культуры определяли с использованием нефелометрического метода посредством регистрации оптической плотности суспензии с интервальными замерами через каждые 3 ч. до наступления трехкратно повторяющихся результатов, что свидетельствовало о выходе тест-организмов на максимальные показатели роста [21].

Уровень сорбционной емкости исследуемых микроорганизмов оценивали с использованием атомно-абсорбционной спектрофотометрии. В условиях монометалльного загрязнения субстрата в ГРМ-бульон в объеме 400 мл вносили рабочие концентрации раствора металла с последующим добавлением суспензии микроорганизмов и культивировали их до наступления стационарной фазы роста (время определялось на основании нефелометрического метода) при температуре 37 °С. Содержимое флаконов центрифугировали при 3000 об/мин в течение 30 мин. с последующим отделением супернатанта. Бактериальные клетки в структуре биомассы лизировали путем добавления 5% раствора КОН и выдерживали в водяной бане при температуре 98 °С в течение 30 мин. Анализ подвергали как биомассу, так и супернатант в пересчете в процентах содержания металлов в тестируемых образцах от объема внесенного соединения в субстрат.

Влияние солей исследуемых элементов на морфометрические показатели бактериальных клеток, оценку уровня локализации металлов проводили с использованием атомно-силовой микроскопии с модифицированной методикой пробоподготовки [22].

Таблица 1. Рабочие концентрации исследуемых солей эссенциальных элементов

Table 1. Working concentrations of the studied salts of essential elements

Исследуемые штаммы	Исследуемые соли металлов					
	FeSO ₄		CuSO ₄		ZnSO ₄	
	М	мг/мл	М	мг/мл	М	мг/мл
<i>B. subtilis</i> 534	0,063	9,49	0,031	4,99	0,031	5,05
<i>B. cereus</i> IP 5832	0,063	9,49	0,125	19,95	0,063	10,09
<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В 7038	0,063	9,49	0,063	9,98	0,031	5,05

Все экспериментальные исследования проводились в 10-кратных повторах с последующей статистической обработкой (средний, ошибка среднего, t-критерий Стьюдента (определение достоверности полученных результатов) с использованием программ Excel (США) и AtteStat(США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В рамках проведенных исследований было установлено, что все исследуемые химические соединения эссенциальных элементов в концентрациях от 1,000 М до 0,250 М обладают выраженным ингибирующим действием в отношении тестируемых пробиотических штаммов рода *Bacillus sp.* (табл. 1).

Наиболее высокие показатели толерантности к действию солей эссенциальных элементов установлены у штамма *B. cereus* IP 5832, превышающего аналогичные показатели по концентрации меди на 49,97% и 74,99% для *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 и *B. subtilis* 534 соответственно. В отношении цинка *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 и *B. subtilis* 534 имеют идентичные показатели резистентности к концентрации 0,031 М, в то время как *B. cereus* IP 5832 проявляет устойчивость к 0,063 М.

В отношении железа установлена родовая резистентность к концентрации FeSO₄ 0,063 М и менее. Полученные в ходе этого этапа реализации проекта данные позволили определить рабочие концентрации солей металлов для выполнения других задач, направленных на анализ влияния эссенциальных элементов на исследуемые штаммы *Bacillus sp.*

Второй этап реализации проекта направлен на влияние исследуемых химических соединений эссенциальных элементов на динамические показатели роста (рис. 1, 2) бактериальных штаммов рода *Bacillus sp.* Реализация данного этапа сопряжена с необходимостью

Рис. 1. Оценка влияния солей исследуемых металлов на динамические показатели роста исследуемых микроорганизмов

Fig. 1. Assessment of the effect of salts of the studied metals on the dynamic growth rates of the studied microorganisms

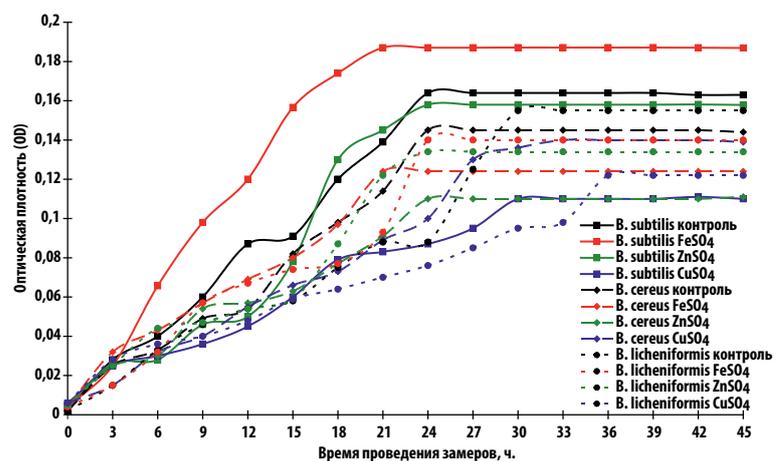
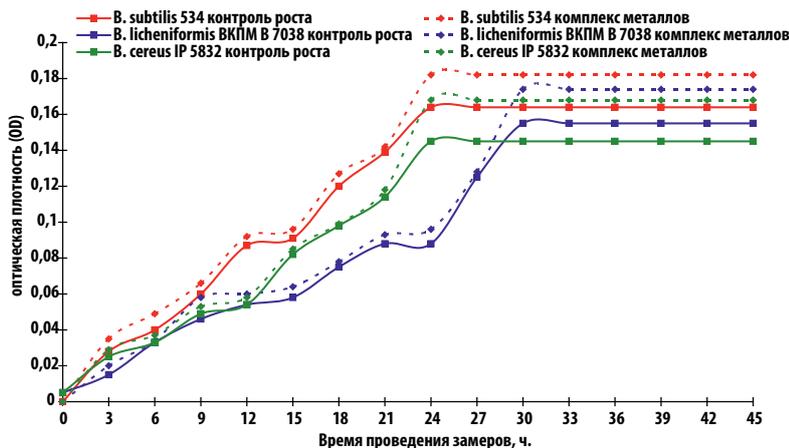


Рис. 2. Оценка динамических характеристик роста исследуемых микроорганизмов *Bacillus sp.* в присутствии комплекса металлов

Fig. 2. Assessment of the dynamic growth characteristics of the studied microorganisms *Bacillus sp.* in the presence of a metal complex



определения стационарной фазы роста в условиях периодического культивирования микроорганизмов, так как металлы активно сорбируются и биотрансформируются бактериальными клетками в фазу активного роста и начального этапа выхода роста популяции на плато.

В условиях монометалльного экспериментального загрязнения субстрата железом большинство тестируемых штаммов демонстрируют более высокие показатели оптической плотности по отношению к контролю с сокращением времени выхода популяции клеток на стационарную фазу, максимальные показатели оптической плотности регистрируются у штамма *B. subtilis* 534 как в присутствии железа, так и в интактном образце.

Гипотетически данный механизм можно объяснить высокими показателями сорбции, вследствие чего изменяется оптическая плотность бактериальной суспензии (рис. 1).

В условиях полиметалльного загрязнения все исследуемые штаммы демонстрируют схожую картину динамики роста популяции и имеют более высокие показатели оптической плотности в опытных образцах по отношению к контрольным группам, при этом следует отметить, что наиболее значимые различия наблюдаются по мере приближения стационарной фазы на 10,97% для *B. subtilis* 534 ($p < 0,01$), 15,86% — *B. cereus* IP 5832 ($p < 0,001$), 12,26% — *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 ($p < 0,001$) соответственно (рис. 2). Обращает внимание отсутствие временного сдвига наступления стационарной фазы, в отличие от монометалльного загрязнения.

Основной блок экспериментальных исследований, направленный на оценку биоремедиационного потенциала исследуемых бактериальных штаммов, заключался в определении их сорбционной емкости в условиях моно- и полиметалльного загрязнения субстрата (рис. 3, 4).

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высоком уровне сорбции железа и цинка из субстрата в условиях массивной катионной нагрузки, вызванной введением рабочих концентраций солей металлов в питательную среду.

В отношении железа максимальными показателями аккумуляции обладает *B. subtilis* 534 и составляет 47,98% ($p < 0,01$) против 34,67% *B. cereus* IP 5832 и 33,80% *B. licheniformis* ВКПМ В 7038.

В отношении цинка максимальные показатели накопления элемента в биомассе регистрируются у штамма

B. cereus IP 5832 и составляют 44,96%, что на 2,46% превышает процент аккумуляции популяции клеток *B. subtilis* 534 и на 4,62% *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 соответственно.

Анализ экспериментальных данных по оценке сорбционных характеристик исследуемыми микроорганизмами катионов меди из субстрата свидетельствует о выраженном доминировании *B. licheniformis* ВКПМ В 7038, так как уровень сорбции у данного штамма значительно превышает аналогичный показатель у *B. subtilis* 534 (на 14,24%) и *B. cereus* IP 5832 (на 17,52%) в абсолютных значениях.

В условиях полиметалльного загрязнения наблюдается общая тенденция к аккумуляции по отношению к показателям монометалльной нагрузки на субстрат, что проявляется максимальными показателями сорбции железа и цинка у *B. subtilis* 534 и меди у *B. licheniformis* ВКПМ В 7038.

Для определения локализации сорбируемых элементов была проведена атомно-силовая микроскопия по модифицированной методике пробоподготовки, базирующейся на культивировании бактериальных штаммов на плотных питательных средах. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о выраженном

Рис. 3. Оценка сорбционной емкости *Bacillus sp.* в условиях экспериментального монометалльного загрязнения

Fig. 3. Assessment of the sorption capacity of *Bacillus sp.* under conditions of experimental monometallic contamination

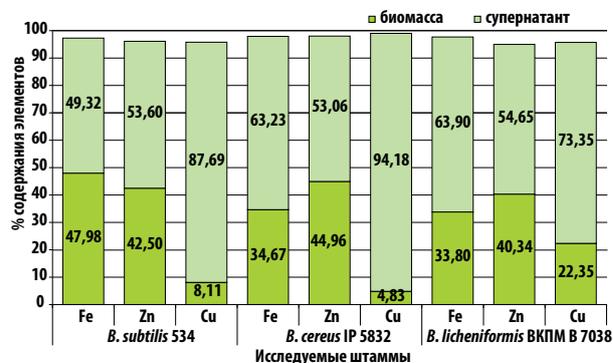


Рис. 4. Оценка избирательного накопления металлов из субстрата штаммами *Bacillus sp.* в условиях экспериментального полиметалльного загрязнения

Fig. 4. Assessment of selective accumulation of metals from the substrate strains of *Bacillus sp.* in the conditions of experimental polymetal contamination

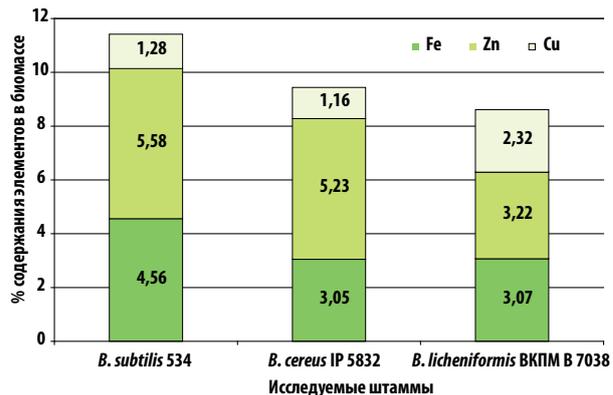
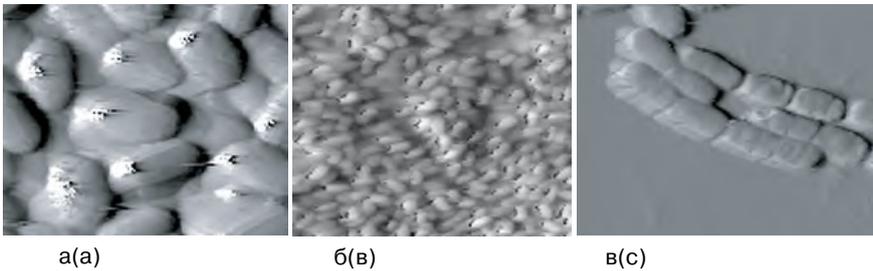


Рис. 5. Оценка сорбционных характеристик меди и цинка штаммом *B. subtilis* 534 с использованием атомно-силовой микроскопии (увеличение: А — 7–11 мкм; Б — 22–34 мкм; В — 13,5–20,0 мкм): А — культивирование в присутствии минимальной нетоксической дозы CuSO_4 ; Б — культивирование в присутствии минимальной нетоксической дозы ZnSO_4 ; В — контрольный образец

Fig. 5. Evaluation of the sorption characteristics of copper and zinc by *B. subtilis* 534 strain using atomic force microscopy (magnification: A — 7–11 microns; B — 22–34 microns; C — 13.5–20.0 microns): A — cultivation in the presence of a minimum non-toxic dose of CuSO_4 ; B — cultivation in the presence of a minimum non-toxic dose of ZnSO_4 ; B — control sample



действию исследуемых металлов на морфометрические показатели исследуемых микроорганизмов (рис. 5), характеризующиеся изменением размера, формы и способа локализации по отношению друг к другу.

Анализируя данные (рис. 5), следует отметить не только изменение морфологии клеток изучаемой культуры (сокращение длины (рис. 5А), отсутствие построения в цепочки (рис. 5А, 5Б), но и наличие металлизированных комплексов на поверхности бактериальных клеток, что наиболее явно представлено на рисунке 5А. При этом следует отметить, что сорбция меди осуществляется не всей поверхностью, а локализуется на определенных участках (на одном из полюсов).

Следует отметить, что визуализация представленных данных позволяет с высокой долей уверенности судить о формировании ультрадисперсных смешанолигандных комплексов на бактериальной поверхности.

Представители рода *Bacillus* sp. обладают высокими показателями антагонистической активности. В условиях проводимого эксперимента была проведена оценка влияния эссенциальных элементов на антагонистические характеристики исследуемых штаммов в модельном эксперименте *in vitro* в отношении *S. aureus* и *E. coli*.

Полученные данные контрольного образца свидетельствуют о выраженном ингибирующем действии продуктов жизнедеятельности (вторичных метаболитов) пробиотических штаммов в отношении тест-организмов, максимальные показатели диаметрально удаленного ингибирования роста *S. aureus* регистрируются при внесении в лунку супернатанта после 48-часового культивирования *B. subtilis* 534 (табл. 2).

Таблица 2. Оценка влияния исследуемых элементов на антагонистические характеристики *Bacillus* sp. по отношению к тест-организмам

Table 2. Evaluation of the effect of the studied elements on the antagonistic characteristics of *Bacillus* sp. in relation to test organisms

Фактор воздействия	Тест-организмы	Зоны ингибирования роста тест-организмов, мм		
		<i>B. subtilis</i> 534	<i>B. cereus</i> IP 5832	<i>B. licheniformis</i> ВКПМ В 7038
Контроль	<i>S. aureus</i>	14,80 ± 0,60	13,30 ± 0,49	11,50 ± 0,34
	<i>E. coli</i>	9,30 ± 0,49	9,50 ± 0,50	6,80 ± 0,47
ZnSO_4	<i>S. aureus</i>	9,30 ± 0,66*	8,60 ± 0,33*	6,30 ± 0,42**
	<i>E. coli</i>	9,00 ± 0,68*	9,60 ± 0,66**	6,80 ± 0,79**
CuSO_4	<i>S. aureus</i>	5,5 ± 0,56***	5,50 ± 0,42***	4,80 ± 0,54**
	<i>E. coli</i>	6,20 ± 0,80*	5,00 ± 0,73**	6,00 ± 0,6**
FeSO_4	<i>S. aureus</i>	13,200 ± 0,54	12,30 ± 0,61	9,80 ± 0,54*
	<i>E. coli</i>	8,90 ± 1,33	12,60 ± 0,40**	9,30 ± 0,61*

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Внесение в субстрат солей исследуемых элементов у данного микроорганизма вызывает негативное влияние на уровень активности вторичных метаболитов как в отношении грамположительного, так и грамотрицательного тест-организма. Наиболее выраженное влияние оказывает медь, снижая степень антагонистической активности на 62,84% ($p < 0,001$) в отношении *S. aureus* и на 33,33% ($p < 0,05$) в отношении *E. coli*.

Экспериментально установлено, что культивирование штаммов *B. cereus* IP 5832 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 в присутствии FeSO_4 в концентрации 9,49 мг/мл увеличивает уровень антагонистической активности указанных штаммов в отношении *E. coli* на 32,63% ($p < 0,01$) и на 36,77% ($p < 0,05$). На уровне гипотезы можно предположить, что присутствие железа увеличивает проницаемость мембраны грамотрицательной клетки, вследствие чего возрастает степень ингибирующего действия антибиотикоподобных соединений, продуцируемых бактериальными штаммами *Bacillus*.

Выводы/Conclusions

Проведенный системный анализ комплексной экспериментальной оценки влияния эссенциальных элементов на представителей рода *Bacillus* позволяет с высоким уровнем достоверности констатировать, что все исследуемые штаммы обладают идентичным уровнем резистентности в отношении железа (9,49 мг/мл). Наиболее высокие показатели устойчивости к меди и цинку регистрируются у *B. cereus* IP 5832, для которого рабочие концентрации солей данных элементов составили 19,95 мг/мл и 10,09 мг/мл соответственно.

Присутствие солей в субстрате оказывает выраженное действие на динамические показатели роста. Однако следует отметить, что данное явление может быть обусловлено высокими показателями сорбции железа и цинка, что в свою очередь влияет на показатели оптической плотности как отдельных клеток, так и популяции в целом, что подтверждается результатами исследования сорбционной емкости исследуемых штаммов.

Установлено, что все исследуемые пробиотические штаммы рода *Bacillus* активно сорбируют из субстрата железо до 47,98% и цинк до 44,96%. Однако в отношении меди относительно высокую аккумулялирующую активность проявляет *B. licheniformis* ВКПМ В 7038, содержание металла в биомассе которого составило 22,35%, против 8,11% у *B. subtilis* 534 и 4,83% у *B. cereus* IP 5832.

Анализ данных влияния исследуемых элементов на антагонистическую активность свидетельствует о том, что присутствие меди и цинка в субстрате оказывает негативное влияние на выработку антибиотикоподобных соединений всеми исследуемыми штаммами. Положительная динамика наблюдается лишь в присутствии FeSO_4 в концентрации 9,49 мг/мл, что увеличивает показатели антагонистической активности штаммов *B. cereus* IP 5832 и *B. licheniformis* ВКПМ В 7038 в отношении *E. coli* на 32,63% ($p < 0,01$) и 36,77% ($p < 0,05$).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-10079. <https://rscf.ru/project/23-26-10079/>

FUNDING

The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-26-10079. <https://rscf.ru/project/23-26-10079/>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Malik A. Metal bioremediation through growing cells. *Environment International*. 2004; 30(2): 261–278. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.08.001>
2. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and cytotoxic properties of composite material based on ZnO nanoparticles in PLGA obtained by low temperature method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49. <https://doi.org/10.3390/polym14010049>.
3. Astashev M.E. *et al.* Antibacterial behavior of organosilicon composite with nano aluminum oxide without influencing animal cells. *Reactive and Functional Polymers*. 2022; 170: 105143. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105143>.
4. Chausov D.N. *et al.* Synthesis of a Novel, Biocompatible and Bacteriostatic Borosiloxane Composition with Silver Oxide Nanoparticles. *Materials*. 2022; 15(2). <https://doi.org/10.3390/ma15020527>
5. Yang T., Chen M.-L., Wang J.-H. Genetic and chemical modification of cells for selective separation and analysis of heavy metals of biological or environmental significance. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015; 66: 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.11.016>
6. Fomina M., Gadd G.M. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Technology*. 2014; 160: 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>
7. Mosa K.A., Saadoun I., Kumar K., Helmy M., Dhankher O.P. Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: 303. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00303>
8. Aronbaev S. Aronbaev D. Biosorption of heavy metal ions by the cell walls of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in their combined presence. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2023; 458: 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345802024>.
9. Gavrilescu M. Removal of Heavy Metals from the Environment by Biosorption. *Engineering in Life Sciences*. 2004; 4(3): 219–232. <https://doi.org/10.1002/elsc.200420026>
10. Liu S., Suflija J.M. Ecology and evolution of microbial populations for bioremediation. *Trends in Biotechnology*. 1993; 11(8): 344–352. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(93\)90157-5](https://doi.org/10.1016/0167-7799(93)90157-5)
11. Ayangbenro A.S., Babalola O.O. A New Strategy for Heavy Metal Polluted Environments: A Review of Microbial Biosorbents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017; 14(1): 94. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010094>
12. Pystin V. *et al.* The rationale for the recovery of the territories contaminated by organomineral waste. *E3S Web of Conferences: Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2023)*. EDP Sciences. 2023; 407: 03008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340703008>
13. Takaeva M. Biotechnology of solid waste disposal (anaerobic processing) in the urban environment. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 04001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237604001>
14. Salishcheva O. *et al.* Biodegradation of organic compounds in wastewater. *Bio web of Conferences: Agro-Bio-Technologies 2023 – Innovative Solutions for the Development of the Industry*. EDP Sciences. 2023; 64: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236401003>
15. Zheng S., Wang B., Li Y., Liu F., Wang O. Electrochemically active iron (III)-reducing bacteria in coastal riverine sediments. *Journal of Basic Microbiology*. 2017; 57(12): 1045–1054. <https://doi.org/10.1002/jobm.201700322>
16. Zhan Y. *et al.* Iron and total organic carbon shape the spatial distribution pattern of sediment Fe(III) reducing bacteria in a volcanic lake, NE China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2021; 37(9): 155. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03125-z>
17. Shilkina S., Baraboshkina A. Bioaugmentation in wastewater treatment: Features of technology and automation. *International Scientific and Practical Symposium "The Future of the Construction Industry: Challenges and Development Prospects": E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2023; 457: 02022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345702022>.
18. Myrzaliev S.K. *et al.* Study of the dependence of component composition — degree of wastewater purification by adsorbents based on plant raw materials to control the content of priority pollutants in water bodies. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 06010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248206010>.
19. Sharma V., Singh P., Trivedi B., Kamboj N., Bisht A., Pandey N. Assessment of Iron Biosorption Potential by Live and Dead Biomass of *Bacillus subtilis* (MN093305) from Aqueous Solution. *Indian Journal of Microbiology*. 2024; 64(1): 153–164. <https://doi.org/10.1007/s12088-023-01144-y>

REFERENCES

1. Malik A. Metal bioremediation through growing cells. *Environment International*. 2004; 30(2): 261–278. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2003.08.001>
2. Burmistrov D.E. *et al.* Bacteriostatic and cytotoxic properties of composite material based on ZnO nanoparticles in PLGA obtained by low temperature method. *Polymers*. 2022; 14(1): 49. <https://doi.org/10.3390/polym14010049>.
3. Astashev M.E. *et al.* Antibacterial behavior of organosilicon composite with nano aluminum oxide without influencing animal cells. *Reactive and Functional Polymers*. 2022; 170: 105143. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105143>.
4. Chausov D.N. *et al.* Synthesis of a Novel, Biocompatible and Bacteriostatic Borosiloxane Composition with Silver Oxide Nanoparticles. *Materials*. 2022; 15(2). <https://doi.org/10.3390/ma15020527>
5. Yang T., Chen M.-L., Wang J.-H. Genetic and chemical modification of cells for selective separation and analysis of heavy metals of biological or environmental significance. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2015; 66: 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.11.016>
6. Fomina M., Gadd G.M. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresource Technology*. 2014; 160: 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>
7. Mosa K.A., Saadoun I., Kumar K., Helmy M., Dhankher O.P. Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: 303. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00303>
8. Aronbaev S. Aronbaev D. Biosorption of heavy metal ions by the cell walls of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in their combined presence. *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2023; 458: 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345802024>.
9. Gavrilescu M. Removal of Heavy Metals from the Environment by Biosorption. *Engineering in Life Sciences*. 2004; 4(3): 219–232. <https://doi.org/10.1002/elsc.200420026>
10. Liu S., Suflija J.M. Ecology and evolution of microbial populations for bioremediation. *Trends in Biotechnology*. 1993; 11(8): 344–352. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(93\)90157-5](https://doi.org/10.1016/0167-7799(93)90157-5)
11. Ayangbenro A.S., Babalola O.O. A New Strategy for Heavy Metal Polluted Environments: A Review of Microbial Biosorbents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017; 14(1): 94. <https://doi.org/10.3390/ijerph14010094>
12. Pystin V. *et al.* The rationale for the recovery of the territories contaminated by organomineral waste. *E3S Web of Conferences: Actual Problems of Ecology and Environmental Management (APEEM 2023)*. EDP Sciences. 2023; 407: 03008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340703008>
13. Takaeva M. Biotechnology of solid waste disposal (anaerobic processing) in the urban environment. *BIO Web of Conferences*. 2023; 76: 04001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237604001>
14. Salishcheva O. *et al.* Biodegradation of organic compounds in wastewater. *Bio web of Conferences: Agro-Bio-Technologies 2023 – Innovative Solutions for the Development of the Industry*. EDP Sciences. 2023; 64: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236401003>
15. Zheng S., Wang B., Li Y., Liu F., Wang O. Electrochemically active iron (III)-reducing bacteria in coastal riverine sediments. *Journal of Basic Microbiology*. 2017; 57(12): 1045–1054. <https://doi.org/10.1002/jobm.201700322>
16. Zhan Y. *et al.* Iron and total organic carbon shape the spatial distribution pattern of sediment Fe(III) reducing bacteria in a volcanic lake, NE China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2021; 37(9): 155. <https://doi.org/10.1007/s11274-021-03125-z>
17. Shilkina S., Baraboshkina A. Bioaugmentation in wastewater treatment: Features of technology and automation. *International Scientific and Practical Symposium "The Future of the Construction Industry: Challenges and Development Prospects": E3S Web of Conferences*. EDP Sciences. 2023; 457: 02022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345702022>.
18. Myrzaliev S.K. *et al.* Study of the dependence of component composition — degree of wastewater purification by adsorbents based on plant raw materials to control the content of priority pollutants in water bodies. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 06010. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248206010>.
19. Sharma V., Singh P., Trivedi B., Kamboj N., Bisht A., Pandey N. Assessment of Iron Biosorption Potential by Live and Dead Biomass of *Bacillus subtilis* (MN093305) from Aqueous Solution. *Indian Journal of Microbiology*. 2024; 64(1): 153–164. <https://doi.org/10.1007/s12088-023-01144-y>

20. Krishna Kanamarlapudi S.L.R., Muddada S. Structural Changes of *Bacillus subtilis* Biomass on Biosorption of Iron (II) from Aqueous Solutions: Isotherm and Kinetic Studies. *Polish Journal of Microbiology*. 2019; 68(4): 549–558. <https://doi.org/10.33073/pjm-2019-057>

21. Сизентцов А.Н., Бибартцева Е.В., Синеок Д.М. Сравнительная оценка уровня толерантности почвенных изолятов *Bacillus subtilis* в отношении химических соединений меди. *Аграрная наука*. 2022; (10): 86–90. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-86-90>

22. Sizentsov A., Davydova O., Sizentsov Y., Barysheva E. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. *Biochemical and Cellular Archives*. 2021; 21(1): 901–906.

20. Krishna Kanamarlapudi S.L.R., Muddada S. Structural Changes of *Bacillus subtilis* Biomass on Biosorption of Iron (II) from Aqueous Solutions: Isotherm and Kinetic Studies. *Polish Journal of Microbiology*. 2019; 68(4): 549–558. <https://doi.org/10.33073/pjm-2019-057>

21. Sizentsov A.N., Bibartseva E.V., Sineok D.M. Comparative assessment of the level of tolerance of *Bacillus subtilis* soil isolates in relation to chemical copper compounds. *Agrarian science*. 2022; (10): 86–90 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-86-90>

22. Sizentsov A., Davydova O., Sizentsov Y., Barysheva E. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. *Biochemical and Cellular Archives*. 2021; 21(1): 901–906.

ОБ АВТОРАХ

Алексей Николаевич Сизентцов

кандидат биологических наук,
доцент кафедры биохимии и микробиологии
asizen@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

Людмила Вячеславовна Галактионова

кандидат биологических наук, доцент,
заведующая кафедрой биологии и почвоведения
anilova.osu@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0781-3752>

Ольга Константиновна Давыдова

кандидат биологических наук,
доцент кафедры биохимии и микробиологии
okdavydova@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-1067-0337>

Оренбургский государственный университет,
пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Aleksey Nikolaevich Sizentsov

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
of the Department of Biochemistry and Microbiology
asizen@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

Lyudmila Vyacheslavovna Galaktionova

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Biology and Soil Science
anilova.osu@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0781-3752>

Olga Konstantinovna Davydova

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
of the Department of Biochemistry and Microbiology
okdavydova@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-1067-0337>

Orenburg State University,
13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia



МАК 2025

Межрегиональная
Агропромышленная
Конференция



12+

РЕКЛАМА

5–6 ФЕВРАЛЯ 2025 | СТАТЬ ПАРТНЁРОМ

РАЗДЕЛЫ МАК: ЗОНА ПАРТНЕРОВ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- ◆ Селекция и семеноводство
- ◆ Удобрения
- ◆ Гербициды
- ◆ Средства защиты растений

ЖИВОТНОВОДСТВО

- ◆ Корма и кормовые добавки
- ◆ Селекция, генетика, репродукция
- ◆ Оборудование для содержания и ухода

УСЛУГИ ДЛЯ АПК

- ◆ Технологии
- ◆ Финансирование и страхование бизнеса
- ◆ Цифровизация и оптимизация процессов
- ◆ Логистика

Официальная поддержка:



Министерство
сельского хозяйства
Челябинской области

Организатор:



ПЕРВОЕ
ВЫСТАВОЧНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ

www.makural.ru

г. Челябинск, Гранд Отель Видгоф
+7 (351) 755-55-10

А.В. Филатов^{1, 2} ✉
Д.Н. Иванов¹
А.Ф. Сапожников¹

¹Вятский государственный
 агротехнологический университет,
 Киров, Россия

²Институт агrobiотехнологий
 им. А.В. Журавского Коми научного
 центра Уральского отделения Российской
 академии наук, Сыктывкар, Россия

✉ fav6819@yandex.ru

Поступила в редакцию: 19.09.2024
 Одобрена после рецензирования: 01.10.2024
 Принята к публикации: 18.10.2024

© Филатов А.В., Иванов Д.Н., Сапожников А.Ф.

Andrey V. Filatov^{1, 2} ✉
Daniil N. Ivanov¹
Alexander F. Sapozhnikov¹

¹Vyatka State Agrotechnological University,
 Kirov, Russia

²Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies
 of the Komi Scientific Center of the Ural
 Branch of the Russian Academy of Sciences,
 Syktывkar, Russia

✉ fav6819@yandex.ru

Received by the editorial office: 19.09.2024
 Accepted in revised: 01.10.2024
 Accepted for publication: 18.10.2024

© Filatov A.V., Ivanov D.N., Sapozhnikov A.F.

Анализ изменений микробиома толстого отдела кишечника свиноматок и поросят

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию роли пробиотического комплекса «ЛикваФид» на формирование микробного сообщества в толстом отделе кишечника свиноматок и поросят на этапе лактации. Механизм действия пробиотических штаммов обусловлен антагонистическим действием к широкому спектру патогенных микроорганизмов, возбудителей заболеваний легочных инфекций, инфекций желудочно-кишечного тракта, в частности к возбудителям сальмонеллеза, а также иммуномодулирующим воздействием на организм. В ходе проведенного опыта изучили количественный и качественный состав микробного сообщества у лактирующих свиноматок и подсосных поросят в толстом отделе кишечника. Отбор биоматериала проводили от клинически здоровых животных. Исследование кала проводили в молекулярно-генетической лаборатории компании «БИОТРОФ» методом ПЦР в реальном времени с использованием специальных диагностических наборов для исследования биоценоза «Фемофлор®». В ходе работы было отмечено благоприятное влияние пробиотического комплекса «ЛикваФид» на формирование микробиоты толстого отдела кишечника как свиноматок, так и подсосных поросят, а именно установлено, что увеличилась общая микробная масса в опытной группе у свиноматок на 74%. На фоне применения пробиотика значительно снизилось количество представителей патогенной микрофлоры в толстом отделе кишечника у обеих групп подопытных животных, наиболее заметным из которых было сокращение в 3 раза представителей *Streptococcus spp.* в кале поросят подопытной группы.

Ключевые слова: свиноводство, микробиом, ПЦР, «ЛикваФид», свиноматки, подсосные поросята
Для цитирования: Филатов А.В., Иванов Д.Н., Сапожников А.В. Анализ изменений микробиома толстого отдела кишечника свиноматок и поросят. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 46–50.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-46-50>

Analysis of changes in the microbiome of the large intestine of sows and suckling pigs

ABSTRACT

The article is devoted to the study of the role of the probiotic complex “LiquaFid” on the formation of a microbial community in the large intestine of sows and piglets at the lactation stage. The mechanism of action of probiotic strains is due to the antagonistic effect to a wide range of pathogenic microorganisms, pathogens of lung infections, infections of the gastrointestinal tract, in particular to pathogens of salmonellosis, as well as immunomodulatory effects on the body. In the course of the experiment, we studied the quantitative and qualitative composition of the microbial community in lactating sows and suckling piglets in the large intestine. The biomaterial was selected from clinically healthy animals. Fecal examination was carried out in the molecular genetic laboratory of the “BIOTROF” company by real-time PCR using special diagnostic kits for the study of the biocenosis of “Femoflor®”. During the work, the beneficial effect of the probiotic complex “LiquaFid” on the formation of the microbiota of the large intestine of both sows and suckling piglets was noted, namely, it was found that the total microbial mass in the experimental group of sows increased by 74%. Against the background of the use of probiotics, the number of representatives of pathogenic microflora in the large intestine in both groups of experimental animals decreased significantly, the most noticeable of which was a 3-fold reduction in representatives of *Streptococcus spp.* piglets of the experimental group are in the feces.

Key words: pig breeding, microbiome, sows, PCR, “LiquaFid”, piglets

For citation: Filatov A.V., Ivanov D.N., Sapozhnikov A.F. Analysis of changes in the microbiome of the large intestine of sows and suckling pigs. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 46–50 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-46-50>

Введение/Introduction

В то время как важность кормовой базы в свиноводстве является неоспоримой, а корма занимают значительную часть в конечной стоимости свинины, возможность оказать влияние на повышение конверсии корма и производственные показатели за счет введения в рацион определенных пробиотических штаммов бактерий остается перспективным направлением.

Состав микробиома кишечника свиноматок значительно влияет на формирование здоровья и степени иммунного ответа, оказывает влияние на показатели продуктивности как у взрослых животных, так и у полученного молодняка. Таксономический профиль микробного сообщества отличается в зависимости от отдела кишечника. Более масштабно он представлен в толстом отделе, где наиболее встречающимися филумами являются *Prevotella* и *Porphyromonas*, за которыми следуют представители *Lachnobacterium* и *Clostridium* [1, 2].

Новорожденные поросята подвергаются влиянию многих факторов окружающей среды, в том числе к этим факторам относится микробный состав кала свиноматок, который оказывает первоначальное воздействие на состав микробиома кишечника молодняка [3].

Бактериологический профиль содержимого кишечника непостоянен, он меняется в зависимости от возраста, рациона, условий содержания и других факторов. Коррекция микробного состава путем применения пробиотических добавок с отсекционированными штаммами бактерий — перспективное направление, поскольку механизм действия пробиотиков основан в том числе на принципе конкуренции за питательную среду в кишечнике [4].

Пробиотические штаммы бактерий способны замедлить или снизить количество некоторых видов нежелательных или патогенных микроорганизмов (например, за счет большей способности к адгезии или способности синтезировать антибактериальные вещества) [5, 6].

Всё вышеизложенное послужило возникновению идеи о возможности содействия формированию здорового микробиома кишечника подсосных свиноматок и их потомства через применение пробиотических комплексов.

Цель работы — проведение качественной и количественной оценки микробиома толстой кишки у свиноматок и поросят на фоне приема пробиотического комплекса «ЛикваФид».

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в январе — марте 2024 года на базе свиноводческого комплекса ООО «Агротек» (Камчатский край), занимающегося промышленным выращиванием и разведением свиней.

Маточное поголовье на свинокомплексах ООО «Агротек» представлено гибридами первого поколения, полученными в результате скрещивания чистопородных свиноматок породы Йоркшир и хряков породы ландрас.

Для проведения эксперимента супоросные свиноматки при постановке на опорос были разделены на две группы аналогов: контрольная — в которой пробиотические средства не использовались, опытная — где водорастворимый пробиотический комплекс «ЛикваФид», включающий в себя два штамма бактерий *Bacillus sp.*,

производства компании «Биотроф» (г. Санкт-Петербург, Россия), вводили животным от момента постановки на опорос и до окончания подсосного периода с питьевой водой из расчета 50 г на 1 т.

В течение 28-дневного подсосного периода поросята имели возможность получать пробиотический комплекс через систему поения в той же дозе, что и свиноматки. По окончании подсосного периода у 10 свиноматок и поросят каждой исследуемой группы однократно методом случайной выборки проводили взятие кала из прямой кишки с соблюдением правил асептики и норм этического обращения с подопытными животными^{1, 2}. Отобранный биоматериал (1–2 г) помещался в стерильные пробирки типа «Эппендорф». До лабораторных исследований биоматериал хранился замороженным (-16–18 °С).

Лабораторные исследования кала свиноматок и поросят осуществляли в молекулярно-генетической лаборатории компании «БИОТРОФ» (г. Санкт-Петербург, Россия).

Исследование проводили с использованием набора реагентов для исследования биоценоза «Фемофлор®» (НПО «ДНК-Технология», г. Москва, Россия). Тотальную ДНК выделяли с помощью набора Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific, USA). Количество полученной ДНК по результатам оценки флуориметра Qubit и набора реагентов Qubit dsDNA BR Assay Kit (ThermoFisher Scientific, Lithuania) составляло как минимум 50 нг/мкл.

Для проведения ПЦР использовали детектирующие амплификаторы «ДТпрайм1», «ДТлайт2» и ДТ-96 (НПО «ДНК-Технология», Россия). После прохождения амплификации по показателю индикаторного цикла программно рассчитываются с использованием программы Statistica (© 2024 StatSoft Statistica, Россия) количество общей бактериальной массы, число микроорганизмов, входящих в отдельные группы.

Результаты и обсуждения / Results and discussion

Используя методы молекулярно-генетического анализа, было обнаружено, что к окончанию периода лактации на фоне применения пробиотического комплекса «ЛикваФид» количественный и качественный состав бактериальной массы прямой кишки свиноматок (табл. 1) и подсосных поросят (табл. 2) различался между группами.

По результатам исследования установили, что общая бактериальная масса содержимого изучаемого отдела толстой кишки у свиноматок в подопытной группе была выше в 1,74 раза, чем у сверстниц интактной группы. Достаточное существенное увеличение микробного сообщества в прямой кишке обуславливается формированием благоприятной среды для роста и развития микробиоты. Повышение бактериальной массы в желудочно-кишечном тракте свиней в целом считается благоприятным [5, 7, 8].

В ходе исследования кала свиноматок были обнаружены представители трех условных групп микроорганизмов: бактерии группы нормофлоры, нежелательной микрофлоры и патогенные микроорганизмы. Тем не менее абсолютное большинство бактериоидов относились к представителям нормофлоры — 94,60% и 91,07% в подопытной и контрольной группах соответственно.

¹ European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L 222. 1999; 0031–0037.
² Постановление Межпарламентской ассамблеи государств — участников Содружества Независимых Государств от 31 октября 2007 года № 29-17. Модельный закон «Об обращении с животными».

Таблица 1. Сравнительное количество содержания микроорганизмов в кале свиноматок, клеток/г

Table 1. The comparative number of microorganisms in the feces of sows, cells/g

Микроорганизм	Группа	
	подопытная	контрольная
Общее количество бактерий	$8,2 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$
Нормофлора		
<i>Prevotella</i> и <i>Porphyromonas</i> spp.	$3,2 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
<i>Eubacterium</i> spp.	$4,0 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$
<i>Lachnobacterium</i> spp., <i>Clostridium</i> spp.	$2,0 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
<i>Lactobacillus</i> spp.	$2,0 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
<i>Megasphaera</i> spp., <i>Veillonella</i> spp., <i>Dialister</i> spp.	$1,6 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
Нежелательная микрофлора		
<i>Peptostreptococcus</i> spp.	$5,0 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$
<i>Enterobacteriaceae</i> spp.	$1,6 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$
<i>Mobiluncus</i> spp., <i>Corynebacterium</i> spp.	$2,0 \times 10^3$	< п. д. о.
<i>Atopobium</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
Патогенные микроорганизмы		
<i>Fusobacterium</i> spp., <i>Sneathia</i> spp., <i>Leptotrichia</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Streptococcus</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Staphylococcus</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Mycoplasma</i> spp., <i>Ureaplasma</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Candida</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.

На фоне применения пробиотического комплекса «ЛикваФид» бактериальная масса представителей нежелательной микрофлоры была ниже на 40%, чем у контрольных животных.

Доминирующее положение в микробиоме кала свиноматок в подопытной и контрольной группах занимают представители видов *Prevotella* и *Porphyromonas*, относящиеся к нормофлоре, с долями 39,02% и 27,66% соответственно.

Известно, что бактерии рода *Prevotella* положительно коррелируют с концентрацией секретируемого иммуноглобулина А. Установлено, что *Prevotella* играет важную роль в расщеплении сложных полисахаридов растительного происхождения до короткоцепочечных жирных кислот, тем самым делая их доступными для хозяина [9, 10].

Количественное содержание в кале свиноматок бактериоидов рода *Eubacterium* на фоне применения пробиотического комплекса «ЛикваФид» было выше на 60% в подопытной группе, как и число представителей рода *Lachnobacterium* spp., *Clostridium* spp., содержание которых на 25% было больше аналогичного показателя в интактной группе.

Бактерии рода *Lachnobacterium* spp. и *Clostridium* spp. продуцируют ферменты, расщепляющие крахмалистые полисахариды, что благоприятно сказывается на метаболизме и усвоении легкогидролизуемых компонентов корма [11].

Представителей нормофлоры родов *Lactobacillus* spp. и *Megasphaera* spp., *Veillonella* spp., *Dialister* spp. в кале свиноматок подопытной группы было больше в 2 раза и 1,23 раза соответственно, чем в контрольной группе. Молочнокислые бактерии за счет синтеза молочной кислоты понижают pH и препятствуют росту патогенной микрофлоры, оказывают иммуномодулирующее действие, а рост числа лактатутилизующих бактерий (*Megasphaera* spp., *Veillonella* spp., *Dialister* spp.) может быть признаком повышения синтеза летучих жирных кислот и, соответственно, улучшения энергопотребления [12].

На фоне применения пробиотического комплекса «ЛикваФид» в структуре микробиома кала свиноматок

Таблица 2. Сравнительное количество содержания микроорганизмов в кале поросят, клеток/г

Table 2. The comparative number of microorganisms in the feces of piglets, cells/g

Микроорганизм	Группа	
	подопытная	контрольная
Общее количество бактерий	$2,4 \times 10^7$	$3,0 \times 10^7$
Нормофлора		
<i>Prevotella</i> spp., <i>Porphyromonas</i> spp.	$1,3 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$
<i>Eubacterium</i> spp.	$1,0 \times 10^5$	$0,63 \times 10^5$
<i>Lachnobacterium</i> spp., <i>Clostridium</i> spp.	$0,79 \times 10^6$	$1,3 \times 10^6$
<i>Lactobacillus</i> spp.	$0,63 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$
<i>Megasphaera</i> spp., <i>Veillonella</i> spp., <i>Dialister</i> spp.	$0,5 \times 10^6$	$3,2 \times 10^5$
Нежелательная микрофлора		
<i>Peptostreptococcus</i> spp.	$1,0 \times 10^5$	$4,0 \times 10^5$
<i>Enterobacteriaceae</i> spp.	$0,25 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$
<i>Mobiluncus</i> spp., <i>Corynebacterium</i> spp.	$1,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^3$
<i>Atopobium</i> spp.	< п. д. о.	$1,3 \times 10^2$
Патогенные микроорганизмы		
<i>Fusobacterium</i> spp., <i>Sneathia</i> spp., <i>Leptotrichia</i> spp.	< п. д. о.	$1,3 \times 10^3$
<i>Streptococcus</i> spp.	$1,0 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$
<i>Staphylococcus</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Mycoplasma</i> spp., <i>Ureaplasma</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.
<i>Candida</i> spp.	< п. д. о.	< п. д. о.

подопытной группы снизилось процентное содержание представителей нежелательной микрофлоры. Так, число бактерий семейства *Enterobacteriaceae* spp. было ниже в 2 раза в сравнении с интактной группой. Несмотря на принятое мнение о том, что данный род бактерий относится к комменсалам, тем не менее он включает в себя виды *Salmonella*, *Shigella* и *Escherichia*, которые могут быть причиной оппортунистических инфекций [1, 13].

Количество представителей условно-патогенных родов *Peptostreptococcus* spp. в интактной группе было ниже 25%. Стоит учесть, что бактерии *Peptostreptococcus* spp. в процессе жизнедеятельности повышают водородный показатель и участвуют в ферментации углеводов, что создает препятствия для развития некоторых родов болезнетворной микрофлоры.

Наименьшую долю в структуре микробиома кала занимают представители патогенной микрофлоры, относящиеся к видам *Fusobacterium*, *Sneathia*, *Leptotrichia*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Mycoplasma*, *Ureaplasma*, *Candida*. Количество представителей данных филумов было ниже предела достоверного обнаружения как в подопытной, так и в контрольной группе.

Количественные изменения микробного сообщества содержимого толстой кишки подсосных поросят на фоне применения пробиотического комплекса «ЛикваФид» сильнее всего отразились в изменении содержания представителей условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, в то время как изменение содержания представителей нормофлоры в структуре микробиома кала подопытной и контрольной групп находилось в пределах 2% (табл. 2).

На фоне применения водорастворимого пробиотика количество представителей нежелательной микрофлоры в кале поросят подопытной группы было в 5,17 раза ниже в сравнении с интактной группой, что свидетельствует о конкурентной эффективности пробиотических штаммов *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium*, входящих в состав «ЛикваФид». Так, содержание рода *Peptostreptococcus* spp. в кале поросят-отъемышей подопытной группы было ниже в 4 раза, количество представителей рода

Enterobacteriaceae spp. — в 10 раз, количество бактерий родов *Mobiluncus spp.*, *Corynebacterium spp.* — в 1,53 раза в сравнении с молодняком контрольной группы. Количественное снижение бактерий, относящихся к условно-патогенной микрофлоре, благоприятно отразится на адаптации поросят в послеродовой период [6].

Такие представители патогенных микроорганизмов в кале поросят подопытной группы, как *Fusobacterium spp.*, *Sneathia spp.*, *Leptotrichia spp.*, *Streptococcus spp.*, регистрировались реже в 5,3 раза относительно интактных сверстников. Происходящие изменения могут благоприятно сказаться на росте и развитии молодняка, поскольку меньше энергии будет тратиться на реализацию иммунного ответа [5, 14, 15].

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

Выводы/Conclusions

Таким образом, пробиотические штаммы *Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium* корректируют микробный пейзаж содержимого кишечника у подсосных свиноматок и их приплода, что характеризуется увеличением роста представителей нормофлоры и снижением численного количества условно-патогенных и патогенных микроорганизмов.

Полученные закономерности в изменении микробиома на фоне применения пробиотика «ЛикваФид» создают предпосылки повышения эффективности конверсии корма за счет лучшего усвоения питательных веществ маточным поголовьем и поросятами, а также получения более здорового отъемного молодняка, способного к более полной реализации генетического потенциала.

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

- Новикова Н., Ильина Л., Солдатова В., Большаков В. «Профорт®» для свиноматок и поросят. *Животноводство России*. 2017; (S1): 39. <https://www.elibrary.ru/zgqnfj>
- Грязнова М.В., Дворецкая Ю.Д., Сыромятников М.Ю., Михайлов Е.В., Попов В.Н. Исследование микробиомного состава отделов кишечника свиней методом высокопроизводительного секвенирования. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2022; (1): 69–78. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2022.1.69>
- Upadhaya S.D., Kim I.H. Maintenance of gut microbiome stability for optimum intestinal health in pigs — a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022; 13: 140. <https://doi.org/10.1186/S40104-022-00790-4>
- Balasubramanian B., Li T., Kim I.H. Effects of supplementing growing-finishing pig diets with *Bacillus spp.* probiotic on growth performance and meat-carcass grade quality traits. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016; 45(3): 93–100. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000300002>
- Филатов А.В., Якимов А.В., Бактеева А.И. Микробиом кишечника поросят в период дорашивания при использовании пробиотика «ЛикваФид». *Свиноводство*. 2023; (1): 56–59. <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2023-1-56-59>
- Gardiner G.E., Metzler-Zebeli B.U., Lawlor P.G. Impact of Intestinal Microbiota on Growth and Feed Efficiency in Pigs: A Review. *Microorganisms*. 2020; 8(12): 1886. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121886>
- Carvalho I.C.S. et al. PSVI-5 Effect of probiotic supplementation on performance and intestinal integrity in weaned piglets. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(S3): 401. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.728>
- Lee H.-J. et al. Impact of Supplementary Microbial Additives Producing Antimicrobial Substances and Digestive Enzymes on Growth Performance, Blood Metabolites, and Fecal Microflora of Weaning Pigs. *Animals*. 2021; 11(5): 1217. <https://doi.org/10.3390/ani11051217>
- Han I.K., Lee J.H., Piao X.S., Li D. Feeding and Management System to Reduce Environmental Pollution in Swine Production — Review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 2001; 14(3): 432–444. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.432>
- Leser T.D., Amenuvor J.Z., Jensen T.K., Lindecrone R.H., Boye M., Møller K. Culture-Independent Analysis of Gut Bacteria: the Pig Gastrointestinal Tract Microbiota Revisited. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002; 68(2): 673–690. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.2.673-690.2002>
- Jones S. Trends in microbiome research. *Nature Biotechnology*. 2013; 31: 277. <https://doi.org/10.1038/nbt.2546>
- Liu P. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 2090. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02090>
- Yang F., Hou C., Zeng X., Qiao S. The Use of Lactic Acid Bacteria as a Probiotic in Swine Diets. *Pathogens*. 2015; 4(1): 34–45. <https://doi.org/10.3390/pathogens4010034>
- Kiernan D.P., O'Doherty J.V., Sweeney T. The Effect of Maternal Probiotic or Synbiotic Supplementation on Sow and Offspring Gastrointestinal Microbiota, Health, and Performance. *Animals*. 2023; 13(19): 2996. <https://doi.org/10.3390/ani13192996>
- Белооков А.А., Белоокова О.В., Чухутин Е.В., Горелик О.В. Эффективность применения пробиотиков в промышленном свиноводстве. *Аграрная наука*. 2022; (7–8): 98–101 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-98-101>

REFERENCES

- Novikova N., Ilyina L., Soldatova V., Bolshakov V. "Profort®" for sows and piglets. *Animal Husbandry of Russia*. 2017; (S1): 39 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zgqnfj>
- Gryaznova M.V., Dvoretzkaya Yu.D., Syromyatnikov M.Yu., Mikhaylov E.V., Popov V.N. Study of the microbiome composition of the intestinal segments of pigs by the method of high-throughput sequencing. *Bulletin of Veterinary pharmacology*. 2022; (1): 69–78 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2022.1.69>
- Upadhaya S.D., Kim I.H. Maintenance of gut microbiome stability for optimum intestinal health in pigs — a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2022; 13: 140. <https://doi.org/10.1186/S40104-022-00790-4>
- Balasubramanian B., Li T., Kim I.H. Effects of supplementing growing-finishing pig diets with *Bacillus spp.* probiotic on growth performance and meat-carcass grade quality traits. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016; 45(3): 93–100. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902016000300002>
- Filatov A.V., Yakimov A.V., Bakhteeva A.I. The gut microbiome of piglets during the growing period when using the probiotic "LiquaFid". *Pig farming*. 2023; (1): 56–59 (in Russian). <https://doi.org/10.37925/0039-713X-2023-1-56-59>
- Gardiner G.E., Metzler-Zebeli B.U., Lawlor P.G. Impact of Intestinal Microbiota on Growth and Feed Efficiency in Pigs: A Review. *Microorganisms*. 2020; 8(12): 1886. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121886>
- Carvalho I.C.S. et al. PSVI-5 Effect of probiotic supplementation on performance and intestinal integrity in weaned piglets. *Journal of Animal Science*. 2021; 99(S3): 401. <https://doi.org/10.1093/jas/skab235.728>
- Lee H.-J. et al. Impact of Supplementary Microbial Additives Producing Antimicrobial Substances and Digestive Enzymes on Growth Performance, Blood Metabolites, and Fecal Microflora of Weaning Pigs. *Animals*. 2021; 11(5): 1217. <https://doi.org/10.3390/ani11051217>
- Han I.K., Lee J.H., Piao X.S., Li D. Feeding and Management System to Reduce Environmental Pollution in Swine Production — Review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 2001; 14(3): 432–444. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.432>
- Leser T.D., Amenuvor J.Z., Jensen T.K., Lindecrone R.H., Boye M., Møller K. Culture-Independent Analysis of Gut Bacteria: the Pig Gastrointestinal Tract Microbiota Revisited. *Applied and Environmental Microbiology*. 2002; 68(2): 673–690. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.2.673-690.2002>
- Jones S. Trends in microbiome research. *Nature Biotechnology*. 2013; 31: 277. <https://doi.org/10.1038/nbt.2546>
- Liu P. et al. Dietary Corn Bran Altered the Diversity of Microbial Communities and Cytokine Production in Weaned Pigs. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 2090. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02090>
- Yang F., Hou C., Zeng X., Qiao S. The Use of Lactic Acid Bacteria as a Probiotic in Swine Diets. *Pathogens*. 2015; 4(1): 34–45. <https://doi.org/10.3390/pathogens4010034>
- Kiernan D.P., O'Doherty J.V., Sweeney T. The Effect of Maternal Probiotic or Synbiotic Supplementation on Sow and Offspring Gastrointestinal Microbiota, Health, and Performance. *Animals*. 2023; 13(19): 2996. <https://doi.org/10.3390/ani13192996>
- Belookov A.A., Belookova O.V., Chukhutin E.V., Gorelik O.V. The efficiency of probiotics in industrial pig breeding. *Agrarian science*. 2022; (7–8): 98–101. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-98-101>

ОБ АВТОРАХ

Андрей Викторович Филатов^{1, 2}
 доктор ветеринарных наук, профессор¹;
 доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник²
 fav6819@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4557-844X>

Даниил Николаевич Иванов¹
 аспирант
 daniilivanov19996@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-5946-5404>

Александр Фёдорович Сапожников¹
 кандидат ветеринарных наук, доцент
 greyara@rambler.ru

¹Вятский государственный агротехнологический университет, Октябрьский пр-т, 133, Киров, 610017, Россия

²Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, 27, Сыктывкар, 167023, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Andrey Viktorovich Filatov^{1, 2}
 Doctor of Veterinary Sciences, Professor¹;
 Doctor of Veterinary Sciences, Leading Researcher²
 fav6819@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4557-844X>

Daniil Nikolaevich Ivanov¹
 Graduate Student
 daniilivanov19996@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0009-5946-5404>

Alexander Fedorovich Sapozhnikov¹
 Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
 greyara@rambler.ru

¹Vyatka State Agrotechnological University, 133 Oktyabrsky Ave., Kirov, 610017, Russia

²Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya Str., Syktyvkar, 167023, Russia



С 3 по 5 декабря состоится

**XVI Международная научно-практическая конференция
 «СВИНОВОДСТВО-2024»**

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Национальный Союз свиноводов
- Международная промышленная академия

КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

- Министерства сельского хозяйства РФ
- Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору РФ



ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Тенденции в развитии свиноводства России в современных условиях
- Экспорт – один из основных векторов развития свиноводства. Приоритетные направления экспорта свинины из РФ
- Возрастающая роль ветеринарного и санитарного обеспечения отрасли
- Качественные корма, продукты ветеринарии и гигиена как залог здоровья и высокой продуктивности свиней
- Современные технологии, техническое перевооружение и модернизация – основа развития свиноводческих предприятий
- Техническое регулирование как фактор биобезопасности производства

К участию в конференции приглашаются: руководители и специалисты агрохолдингов, свиноводческих, мясоперерабатывающих и комбикормовых предприятий; органов управления АПК субъектов Российской Федерации, отраслевых союзов и ассоциаций АПК; отечественных и зарубежных компаний, фирм и предприятий – производителей оборудования, ингредиентов, ветеринарных препаратов; ученые и преподаватели научно-исследовательских институтов, высших и средних профессиональных учебных заведений, а также редакторы отраслевых СМИ.

Конференция будет проходить в гибридном формате, который предусматривает офлайн- (личное) и онлайн-участие.



Ссылка на подключение и трансляцию будет направлена только зарегистрированным участникам. Предварительная регистрация осуществляется по заявкам и на сайте конференции (<http://grainfood.ru/conference/svinovodstvo-2024>).

СПРАВКИ И ЗАЯВКИ НА УЧАСТИЕ

НСС:

Аксаньян Григорий Степанович,
 главный эксперт по развитию отрасли
 тел. (495) 690-53-17
next@nssrf.ru

МПА:

Кафедра отраслей животноводства и комбикормового производства
Щербакова Ольга Евгеньевна,
 зав. кафедрой, профессор
 тел./факс (495) 959-71-06
scherbakovaoe@grainfood.ru

Агеева Ксения Михайловна,
 доцент
 тел/факс: (499) 235-48-27
a89057777955@yandex.ru

Карцева Ольга Павловна,
 декан
 тел/факс (499) 235-95-79
dekanat@grainfood.ru

Реклама

УДК 619:578.832.1:598.293.1(574)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-51-54

Е.Д. Бурашев ✉
М.Б. Орынбаев
К.Т. Султанкулова
З.Д. Омарова
А.Б. Тулендибаев
Т.У. Аргимбаева
Н.А. Аубакир
Т.Т. Еремекбай

Научно-исследовательский институт
 проблем биологической безопасности,
 пгт. Гвардейский, Жамбылская обл.,
 Казахстан

✉ yerbol.burashev@biosafety.kz

Поступила в редакцию: 30.07.2024
 Одобрена после рецензирования: 01.10.2024
 Принята к публикации: 18.10.2024

© Бурашев Е.Д., Орынбаев М.Б., Султанкулова К.Т.,
 Омарова З.Д., Тулендибаев А.Б., Аргимбаева Т.У.,
 Аубакир Н.А., Еремекбай Т.Т.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-51-54

Erbol D. Burashev ✉
Mukhit B. Orynbayev
Kulyaisan T. Sultankulova
Zamira D. Omarova
Ali B. Tulendibayev
Tahmina U. Argimbayeva
Nurdos A. Aubakir
Tanat T. Eremekbai

Research Institute for Biological Safety
 Problems, Gvardeiskiy, Zhambyl Region,
 Kazakhstan

✉ yerbol.burashev@biosafety.kz

Received by the editorial office: 30.07.2024
 Accepted in revised: 01.10.2024
 Accepted for publication: 18.10.2024

© Burashev E.D., Orynbayev M.B., Sultankulova K.T.,
 Omarova Z.D., Tulendibayev A.B.,
 Argimbayeva T.U., Aubakir N.A., Eremekbai T.T..

Циркуляция вируса гриппа типа А среди вороновых на территории Северного Казахстана

РЕЗЮМЕ

Грипп птиц остается серьезной угрозой для здравоохранения, сельского хозяйства и экологии в глобальном масштабе. Мониторинг циркуляции вируса гриппа типа А среди диких птиц, в частности вороновых, имеет ключевое значение для выявления и предотвращения потенциальных вспышек. В данном исследовании проанализированы образцы, собранные от грачей и серых ворон в Костанайской, Акмолинской и Жамбылской областях Казахстана в 2023 году. Методом ОТ-ПЦР в реальном времени вирус гриппа типа А был обнаружен у 30% грачей в Костанайской и у 16,6% серых ворон в Акмолинской областях. Полученные результаты подтверждают циркуляцию вируса среди вороновых в данных регионах и указывают на необходимость постоянного эпизоотологического мониторинга для своевременного выявления и реагирования на возможные вспышки гриппа птиц.

Ключевые слова: грипп птиц, вирус гриппа типа А, вороновые, эпизоотологический мониторинг, ОТ-ПЦР, Казахстан

Для цитирования: Бурашев Е.Д. и др. Циркуляция вируса гриппа типа А среди вороновых на территории Северного Казахстана. *Аграрная наука.* 2024; 388(11): 51–54.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-51-54>

Circulation of influenza A virus among corvids in Northern Kazakhstan

ABSTRACT

Avian influenza remains a serious threat to public health, agriculture and ecology on a global scale. Monitoring the circulation of influenza A virus among wild birds, particularly corvids, is crucial for detecting and preventing potential outbreaks. In this study, samples collected from rooks and hooded crows in Kostanay, Akmola and Zhambyl regions of Kazakhstan in 2023 were analyzed. Using real-time RT-PCR, influenza A virus was detected in 30% of rooks in Kostanay region and 16.6% of hooded crows in Akmola region. The results confirm the circulation of the virus among corvids in these regions and indicate the need for continuous epizootic monitoring for timely detection and response to possible outbreaks of avian influenza.

Key words: avian influenza, influenza A virus, corvids, epizootic monitoring, RT-PCR, Kazakhstan

For citation: Burashev E.D. *et al.* Circulation of influenza A virus among corvids in Northern Kazakhstan. *Agrarian science.* 2024; 388(11): 51–54 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-51-54>

Введение/Introduction

Грипп птиц, вызываемый вирусами гриппа типа А, продолжает представлять глобальную угрозу для здравоохранения, птицеводства и дикой фауны [1–3]. Высокопатогенные штаммы, такие как H5N1 и H5N8, способны вызывать массовую гибель домашних и диких птиц и тяжелые инфекции у людей с летальностью до 60% [4].

Основным природным резервуаром вируса являются водоплавающие и околотовные птицы, формирующие эпизоотические очаги в местах массовых скоплений на водоемах [5].

В последние годы отмечается рост заболеваемости гриппом птиц в мире, в том числе с вовлечением новых видов и территорий [6]. Так, в 2020–2022 годах крупные вспышки высокопатогенного гриппа H5N1 и H5N8 были зарегистрированы среди домашних и диких птиц в десятках стран Азии, Европы и Африки [7]. Эти события демонстрируют исключительную изменчивость вируса гриппа и его способность преодолевать межвидовые барьеры [8].

Своевременное выявление циркуляции вируса среди диких птиц имеет решающее значение для прогнозирования и предотвращения вспышек [9]. Особую роль в этом отношении играют места остановок на путях миграции, где происходят массовое скопление и тесный контакт птиц из разных популяций [10].

Территория Казахстана, расположенная на стыке Центрально-Азиатского и Западно-Азиатско-Восточно-Африканского пролетных путей, занимает ключевое место в системе глобального эпизоотологического мониторинга гриппа птиц [11].

Среди разнообразия дикой орнитофауны Казахстана особый интерес представляют птицы семейства врановых (или вороновых) (*Corvidae*), являющиеся важными носителями и переносчиками вируса гриппа [10]. Будучи многочисленными синантропными видами, грачи (*Corvus frugilegus*) и серые вороны (*Corvus cornix*) образуют крупные скопления вблизи населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов, что создает благоприятные условия для циркуляции и распространения вируса [13].

Несмотря на очевидную актуальность, циркуляция вируса гриппа А среди вороновых птиц в Казахстане остается недостаточно изученной. Большинство предыдущих исследований были сфокусированы на водоплавающих и околотовных птицах [14], в то время как данные по вороновым фрагментарны и не позволяют составить целостную картину эпизоотической ситуации [15].

Настоящая работа направлена на изучение распространенности вируса гриппа А среди грачей и серых ворон в северных и центральных регионах Казахстана по данным осеннего мониторинга 2023 года. Полученные результаты призваны заполнить пробелы в понимании роли вороновых в циркуляции вируса и способствовать оптимизации системы эпизоотологического надзора за гриппом птиц в республике.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В сентябре 2023 года в ходе полевых экспедиций были собраны образцы от 33 птиц семейства врановых (*Corvidae*) в Костанайской, Акмолинской и Жамбылской областях Казахстана. Выборка включала 28 грачей (*Corvus frugilegus*) и 5 серых ворон (*Corvus cornix*), отловленных в природных и синантропных биотопах (табл. 1).

Таблица 1. Результаты выявления вируса гриппа А у вороновых птиц

Table 1. Results of detection of influenza A virus in vranov birds

Область	Вид птиц	Исследовано образцов	Из них положительных	Доля, % (95% ДИ)
Костанайская	грач	20	3	15,0 (5,2–36,0)
	грач	6	1	16,7 (3,0–56,4)
Акмолинская	серая ворона	6	0	0 (0–39,0)
Жамбылская	грач	34	0	0 (0–10,2)
Всего		66	4	6,1 (2,4–14,6)

Отбор птиц проводился методом ружейной охоты с соблюдением ветеринарно-санитарных правил. От каждой птицы брали парные образцы из трахеи и клоаки в объеме 1–2 мл каждый. Пробы собирали в криопробирки с 3 мл транспортной среды на основе фосфатно-солевого буфера и антибиотиков. Образцы замораживали в жидком азоте и транспортировали в лабораторию в термоконтейнерах при температуре $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Выявление РНК вируса гриппа А проводили методом ОТ-ПЦР в реальном времени с использованием праймеров к консервативному участку гена М по протоколу ВОЗ¹.

Для экстракции вирусной РНК использовали набор QIAamp Viral Mini Kit (Qiagen, Германия) согласно инструкции производителя. ОТ-ПЦР ставили на приборе RotorGene Q (Qiagen) по следующей программе: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 30 мин., $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 15 мин., затем 45 циклов $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 10 сек. и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 30 сек. Положительным считали образец со значением порогового цикла (C_t) менее 35.

Доли положительных образцов рассчитывали в программе EpiTools (США) с определением 95% доверительных интервалов методом Уилсона². Сравнение частот между областями и типами образцов проводили с помощью точного критерия Фишера. За статистически значимый принимали уровень $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В общей сложности методом ОТ-ПЦР вирус гриппа А был выявлен в 4 из 66 исследованных проб (6,1%, 95% ДИ 2,4–14,6%). Все положительные находки получены от грачей в Костанайской (3 из 10, 30,0%) и Акмолинской областях (1 из 6, 16,7%). В Жамбылской области, где были собраны 17 проб от грачей, все образцы оказались отрицательными (табл. 1).

Частота обнаружения вируса у грачей составила 30,0% (3/10) в Костанайской области и 16,7% (1/6) в Акмолинской. Различия статистически незначимы ($p = 0,604$). Среди серых ворон положительных находок не зарегистрировано.

Суммарная доля инфицированных особей была выше в Костанайской области (15%, 3/20), чем в Акмолинской (8,3%, 1/12) и Жамбылской (0%, 0/34), однако различия не достигали порога значимости ($p = 0,120$ и $p = 0,086$ соответственно). Трахеальные и клоакальные образцы продемонстрировали сходный уровень выявляемости вируса — 3,0% (1/33) и 9,1% (3/33) соответственно ($p = 0,600$). Коинфекция верхних и нижних дыхательных путей отмечена у одной птицы в Костанайской области, тогда как у остальных вирус обнаруживался либо в клоакальном, либо в трахеальном смыве.

Средние значения C_t в положительных пробах варьировали от 28,5 до 33,6 (медиана 31,9), что

¹ World Health Organization. WHO information for molecular diagnosis of influenza virus in humans-update. https://www.who.int/influenza/gisrs_laboratory/molecular_diagnosis/en/

² Sergeant ESG. EpiTools Epidemiological Calculators. Ausvet. 2018. <https://epitools.ausvet.com.au>

свидетельствует о невысокой концентрации вирусной РНК. У птицы с коинфекцией уровень накопления вируса был выше в клоакальной пробе ($Ct = 28,5$), чем в трахеальной ($Ct = 31,4$).

Статистический анализ связи значений Ct с видом птиц, областью сбора и типом образца не выявил значимых различий и корреляций, что, вероятно, обусловлено малым числом позитивных находок (табл. 2).

Полученные результаты подтверждают циркуляцию вируса гриппа А среди грачей в северных и центральных регионах Казахстана в осенний период 2023 года. Отсутствие выявлений в Жамбылской области, вероятно, связано с недостаточным объемом выборки и не исключает возможности спорадических случаев инфицирования.

Преобладание клоакальных находок над трахеальными согласуется с данными литературы о преимущественной репродукции вируса в кишечнике у диких птиц. Обращает на себя внимание сравнительно низкий уровень инфицированности вороновых (6,1%) в целом по выборке, 15–30% — среди положительных популяций. Для сравнения: в предыдущих исследованиях частота выявления вируса гриппа у диких птиц в Казахстане достигала 10–20% [9], а среди вороновых в соседних странах — 5–15% [10]. Вероятно, это отражает межпопуляционную и сезонную вариабельность эпизоотического процесса, зависящую от кормовой базы, погодных-климатических условий и путей миграции [13].

Нельзя исключать, что истинная распространенность инфекции среди вороновых несколько выше выявленной, учитывая невысокую чувствительность ОТ-ПЦР при низких концентрациях вируса [14].

Включение в протокол исследований вирусологических методов (заражение куриных эмбрионов, клеточных культур) позволило бы повысить выявляемость в 1,5–2 раза [13], однако это сопряжено со значительными трудозатратами и удорожанием работ.

Выводы/Conclusions

Результаты осеннего мониторинга 2023 года выявили циркуляцию вируса гриппа А у 6,1% исследованных вороновых птиц в северных и центральных регионах Казахстана. Наибольшая частота инфицирования отмечена среди грачей в Костанайской (30,0%) и Акмолинской (16,7%) областях, в то время как серые вороны и птицы из Жамбылской области оказались свободны от вируса. Трахеальные и клоакальные пробы продемонстрировали сходный уровень выявляемости (3,0% и 9,1%

Таблица 2. Характеристика образцов, положительных на вирус гриппа А

Table 2. Characteristics of samples positive for influenza A virus

№ пробы	Область	Район	Населенный пункт	Вид птицы	Тип образца	Ct
1	Костанайская	Костанай	Кунай	грач	клоакальный	32,8
3	Костанайская	Аулиеколь	Тимофеевка	грач	клоакальный трахеальный	28,5 31,4
5	Костанайская	Аулиеколь	Тимофеевка	грач	трахеальный	33,1
6	Акмолинская	Есильский	Красивое	грач	клоакальный	33,6

соответственно) при невысоких концентрациях вирусной РНК (Ct 28,5–33,6).

Полученные данные существенно дополняют и расширяют представления о роли вороновых птиц в циркуляции вируса гриппа А на территории Казахстана. Впервые показано наличие вируса среди грачей в регионах, прилегающих к Центрально-Азиатскому пролетному пути, что подчеркивает их потенциальное эпидемическое значение как связующего звена между мигрирующими и оседлыми популяциями птиц.

В то же время сравнительно невысокий уровень инфицированности (6,1% в целом по выборке) указывает на спорадический характер циркуляции и отсутствие выраженного эпизоотического неблагополучия на момент исследования.

Данная работа вносит вклад в понимание закономерностей эпизоотического процесса гриппа птиц в условиях Казахстана и сопредельных стран Центральной Азии. Продемонстрирована принципиальная возможность выявления вируса у вороновых птиц стандартными молекулярными методами, что открывает перспективы для их более широкого включения в программы эпизоотологического мониторинга.

Сопоставление данных по разным областям, видам птиц и типам образцов позволяет предполагать наличие региональных, популяционных и индивидуальных различий в динамике эпизоотического процесса, требующих углубленного изучения.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на расширение географии и таксономического охвата эпизоотологического мониторинга гриппа среди вороновых птиц в Казахстане и сопредельных странах.

Особого внимания заслуживают зоны повышенного эпизоотического риска — места зимовок, гнездовий, остановок на пролете, где создаются условия для интенсивной циркуляции и реассортации вирусов между популяциями диких и домашних птиц. Параллельно должна вестись работа по изоляции и генетической характеристике вирусов гриппа от вороновых с оценкой их эпидемического и эпизоотического потенциала.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования ИРН AP19676553 «Эпидемиологический мониторинг и разработка современных средств диагностики особо опасных вирусных болезней птиц».

FUNDING

The work was carried out within the framework of the IRN grant financing project AP19676553 "Epidemiological monitoring and development of modern diagnostic tools for particularly dangerous viral diseases of birds".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Webster R.G., Govorkova E.A. Continuing challenges in influenza. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014; 1323: 115–139. <https://doi.org/10.1111/nyas.12462>
- Evstafyev D.M., Dudin P.V., Spasskaya T.A., Bondarev A.Ya., Vodolazov E.A. The epizootic situation of avian influenza in the Kaluga region. *International Scientific and Practical Conference "From Modernization to Rapid Development: Ensuring Competitiveness and Scientific Leadership of the Agro-Industrial Complex" (IDSISA 2024)*. Les Ulis. 2024; 108: 03006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803006>

REFERENCES

- Webster R.G., Govorkova E.A. Continuing challenges in influenza. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014; 1323: 115–139. <https://doi.org/10.1111/nyas.12462>
- Evstafyev D.M., Dudin P.V., Spasskaya T.A., Bondarev A.Ya., Vodolazov E.A. The epizootic situation of avian influenza in the Kaluga region. *International Scientific and Practical Conference "From Modernization to Rapid Development: Ensuring Competitiveness and Scientific Leadership of the Agro-Industrial Complex" (IDSISA 2024)*. Les Ulis. 2024; 108: 03006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803006>

3. Nesterchuk, S.L., Lomskov M.A., Konovalov A.M., Ostapenko V.A. Exploring the possibility of long-term survival of influenza "A" viruses in the aquatic invertebrate animals. *AIP conference proceedings (International Scientific and Practical Conference «Modern approaches in engineering and natural sciences» (MAENS-2021)*. AIP publishing. 2023; 2526: 030001. <https://doi.org/10.1063/5.0127237>

4. Марченко В.Ю., Гончарова Н.И., Гаврилова Е.В., Максютов Р.А., Рыжиков А.В. Обзор эпизоотологической ситуации по высокопатогенному гриппу птиц в России в 2020 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2021; (2): 33–40. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-2-33-40>

5. Saito T., Tanikawa T., Uchida Y., Takemae N., Kanehira K., Tsunekuni R. Intracontinental and intercontinental dissemination of Asian H5 highly pathogenic avian influenza virus (clade 2.3.4.4) in the winter of 2014–2015. *Reviews in Medical Virology*. 2015; 25(6): 388–405. <https://doi.org/10.1002/rmv.1857>

6. Bi Y. et al. Genesis, Evolution and Prevalence of H5N6 Avian Influenza Viruses in China. *Cell Host & Microbe*. 2016; 20(6): 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.10.022>

7. Global Consortium for H5N8 and Related Influenza Viruses. Role for migratory wild birds in the global spread of avian influenza H5N8. *Science*. 2016; 354(6309): 213–217. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8852>

8. Lee D.-H., Bertran K., Kwon J.-H., Swayne D.E. Evolution, global spread, and pathogenicity of highly pathogenic avian influenza H5Nx clade 2.3.4.4. *Journal of Veterinary Science*. 2017; 18(S1): 269–280. <https://doi.org/10.4142/jvs.2017.18.S1.269>

9. Verhagen J.H., Herfst S., Fouchier R.A.M. How a virus travels the world. *Science*. 2015; 347(6222): 616–617. <https://doi.org/10.1126/science.aaa6724>

10. Feare C.J. Role of Wild Birds in the Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus H5N1 and Implications for Global Surveillance. *Avian Diseases*. 2010; 54(S1): 201–212. <https://doi.org/10.1637/8766-033109-ResNote.1>

11. Байкара Б.Т., Садуакасова М.А., Акшалова П.Б., Султанов А.А. Влияние миграции птиц на распространение вируса птичьего гриппа в Казахстане. *Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва. Серия: Биологические науки*. 2023; (4): 7–18 (на казах. яз.). <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-7-18>

12. Львов Д.К. и др. Экология и эволюция вирусов гриппа в России (1979–2002 гг.). *Вопросы вирусологии*. 2004; 49(3): 17–25. <https://www.elibrary.ru/oiwqjz>

13. Савченко А.П. и др. Виды птиц — основные носители и переносчики вирусов гриппа А в Восточной Сибири. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2015; (4): 102–111. <https://www.elibrary.ru/uihrpc>

14. Кожакхметова Т.Е. и др. Анализ эпизоотической ситуации по гриппу птиц на территории Северо-Казахстанской области. Сейфуллинские чтения — 17: Современная аграрная наука: цифровая трансформация. *Материалы Международной научно-теоретической конференции. Нур-Султан: Издательство Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*. 2021; 1(1): 174–176.

15. Бопи А.К. и др. Мониторинг высокопатогенного гриппа птиц в Казахстане. *Биобезопасность и Биотехнология*. 2022; (10): 24–30. <https://doi.org/10.58318/2957-5702-2022-9-24-30>

ОБ АВТОРАХ

Ербол Досанович Бурашев

кандидат ветеринарных наук
yerbol.burashev@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-4701-1992>

Мухит Бармакулы Орынбаев

кандидат ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, главный научный сотрудник
omb65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5882-4964>

Куляйсан Турлыбаевна Султанкулова

кандидат биологических наук, профессор, заведующая лабораторией
sultankul70@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1332-1247>

Замира Даулеткызы Омарова

научный сотрудник
zarina-omarova-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4215-2638>

Али Бакытжанович Тулендибаев

научный сотрудник
tulendibaev93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7741-0938>

Такхмина Уразбековна Аргимбаева

научный сотрудник
98.constantine.98@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5656-0678>

Нурдос Аманжанович Аубакир

младший научный сотрудник
nurdos.aubakirov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0878-9168>

Танат Талайбекович Ермеkbай

младший научный сотрудник
t.yermekbai@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-1597-7784>

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,
ул. Момышулы, 15, пгт Гвардейский, Жамбылская обл., 080409, Казахстан

3. Nesterchuk, S.L., Lomskov M.A., Konovalov A.M., Ostapenko V.A. Exploring the possibility of long-term survival of influenza "A" viruses in the aquatic invertebrate animals. *AIP conference proceedings (International Scientific and Practical Conference «Modern approaches in engineering and natural sciences» (MAENS-2021)*. AIP publishing. 2023; 2526: 030001. <https://doi.org/10.1063/5.0127237>

4. Marchenko V.Yu., Goncharova N.I., Gavrilova E.V., Maksyutov R.A., Ryzhikov A.B. Overview of the Epizootological Situation on Highly Pathogenic Avian Influenza in Russia in 2020. *Problems of Particularly Dangerous Infections*. 2021; (2): 33–40 (in Russian). <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2021-2-33-40>

5. Saito T., Tanikawa T., Uchida Y., Takemae N., Kanehira K., Tsunekuni R. Intracontinental and intercontinental dissemination of Asian H5 highly pathogenic avian influenza virus (clade 2.3.4.4) in the winter of 2014–2015. *Reviews in Medical Virology*. 2015; 25(6): 388–405. <https://doi.org/10.1002/rmv.1857>

6. Bi Y. et al. Genesis, Evolution and Prevalence of H5N6 Avian Influenza Viruses in China. *Cell Host & Microbe*. 2016; 20(6): 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2016.10.022>

7. Global Consortium for H5N8 and Related Influenza Viruses. Role for migratory wild birds in the global spread of avian influenza H5N8. *Science*. 2016; 354(6309): 213–217. <https://doi.org/10.1126/science.aaf8852>

8. Lee D.-H., Bertran K., Kwon J.-H., Swayne D.E. Evolution, global spread, and pathogenicity of highly pathogenic avian influenza H5Nx clade 2.3.4.4. *Journal of Veterinary Science*. 2017; 18(S1): 269–280. <https://doi.org/10.4142/jvs.2017.18.S1.269>

9. Verhagen J.H., Herfst S., Fouchier R.A.M. How a virus travels the world. *Science*. 2015; 347(6222): 616–617. <https://doi.org/10.1126/science.aaa6724>

10. Feare C.J. Role of Wild Birds in the Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza Virus H5N1 and Implications for Global Surveillance. *Avian Diseases*. 2010; 54(S1): 201–212. <https://doi.org/10.1637/8766-033109-ResNote.1>

11. Baikara B.T., Saduakassova M.A., Akshalova P.B., Sultanov A.A. Impact of bird migration on the spread of avian influenza in Kazakhstan. *Bulletin of the L.N. Gumilev Eurasian National University. Series: Biological Sciences*. 2023; (4): 7–18 (in Kazakh). <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-7-18>

12. Lvov D.K. et al. Ecology and evolution of influenza viruses in Russia (1979–2002). *Problems of Virology*. 2004; 49(3): 17–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oiwqjz>

13. Savchenko A.P. et al. Bird species are the main carriers and vectors of influenza A viruses in Eastern Siberia. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2015; (4): 102–111 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uihrpc>

14. Kozhakhmetova T.E. et al. Analysis of the epizootic situation of avian influenza in the North Kazakhstan region. *Seifullin Readings — 17: Modern agricultural science: digital transformation. Proceedings of the International scientific and theoretical conference. Nur-Sultan: Seifullin Kazakh Agro Technical Research University publ*. 2021; 1(1): 174–176 (in Russian).

15. Bopi A.K. et al. Monitoring of highly pathogenic avian influenza in Kazakhstan. *Biosafety and Biotechnology*. 2022; (10): 24–30 (in Russian). <https://doi.org/10.58318/2957-5702-2022-9-24-30>

ABOUT AUTHORS

Erbol Dosanovich Burashev

Candidate of Veterinary Sciences
yerbol.burashev@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-4701-1992>

Mukhit Barmakuly Orynbayev

Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Chief Researcher
omb65@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5882-4964>

Kulyaisan Turlybayevna Sultankulova

Candidate of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory
sultankul70@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1332-1247>

Zamira Dauletkyzy Omarova

Research Associate
zarina-omarova-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4215-2638>

Ali Bakytzhanovich Tulendibayev

Research Associate
tulendibaev93@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7741-0938>

Takhmina Urazbekovna Argimbayeva

Research Associate
98.constantine.98@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5656-0678>

Nurdos Amanzhanovich Aubakir

Junior Research Assistant
nurdos.aubakirov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0878-9168>

Tanat Talaibekovich Ermekbai

Junior Research Assistant
t.yermekbai@biosafety.kz
<https://orcid.org/0000-0002-1597-7784>

Scientific Research Institute of Biological Safety Problems,
15 Momyshuly Str., Gvardeisky settlement, Zhambyl region, 080409, Kazakhstan

УДК 636.2.087.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-55-61

Т.И. Урюмцева¹

О.В. Горелик² ✉

А.С. Горелик³

М.Б. Ребезов^{2, 4}

С.Ю. Харлап²

¹Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Екатеринбург, Россия

⁴Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию: 30.07.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Урюмцева Т.И., Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-55-61

Tatyana I. Uryumtseva¹

Olga V. Gorelik² ✉

Artem S. Gorelik³

Maksim B. Rebezov^{2, 4}

Svetlana Yu. Kharlap²

¹Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

²Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

³Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

⁴Gorbatov Scientific Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office: 30.07.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Uryumtseva T.I., Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu.

Весовой рост и сохранность телят на фоне применения минеральных кормовых добавок

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Недостаточное кормление отрицательно отражается на обмене веществ и здоровье коровы, на состоянии рождающегося приплода. Слабые телята, не накопившие к рождению резервных питательных веществ, подвержены различным заболеваниям.

Цель работы — изучение влияния применения минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей на рост и развитие, сохранность новорожденного молодняка.

Методы. Для проведения исследования в типичном для региона племенном заводе были сформированы 3 группы нетелей (по 10 голов в каждой) — контрольная и две опытные по принципу пар-аналогов. Оценивали сохранность телят, их весовой рост путем взвешивания индивидуально и расчета показателей роста по общепринятым методам и формулам. Проводили оценку влияния применения минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей в период сухостоя на состояния здоровья телят.

Результаты. Установлено, что применение таких минеральных кормовых добавок, как цеолит Каринского месторождения и «Минерал Актив», нетелям в третий триместр стельности оказало положительное влияние на рост и сохранность новорожденных телят. Телята опытных групп имели живую массу при рождении достоверно выше, чем телята, полученные от нетелей контрольной группы. Это в какой-то мере оказало влияние и на живую массу телят в 3-месячном возрасте ($p \leq 0,01$). Несмотря на достоверную разницу по живой массе и среднесуточным приростам живой массы в пользу телят опытных групп, относительный прирост (или интенсивность роста) оказался выше у телят контрольной группы при практически неизменных показателях кратности роста.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, телята, минеральные кормовые добавки, весовой рост, сохранность, заболеваемость

Для цитирования: Урюмцева Т.И., Горелик О.В., Горелик А.С., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Весовой рост и сохранность телят на фоне применения минеральных кормовых добавок. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 55–61.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-55-61>

Weight growth and safety of calves against the background of the use of mineral feed additives

ABSTRACT

Relevance. Insufficient feeding has a negative effect on the metabolism and health of the cow, as well as on the condition of the offspring being born. Weak calves that have not accumulated reserve nutrients by birth are susceptible to various diseases.

The purpose of the work is to study the effect of the use of mineral feed additives when feeding heifers on the growth and development, safety of newborn young.

Methods. To conduct the study in a typical breeding plant for the region, 3 groups of heifers (10 heads each) were formed — a control group and two experimental ones based on the principle of pairs of analogues. The safety of calves and their weight growth were assessed by weighing individually and calculating growth indicators according to generally accepted methods and formulas. The impact of the use of mineral feed additives when feeding heifers during the deadwood period on the health of calves was evaluated.

Results. It was found that the use of such mineral feed additives as zeolite from the Karinsky deposit and “Mineral Active” to heifers in the third trimester of pregnancy had a positive effect on the growth and safety of newborn calves. Calves of the experimental groups had a live birth weight significantly higher than calves obtained from heifers of the control group. To some extent, this had an impact on the live weight of calves at 3 months of age ($p < 0.01$). Despite the significant difference in live weight and average daily live weight gains in favor of calves of the experimental groups, the relative increase (or growth intensity) turned out to be higher in calves of the control group with almost unchanged growth multiplicity.

Key words: cattle, calves, mineral feed additives, weight gain, safety, morbidity

For citation: Uryumtseva T.I., Gorelik O.V., Gorelik A.S., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Weight growth and safety of calves against the background of the use of mineral feed additives. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 55–61 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-55-61>

Введение/Introduction

Обеспечение населения достаточным количеством полноценных продуктов питания собственного производства [1–5] — основная цель Доктрины продовольственной безопасности России¹, это особенно актуально в условиях зарубежных санкций, ограничивающих развитие нашей страны.

Одним из стратегических продуктов является молоко и его производные, которые в основном получают от маточного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности [6–9].

Основная молочная порода в стране в настоящее время — голштинская, которая получена в результате длительного использования мирового генетического потенциала быков-производителей голштинской породы при совершенствовании отечественного молочного скота, в том числе из черно-пестрой породы [10, 11].

Получен большой массив высокопродуктивных помесных животных с высокой долей кровности по голштинской породе по всей стране, имеющих отличия, связанные с регионом разведения и исходными породными ресурсами [12, 13]. В Свердловской области это крупные высокопродуктивные животные, отличающиеся высокими удоями, пригодностью к промышленному производству молока и его достаточно высокими показателями качества и пищевой ценности [14, 15].

Повышение доюев сопровождается снижением продуктивного долголетия и воспроизводительных функций. Возникает необходимость в увеличении количества ремонтного молодняка для обновления стада и, как следствие, в применении новых технологических решений при его выращивании [16–19].

Одно из направлений решения этих задач — обеспечение сбалансированности кормления для более полного проявления генетического потенциала животных, в том числе и в первые месяцы жизни. Качество новорожденных телят и их жизнеспособность зависят от состояния здоровья коров-матерей [20–23].

Выращивание здоровых телят, хорошо развитых и приспособленных к условиям промышленного содержания, — основа увеличения производства животноводческой продукции [24, 25].

Опыт эксплуатации крупных ферм по производству молока показал, что нередко регистрируются у коров дородовые и послеродовые осложнения (до 30–50% случаев) и болезни новорожденных телят. Наиболее сложно сохранить телят в первые 15–20 дней. На этот период приходится около 50% падежа. Современные достижения науки и практики дают возможность получить здоровый приплод и обеспечить надежную профилактику болезней [26, 27].

Нарушения в кормлении стельных сухостойных коров и укороченный сухостойный период отрицательно сказываются не только на развитии плода, но и на составе молозива. Количество иммуноглобулинов в нем при нарушении кормления может уменьшаться в 2 раза, витаминов — в 1,5–2 раза, ухудшается сычужная свертываемость молозива. Если кормление сухостойных коров скудное и неполноценное, то молозиво от таких коров вообще непригодно для выпойки телят [30, 31].

В рационы включаются минеральные подкормки (мел, соль). В качестве белковой витаминной подкормки используют травяную муку (1,5–2 кг на 1 гол. в сутки). После запуска коров кормят по нормам, а за 10 дней

до отела уровень кормления снижают на 10–20%. В это время надо постоянно следить за состоянием вымени.

Недопустимо включать в рацион недоброкачественные корма (заплесневелое сено, мороженный силос), которые могут вызвать аборт. Основу рационов сухостойных коров и нетелей в летний период составляют высококачественные зеленые корма с добавкой необходимого количества концентратов.

Пребывание коров на хорошем пастбище оказывает исключительно благотворное влияние на организм животных, способствует лучшему развитию плода и облегчает роды. В последние 2–3 месяца стельности развитие плода несколько ускоряется, так что к кормлению коровы нужно относиться особенно внимательно. В это время нельзя допускать ни недокорма, ни перекорма животных. Стремление уменьшить к отелу массу телят и облегчить отелы снижением уровня кормления коров не приводит обычно к желаемым результатам. Более того, недостаточное кормление отрицательно отражается на обмене веществ и здоровье коровы, на состоянии рождающегося приплода. Слабые телята, не накопившие к рождению резервных питательных веществ, подвержены различным заболеваниям [32–34].

Недостаток или избыток в корме микроэлементов нарушает процессы обмена веществ и понижает продуктивность коровы, вследствие чего могут развиваться специфические заболевания [35, 36].

Некоторые минеральные добавки уже зарекомендовали себя в деле улучшения качественных характеристик состояния здоровья коров. Так, в результате исследования было установлено, что скармливание коровам минеральной кормовой добавки Animax приводит к повышению и нормализации глутатиона, к повышению и нормализации жирового обмена [37]. Умеренное повышение дозы цинка, марганца, кобальта, йода, магния, кальция и селена способствует росту суточного надоя молока [38–40].

Цель работы — изучение влияния применения минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей на рост и развитие, сохранность новорожденного молодняка.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-производственный опыт по использованию минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей в третьем триместре стельности для улучшения качества новорожденного молодняка и повышения его естественной резистентности проводился в условиях одного из типичных племенных репродукторов Свердловской области России по разведению голштинского скота.

Нетелям опытных групп за 60 дней до предполагаемого отела вводили в рацион цеолит и «Минерал Актив». Были подобраны 3 группы нетелей (по 10 голов в группе) методом сбалансированных групп, которые получали минеральные кормовые добавки в соответствии со схемой исследований (табл. 1).

Были подобраны 3 группы нетелей (по 10 голов в каждой) за 2–3 месяца до отела по методу сбалансированных групп с учетом живой массы, происхождения и месяца стельности:

- ✓ 1-я группа (контроль) получала основной рацион,
- ✓ 2-й группе дополнительно к основному рациону введены минеральные добавки — цеолит (глауконит)

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20). <http://www.scrf.gov.ru>

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного эксперимента

Table 1. Scheme of scientific and economic experiment

Группа	Количество, гол.	Длительность применения, дней	Рацион кормления
1-я группа (контроль)	10	–	ОР
1–2-я опытные группы	10	15	ОР + 50 мг/кг живой массы (цеолит)
2–3-я опытные группы	10	15	ОР + 5 г/гол. («Минерал Актив»)

Каринского месторождения (Челябинская обл., Россия), (далее по тексту цеолит) в количестве 50 мг/кг живой массы коров,

✓ 3-я группа — по 5 г кормовой добавки «Минерал Актив» («Текнофид», Белгородская обл., Россия) на 1 гол. в сутки в течение 15 дней — за 60 дней до предполагаемого отела.

Оценивали сохранность телят, их весовой рост путем взвешивания индивидуально из расчета показателей роста по общепринятым методам и формулам.

Проводили оценку влияния применения минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей в период сухостоя на состояние здоровья телят.

Отелы нетелей контрольной и опытных групп проходили в родильном отделении. Телят контрольной и опытной групп, после того как их облизала мать, вытирали сухой мешковиной и переносили в индивидуальные клетки. С 10-дневного возраста их переводили в групповые клетки. Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зооигиеническим нормам².

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы, статистический анализ был выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$ и $p \leq 0,001$. Достоверность коэффициентов корреляции определяли методом Р. Фишера.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС о защите животных, использующихся для научных целей³, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основными показателями качества новорожденных телят являются показатели их роста и развития. Особое значение придается росту телят в молочный период развития, поскольку известно, что любая задержка в развитии теленка в этот период, несмотря на дальнейшее улучшение показателей, приводит к снижению продуктивных качеств и жизнестойкости животного.

Показатели роста телят в первые 3 месяца после рождения представлены в таблице 2.

Длительность молочного периода у молодняка крупного рогатого скота составляет 6 месяцев, из них собственно молочный, когда основной пищей являются молозиво и молоко, всего 3 месяца, вторая половина

периода необходима для полного развития желудочно-кишечного тракта и преджелудков и перехода на кормление растительными кормами.

Из данных таблицы 2 видно, что все телята росли хорошо, имели высокие среднесуточные приросты живой массы от 614 до 648 г. Более высокими они оказались во 2-й и 3-й опытных группах, где матерям телят применяли минеральные кормовые добавки.

Телята опытных групп имели живую массу при рождении достоверно выше, чем телята, полученные от нетелей контрольной группы. Это в какой-то мере оказало влияние и на живую массу телят в 3-месячном возрасте ($p \leq 0,01$). Несмотря на достоверную разницу по живой массе и среднесуточным приростам живой массы в пользу телят опытных групп, относительный прирост (или интенсивность роста) оказался выше у телят контрольной группы при практически неизменных показателях кратности роста.

Использование животных в условиях промышленного производства продукции животноводства предъявляет к ним особые требования. Они должны обладать крепкой конституцией, здоровьем, иммунитетом, показывать высокую продуктивность, хорошо адаптироваться к изменениям окружающей среды, связанных с резким континентальным климатом зоны разведения, а именно Среднего Урала. В связи с этим особое внимание уделяют выращиванию ремонтного молодняка, в том числе в молочный период.

Одна из задач, которую нужно решить в молочном скотоводстве, — повышение сохранности телят в профилакторный и молочный периоды. Введение в рацион кормления нетелей минеральных кормовых добавок оказало положительное влияние на сохранность молодняка (табл. 3).

Во всех группах наблюдался падеж телят, который составил от 10,0 до 40,0% от количества рожденных. В группах телят, матери которых перед отелом получали

Таблица 2. Показатели роста телят

Table 2. Calf growth indicators

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Живая масса, кг, в том числе при рождении,	33,2 ± 0,36	35,7 ± 0,28*	35,8 ± 0,21*
3 месяца	89,7 ± 0,83	95,4 ± 0,24**	94,6 ± 0,31**
Абсолютный прирост, кг	56,5 ± 1,23	59,7 ± 0,78*	58,8 ± 0,64*
Среднесуточный прирост, г	614 ± 13,3	648 ± 7,5**	639 ± 6,9*
Относительный прирост, %	91,9	91,7	90,2
Кратность роста, раз	2,7	2,8	2,7

Примечание: * $p < 0,01$, ** $p < 0,05$.

Таблица 3. Сохранность молодняка (n = 10)

Table 3. Safety of young animals (n = 10)

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Всего родилось телят, гол.	10	10	10
%	100	100	100
Пало, гол.	4	2	1
%	40,0	20,0	10,0
Заболело, гол.	8	4	5
%	80,0	40,0	50,0
Сохранность, %	60,0	80,0	90,0

² Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

³ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях.

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

⁴ 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».

цеолит, наблюдалось снижение падежа на 50,0%, в 3-й группе («Минерал Актив») — до 10,0%. Основной причиной падежа стали заболевания желудочно-кишечного тракта, которые, думаем, связаны с качеством молозива.

В опытных группах, где применялись минеральные кормовые добавки с сорбционными свойствами, заболело меньше телят. В процессе заболевания и произошел падеж.

Были проанализированы данные о заболеваниях телят в группах. Результаты представлены в таблице 4.

Из таблицы 4 видно, что в группах, где для нетелей применяли минеральные добавки цеолит и «Минерал Актив», заболело меньше новорожденных телят. Телята в группах болели по-разному. В 1-й группе (контроль) было много сложных случаев, и выздоровление затягивалось, о чем можно судить по длительности лечения одного теленка в среднем. Во 2-й и 3-й опытных группах, где перед отелом коровам-матерям применяли минеральные кормовые добавки, наблюдалось более быстрое выздоровление заболевших телят, само заболевание проходило в легкой форме.

Падеж телят связан с тем, что телята при рождении имели низкую живую массу по сравнению с остальными, были ослабленными, не сразу поднимались на ножки и отказывались от молозива.

Рис. 1. Длительность болезни телят, дней

Fig. 1. Duration of illness of calves, days

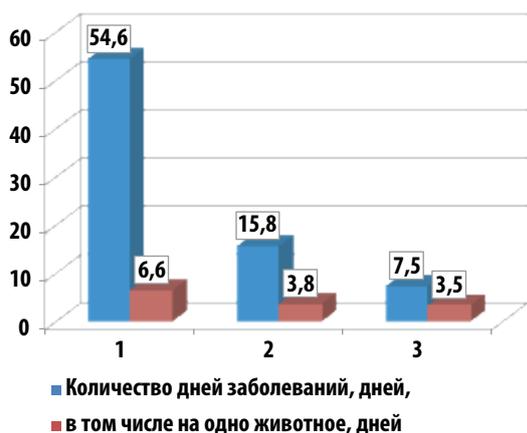
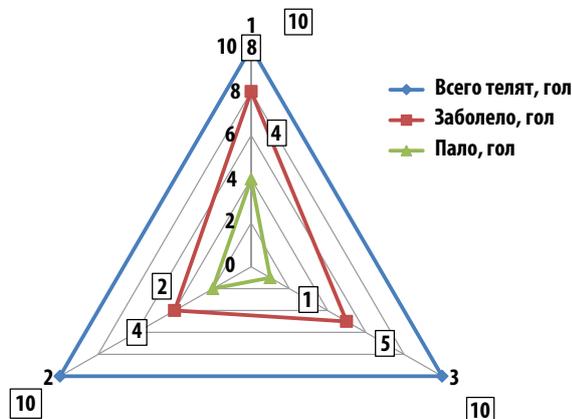


Рис. 2. Результат оценки сохранности телят, гол.

Fig. 2. The result of the assessment of the safety of calves, goal



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.

Таблица 4. Заболеваемость молодняка, гол.

Table 4. Morbidity of young animals, head

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Заболело телят, гол.	8	4	5
в том числе, %	80,0	40,0	50,0
Количество дней заболеваний,	54,6 ± 4,53	15,8 ± 0,85***	7,5 ± 1,38***
в том числе на одно животное	6,6 ± 1,11	3,8 ± 0,33***	3,5 ± 0,56***
Пало, гол.	4	2	1
%	40,0	20,0	10,0
Сохранность, %	60,0	80,0	90,0

Примечание: *** $p < 0,001$.

Для наглядности была построена диаграмма по заболеваемости телят (рис. 1).

На диаграмме данные наглядно показывают, что применение минеральных добавок, как природного, так и с добавлением природных минералов сорбирующего действия, снижает длительность заболеваний как в целом по группе животных, так и на каждое из них.

На рисунке 2 представлены данные о количестве животных, заболевших и павших в процессе заболевания по группам в зависимости от использования минеральных кормовых добавок.

Из данных рисунка 2 можно сделать вывод о том, что применение цеолита Каринского месторождения и кормовой добавки «Минерал Актив» при кормлении сухостойных коров приводит к снижению количества заболевших телят и повышает сохранность. Лучшими были показатели при применении кормовой добавки «Минерал Актив», что объясняется его составом.

Выводы/Conclusions

Одна из задач, которую нужно решить в молочном скотоводстве, — повышение сохранности телят в пре- и постнатальном периодах.

Применение цеолита Каринского месторождения и кормовой добавки «Минерал Актив» при кормлении сухостойных коров приводит к снижению количества заболевших телят и повышает сохранность. При проведении данного эксперимента получены данные по заболеваемости телят: при применении цеолита Каринского месторождения — 40%, а при применении кормовой добавки «Минерал Актив» — 50%. Сохранность телят при применении цеолита Каринского месторождения составила 80%, а при применении кормовой добавки «Минерал Актив» — 90%.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о влиянии изучаемого фактора, применения минеральных кормовых добавок в кормлении коров нетелям в последний триместр стельности рост, развитие и сохранность телят.

По мнению авторов, это объясняется повышением адаптационных свойств животных к изменяющимся условиям использования при промышленном производстве молока на современных комплексах с элементами зарубежной технологии с кормлением коров кормами собственного производства, то есть применением в кормлении нетелей перед отелом минеральных кормовых добавок оказало положительное влияние на полученных от них телят.

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. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Неверова О.П., Харлап С.Ю., Федосеева Н.А. Особенности производства сыра «Адыгейский» и его качество. *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. Сборник научных трудов*. М.: ВНИМИ. 2020; 1: 142–148. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-142-148>
2. Горелик А.С., Ребезов М.Б. Статистический контроль качества процесса созревания мягкого сыра «Адыгейский». *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й Международной научно-технической конференции*. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2023; 2: 272. <https://elibrary.ru/gjrcdz>
3. Смольникова Ф.Х., Наурызбаева Г.Н., Ребезов М.Б., Окусханова Е.К., Сулейменова Р.А. Сливочное масло с растительными наполнителями. *Пища. Экология. Качество. Труды XVII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет. 2020; 611–613. <https://elibrary.ru/jgqcpn>
4. Федосеева Н.А., Дегтярева О.Н., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Анализ продуктивных качеств цесарок. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022; (1): 116–122. <https://elibrary.ru/yrkjew>
5. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
6. Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексеева Е.Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2023; 13(6–1): 368–380. <https://elibrary.ru/fkhukw>
7. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.П., Никулкин Н.С. Разведение скота голштинской породы на территории Российской Федерации. *Зоотехния*. 2020; (2): 5–8. <https://elibrary.ru/mlvbyl>
8. Mironova I.V., Slinkin A.A., Kanareikina S.G., Salihov A.R., Khabibullin I.M. Improving the composition of mare's milk as a raw material for specialized products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501006>
9. Lyashenko V.V., Kaeshova I.V., Gubina A.V., Chupsheva N.Yu. Intensive milk production technologies on a modern complex. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 953: 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012001>
10. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
11. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
12. Колесникова А.В., Басонов О.А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции. *Зоотехния*. 2017; (1): 10–12. <https://elibrary.ru/xwggv>
13. Брянецв А.Ю., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Оценка физико-химических показателей молока коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Омского государственного университета*. 2023; (3): 9–20. <https://elibrary.ru/ubdsbr>
14. Сафронов С.Л., Костомаркин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И., Кулмакова Н.И. Молочная продуктивность и долголетие коров в условиях промышленной технологии производства молока. *Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. По материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова*. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 1: 223–227. <https://elibrary.ru/drjgh>
15. Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of breed and class composition cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skhozozajstvennaya nauka*. 2019; (1): 50–51. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
16. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*. 2021; 258: 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804029>
17. Khatkova M., Khatkov K., Golembovsky V., Khalimbekov R., Ulimbashev M. Modernization of calf rearing technology elements in cattle breeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801016>
18. Никонова Е.А., Косилов В.И., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Гизатуллин Р.С., Седых Т.А. Влияние генотипа на формирование воспроизводительной функции телок. *Мичуринский агрономический вестник*. 2020; (3): 48–53. <https://elibrary.ru/jpmgqj>
19. Рахимжанова И.А., Ребезов М.Б., Быкова О.А., Миронова И.В., Галиева З.А., Седых Т.А. Мясные качества телок черно-пестрой породы и ее помесей разных поколений из голштинами. *Мичуринский агрономический вестник*. 2022; (3): 36–41. <https://elibrary.ru/jdjnao>

REFERENCES

1. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Neverova O.P., Kharlap S.Yu., Fedoseeva N.A. The specifics of "Adygeisky" cheese production and its quality. *Current issues in the dairy industry, cross-industry technologies and quality management systems. Collection of scientific articles*. Moscow: VNIIMI. 2020; 1: 142–148 (in Russian). <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-142-148>
2. Gorelik A.S., Rebezov M.B. Statistical quality control of the ripening process of soft cheese "Adygeisky". *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of reports of the 81st International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Novos Magnitogorsk State Technical University. 2023; 2: 272 (in Russian). <https://elibrary.ru/gjrcdz>
3. Smolnikova F.H., Naurzabayeva G.N., Rebezov M.B., Okuskhanova E.K., Suleimenova R.A. Butter with vegetable fillers. *Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Yekaterinburg: Ural State University of Economics. 2020; 611–613 (in Russian). <https://elibrary.ru/jgqcpn>
4. Fedoseeva N.A., Degtyareva O.N., Gorelik O.V., Rebezov M.B. Analysis of the productive qualities of guine fowlers. *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2022; (1): 116–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/yrkjew>
5. Statsenko E., Omarov R., Shlykov S., Nesterenko A., Rebezov M. Chicken Nuggets Recipe and Technology Development with Dietary Fiber. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*. 2021; 12(11): 12A11T. <https://doi.org/10.14456/ITJEMAST.2021.230>
6. Stroyev V.V., Magomedov M.D., Aleksseicheva E.Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2023; 13(6–1): 368–380. (in Russian). <https://elibrary.ru/fkhukw>
7. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Meshcherov Sh.R., Nikulkin N.S. Breeding of holstein cattle on the territory of the Russian Federation. *Zootekhnika*. 2020; (2): 5–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/mlvbyl>
8. Mironova I.V., Slinkin A.A., Kanareikina S.G., Salihov A.R., Khabibullin I.M. Improving the composition of mare's milk as a raw material for specialized products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501006>
9. Lyashenko V.V., Kaeshova I.V., Gubina A.V., Chupsheva N.Yu. Intensive milk production technologies on a modern complex. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 953: 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/953/1/012001>
10. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
11. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
12. Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootekhnika*. 2017; (1): 10–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/xwggv>
13. Bryantsev A.Yu., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. Evaluation of physico-chemical parameters of cow's milk depending on the linear affiliation. *Bulletin of Osh State University*. 2023; (3): 9–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/ubdsbr>
14. Safronov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I., Kulmakova N.I. Milk productivity and longevity of cows in the conditions of industrial milk production technology. *Breeding and technological aspects of intensifying the production of livestock products. On materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022; 1: 223–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/drjgh>
15. Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of breed and class composition cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skhozozajstvennaya nauka*. 2019; (1): 50–51 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
16. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*. 2021; 258: 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804029>
17. Khatkova M., Khatkov K., Golembovsky V., Khalimbekov R., Ulimbashev M. Modernization of calf rearing technology elements in cattle breeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801016>
18. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Rebezov M.B., Bykova O.A., Gizatullin R.S., Sedykh T.A. Influence of genotype on the formation of reproductive function of heifers. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2020; (3): 48–53 (in Russian). <https://elibrary.ru/jpmgqj>
19. Rakhimzhanova I.A., Rebezov M.B., Bykova O.A., Mironova I.V., Galieva Z.A., Sedykh T.A. Meat qualities of heifers of the Black-and-White breed and its cross-breeds of different generations with Holsteins. *Michurinsk agronomy bulletin*. 2022; (3): 36–41 (in Russian). <https://elibrary.ru/jdjnao>

20. Чеченихина О.С., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Степанов А.В. Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (6): 71–79. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>
21. Головань В.Т., Подворок Н.И., Юрин Д.А. Интенсивное выращивание телок до 6-месячного возраста. *Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства*. 2014; 3(3): 216–220. <https://elibrary.ru/qwxflr>
22. Sedykh T., Yumaguzin I., Aminova A., Gizatullin R., Kosilov V. The effect of different suckling feeding modes on the growth and development of calves in postnatal ontogenesis. *BIO Web of Conferences*. 2021; 36: 06042. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213606042>
23. Karamaeva A., Bakaeva L., Soboleva N., Karamaev S. Formation features of humoral immunity in newborn calves in case of including haylage with bio-preservative into the diet of cows. *E3S Web of Conferences*. 2021; 273: 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127302008>
24. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences*. 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
25. Гумеров А.Б., Горелик А.С., Кныш И.В. Влияние качества молозива и молока на сохранность и рост телят при применении ферментных препаратов. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018; 51: 163–169. <https://elibrary.ru/xuegol>
26. Евлевский А.А., Турнаев С.Н., Тарасов В.Ю., Лебедев А.Ф., Швецов О.М., Евлевская Е.П. Проблемы обеспечения здоровья высокопродуктивных коров в промышленном животноводстве и практические пути ее решения. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017; (4): 26–30. <https://elibrary.ru/yprweh>
27. Некрасов Р.В. и др. Влияние липидной фракции личинок черной львинки на продуктивность, резистентность и обменные процессы у телят молочного периода выращивания. *Аграрная наука*. 2023; (11): 64–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-64-69>
28. Альтергот В.В. Влияние продолжительности физиологических периодов у коров на рост и развитие их потомства. *Аграрный вестник Урала*. 2010; (11–1): 45–46. <https://elibrary.ru/pwszlx>
29. Антонова Н.В. Влияние трудности отела и срока выпойки молозива на сохранение и рост новорожденных телят. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Материалы XXV Международной студенческой научной конференции*. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 1: 20–23. <https://elibrary.ru/dneyoj>
30. Агаларов Д.М. Изменение состава и свойств молозива здоровых и больных бруцеллезом коров в связи с периодом лактации. *Достижения науки и техники. Сборник статей LIX Международной научно-практической конференции*. М.: Актуальность.РФ. 2024; 8–9. <https://elibrary.ru/iqljnt>
31. Желнова А.С. и др. Взаимосвязь показателей крови и молозива коров-матерей с заболеваемостью молодняка диарейным синдромом в неонатальном периоде. *Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2023; 363–369. <https://elibrary.ru/pnmvgt>
32. Алехин Ю.Н., Ужахов С.Р. Влияние современных технологий на развитие и здоровье телят. *Молочная промышленность*. 2015; (10): 67–68. <https://elibrary.ru/ulrnm1>
33. Тюрenkova E.H., Васильева О.Р. Кормление как основной фактор продуктивного долголетия молочной коровы. *Farm Animals*. 2014; (2): 98–108. <https://elibrary.ru/stwzwx>
34. Malyavko I.V., Malyavko V.A. Cow productivity depending on the energy level of their feeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01027. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801027>
35. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
36. Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Применение природной минеральной добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота при откорме. *Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции*. Витебск: Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. 2021; 28–33. <https://elibrary.ru/kdssvy>
37. Басонов О.А., Гинойан Р.В., Баринов В.М. Физиологические, клинические и гематологические показатели коров при использовании в рационах кормления минеральной кормовой добавки Animax. *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова*. 2023; (3): 60–68. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2023-3-41-60-68>
38. Саханчук А.И., Каллаур М.Г., Кот Е.Г., Неваев А.А. Оптимизация норм потребности в минеральных веществах для коров голштинской породы белорусской селекции во II и III периоды лактации. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2023; 58(2): 113–122. <https://elibrary.ru/webuqe>
39. Trebukhov A., Shaganova E., Chekunkova Yu., Momot N., Kolina Yu. Effectiveness of the Combined Use of Microelements and Tetravit in Calves of the Dairy Period. *BIO Web of Conferences*. 2022; 42: 01027. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201027>
20. Chechenikhina O.S., Bykova O.A., Loretts O.G., Stepanov A.V. The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (6): 71–79 (in Russian) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>
21. Golovan V.T., Podvorok N.I., Yurin D.A. Intensive breeding of dairy heifers under 6 months of age. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2014; 3(3): 216–220 (in Russian). <https://elibrary.ru/qwxflr>
22. Sedykh T., Yumaguzin I., Aminova A., Gizatullin R., Kosilov V. The effect of different suckling feeding modes on the growth and development of calves in postnatal ontogenesis. *BIO Web of Conferences*. 2021; 36: 06042. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213606042>
23. Karamaeva A., Bakaeva L., Soboleva N., Karamaev S. Formation features of humoral immunity in newborn calves in case of including haylage with bio-preservative into the diet of cows. *E3S Web of Conferences*. 2021; 273: 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127302008>
24. Sattarov N. et al. Raising calves using cold methods at an early age. *BIO Web of Conferences*. 2024; 105: 04002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410504002>
25. Gumerov A.B., Gorelik A.S., Knyshev I.V. Influence of colostrum and milk quality on the preservation and growth of calves when applying enzyme preparations. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018; 51: 163–169 (in Russian). <https://elibrary.ru/xuegol>
26. Evlevskiy A.A., Turnaev S.N., Tarasov V.Yu., Lebedev A.F., Shvets O.M., Evlevskaya E.P. The health of highly productive cows in livestock industry and practical solution of the problem. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2017; (4): 26–30 (in Russian). <https://elibrary.ru/yprweh>
27. Nekrasov R.V. et al. Influence of lipid fraction of Black Soldier fly larvae on productivity, resistance and metabolic processes in milk-fed period calves. *Agrarian science*. 2023; (11): 64–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-64-69>
28. Altergot V.V. The influence to length physiological period beside cortex on growing and development their posterity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2010; (11–1): 45–46 (in Russian). <https://elibrary.ru/pwszlx>
29. Antonova N.V. The influence of calving difficulty and timing of colostrum feeding on the preservation and growth of newborn calves. *Current problems of intensive development of livestock farming. Proceedings of the XXV International student scientific conference*. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2022; 1: 20–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/dneyoj>
30. Agalarov D.M. Changes in the composition and properties of colostrum of healthy and patients with brucellosis cows in connection with lactation period. *Advances in Science and Technology. Collected Papers LIX International Scientific-Practical conference*. Moscow: Aktualnost.RF. 2024; 8–9 (in Russian). <https://elibrary.ru/iqljnt>
31. Zhelnova A.S. et al. Relationship of blood and colostrum indicators of mother cows with the incidence of young cash diarrhea syndrome in the neonatal period. *Scientific, educational and applied aspects of production and processing of agricultural products. Collection of materials of the VII International Scientific and Practical Conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2023; 363–369 (in Russian). <https://elibrary.ru/pnmvgt>
32. Alekhin Yu.N., Uzhahov S.R. Receiving, postnatal growth and ensuring health of calves in the conditions of the up-to-date technologies. *Dairy industry*. 2015; (10): 67–68 (in Russian). <https://elibrary.ru/ulrnm1>
33. Tyurenkova E.N., Vasilyeva O.R. Feeding is a key factor for long productive life of a dairy cow. *Farm Animals*. 2014; (2): 98–108 (in Russian). <https://elibrary.ru/stwzwx>
34. Malyavko I.V., Malyavko V.A. Cow productivity depending on the energy level of their feeding. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01027. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801027>
35. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
36. Gamko L.N., Menyakina A.G. The use of a natural mineral supplements in the diets of young cattle during fattening. *Progressive and innovative technologies in dairy and beef cattle breeding. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of the Badge of Honor. 2021; 28–33 (in Russian). <https://elibrary.ru/kdssvy>
37. Basonov O.A., Ginoian R.V., Barinov V.M. Digestibility and nutrient balances of the diets of Holstein cows when using the feed additive "Animax". *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2023; (3): 60–68 (in Russian). <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2023-3-41-60-68>
38. Sakhanchuk A.I., Kallaur M.G., Kot E.G., Nevaev A.A. Optimization of mineral requirements for cows of the Belarusian Holstein dairy breed in II and III lactation periods. *Zootechnical Science of Belarus*. 2023; 58(2): 113–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/webuqe>
39. Trebukhov A., Shaganova E., Chekunkova Yu., Momot N., Kolina Yu. Effectiveness of the Combined Use of Microelements and Tetravit in Calves of the Dairy Period. *BIO Web of Conferences*. 2022; 42: 01027. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224201027>

40. Бетин А.Н., Фролов А.И. Использование минеральной кормовой добавки «ЛиквиФос Стронг» в рационах лактирующих коров. *Эффективное животноводство*. 2020; (2): 12–14. <https://elibrary.ru/iqztzwc>

40. Betin A.N., Frolov A.I. Use of the mineral feed additive "LiquiFos Strong" in the diets of lactating cows. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2020; (2): 12–14 (in Russian). <https://elibrary.ru/iqztzwc>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Игоревна Урюмцева¹

кандидат ветеринарных наук, профессор
vbh2@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>

Ольга Васильевна Горелик²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Артём Сергеевич Горелик³

кандидат биологических наук, преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Максим Борисович Ребезов^{2, 4}

- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов²;
- доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник⁴

rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Светлана Юрьевна Харлап²

кандидат биологических наук, доцент
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Инновационный Евразийский университет, ул. им. Ломова, 45, Павлодар, 140000, Казахстан

²Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

³Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

⁴Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatyana Igorevna Uryumtseva¹

Candidate of Veterinary Science, Professor
vbh2@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>

Olga Vasilyevna Gorelik²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Artem Sergeevich Gorelik³

Candidate of Biological Sciences, Lecturer of the Department of Fire Extinguishing and Rescue Operations
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 4}

- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products²
- Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher⁴

rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Svetlana Yurievna Kharlap²

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Innovative University of Eurasia, 45 Lomov Str., Pavlodar, 140000, Kazakhstan

²Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

³Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

⁴Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

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

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

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

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

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



Д.А. Кислова

Е.В. Шейда

О.В. Кван ✉

Г.К. Дускаев

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

✉ kwan111@yandex.ru

Поступила в редакцию: 15.06.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В.,
 Дускаев Г.К.

Research article


 creative commons
 Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-62-66

Daria A. Kislova

Elena V. Sheida

Olga V. Kvan ✉

Galimzhan K. Duskaev

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

✉ kwan111@yandex.ru

Received by the editorial office: 15.06.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K.

Оценка влияния нетрадиционных жмыхов в рационах коз на жирнокислотный состав молока

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Увеличение потребления ненасыщенных жирных кислот, особенно полиненасыщенных, путем добавления семян масличных культур, масел или их побочных продуктов с высоким содержанием масла может положительно повлиять на состав жирных кислот в молоке коз и принести пользу здоровью человека.

Методы. В соответствии со схемой опыта соевый шрот в рационах животных I и II групп был заменен конопляным или льняным жмыхом в количестве 5% и 10% от сухого вещества концентрированной части рациона, которые скармливались в том числе совместно с пробиотическим препаратом.

Результаты. Установлено, что больший процент в составе льняного жмыха составляли линоленовая кислота (58,6%), олеиновая (20,1%) и линолевая (16,3%), в конопляном жмыхе большую долю составляла линолевая кислота (53,4%). Анализ жирнокислотного состава козьего молока при скармливании жмыхов показал, что профиль массовой доли 10 основных жирных кислот в сумме в опытных группах составил более 90% всех жирных кислот козьего молока. В большей степени относительно контрольной группы увеличились массовые доли мононенасыщенной олеиновой кислоты: при использовании льняного жмыха — на 4,5%, конопляного жмыха — на 5,2% соответственно. В опытных группах в сравнении с контрольной были обнаружены более низкие уровни среднецепочечных (C12:0–C14:0) жирных кислот. Обнаружены особенности жирнокислотного состава козьего молока на фоне дополнительного введения пробиотического препарата. Доля основных жирных кислот в опытных группах увеличилась: при использовании льняного жмыха — на 1,4%, конопляного жмыха — на 3,4%. Обнаружено более высокое содержание мононенасыщенных олеиновой ($p \leq 0,05$) и линолевой кислот.

Ключевые слова: молоко, козы, жирные кислоты, жмыхи

Для цитирования: Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В., Дускаев Г.К. Оценка влияния нетрадиционных жмыхов в рационах коз на жирнокислотный состав молока. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 62–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-62-66>

Assessment of the effect of non-traditional cakes in goat diets on the fatty acid composition of milk

ABSTRACT

Relevance. Increasing the intake of unsaturated fatty acids, especially polyunsaturated ones, by adding oilseeds, oils or their by-products with a high oil content can positively affect the composition of fatty acids in goat milk and benefit human health.

Methods. In accordance with the scheme of the experiment, soy meal in the diets of animals of groups I and II was replaced with hemp or linseed cake in the amount of 5% and 10% of the dry matter of the concentrated part of the diet, which were fed, including together with a probiotic drug.

Results. It was found that linolenic acid (58.6%), oleic acid (20.1%) and linoleic acid (16.3%) made up a larger percentage in the composition of linseed cake, linoleic acid (53.4%) made up a large proportion in hemp cake. Analysis of the fatty acid composition of goat's milk when feeding cakes showed that the profile of the mass fraction of 10 main fatty acids in total in the experimental groups amounted to more than 90% of all fatty acids in goat's milk. To a greater extent, the mass fractions of monounsaturated oleic acid increased relative to the control group: when using linseed cake — by 4.5%, hemp cake — by 5.2%, respectively. In the experimental groups, lower levels of medium-chain were found in comparison with the control group (C12:0–C14:0) fatty acids. The peculiarities of the fatty acid composition of goat's milk were found against the background of additional administration of a probiotic drug. The proportion of essential fatty acids in the experimental groups increased: with the use of linseed cake — by 1.4%, hemp cake — by 3.4%. A higher content of monounsaturated oleic ($p < 0.05$) and linoleic acids was found.

Key words: milk, goats, fatty acids, cake

For citation: Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K. Assessment of the effect of non-traditional cakes in goat diets on the fatty acid composition of milk. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 62–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-62-66>

Введение/Introduction

В последние десятилетия во всём мире наблюдается рост интереса к разведению коз, связанный с увеличением спроса на козье мясо, молоко и молочные продукты [1]. Кроме того, козы демонстрируют высокую эффективность в производстве молока и мяса даже при ограниченности кормовых ресурсов [2] и неблагоприятных условиях окружающей среды [3], что обусловлено их способностью эффективно использовать пастбища и особенностями пищеварительной системы. В связи с этим в условиях изменения климата, характеризующегося продолжительной засухой и увеличением периодов дефицита пастбищ и кормов, разведение коз становится всё более актуальным.

Молоко коз и молочные продукты, получаемые из них, считаются самыми богатыми природными источниками питательных веществ для человека, особенно для детей, поскольку в их состав входят не только необходимый для роста и развития белок, минеральные вещества и витамины, но и незаменимые жирные кислоты [4].

Согласно аналитическому прогнозу, Pulina и соавт. [5] указывают на тот факт, что к 2030 году уровень производства молока может повыситься до 50%, однако доля увеличения насыщенных жирных кислот в молочном жире вызывает обеспокоенность из-за связи с заболеваниями, связанными с образом жизни человека, такими как сердечно-сосудистые, рак и диабет 2-го типа [6].

Результаты проведенных исследований показали, что при повышении уровня потребления ненасыщенных жирных кислот (НЖК) за счет дополнительного введения в рацион растения масличных культур или же их отходов возможно изменить и состав жирных кислот, входящих в состав козьего молока в лучшую сторону, что, конечно же, скажется и на здоровье человека [7]. Так, в исследованиях на жвачных при дополнительном введении в рацион отходов масложировой промышленности совместно с *Acacia farnesiana* наблюдается повышение уровня жирных кислот в молоке, а при включении таких кормовых добавок, как сушеные виноградные выжимки с экстрактом танина, меняется количество жирных кислот в сыре [8].

На сегодняшний день ведутся исследования по определению потребности не только липидов, но и незаменимых жирных кислот, так как уже известно, что недостаток незаменимых жирных кислот влияет на рост, продуктивность и потребление кормов [9].

Следует понимать, что ценность молока можно контролировать и долей ненасыщенных жирных кислот, тем самым повышая его качество [10]. В связи с этим исследования, направленные на изучение химического состава молока коз, на фоне жиросодержащих добавок актуальны.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальное исследование проведено на базе ФХ «Соловушка» (Оренбургская обл.) в летний период 2023 года.

Были сформированы три основные группы коз нигерийской породы: одна контрольная и две опытные ($n = 18$) III–IV лактации. Козы контрольной группы получали основной рацион (ОР). Рацион коз включал (кг/г/сут): сено луговое разнотравное — 1,5 кг, комбикорм

полнораціонный рассыпной, включающий дробленые зерна: ячмень — 0,075 кг, овес — 0,11 кг, кукурузу — 0,03 кг, сою полужирную экструдированную (СП 34%) — 0,027 кг, жмых подсолнечниковый (СП 34%, СК 22%) — 0,06 кг, витаминно-минеральный премикс — 0,003 кг.

В соответствии со схемой опыта соевый шрот в рационах животных I и II опытных групп был заменен конопляным или льняным жмыхом в количестве 5% и 10% от сухого вещества концентрированной части рациона, которые скармливались в том числе совместно с пробиотическим препаратом.

В качестве пробиотического препарата использовали ферментативный пробиотик «Целлобактерин+» («БИОТРОФ», г. Санкт-Петербург) в дозировке 10 г/гол/сут.

«Целлобактерин+» — это кормовая добавка с ферментативной активностью, содержащая комплекс натуральных живых бактерий *Enterococcus faecalis* 1–35 и наполнитель: отруби пшеничные, шрот подсолнечный и цеолит. В 1 г кормовой добавки содержится не менее $1,0 \times 10^6$ КОЕ живых бактерий *Enterococcus faecalis* 1–35.

Продолжительность опыта составила 60 дней, из которых 30 дней были подготовительными, а 30 дней — учетными. В течение опытов постоянно проводили наблюдения за физиологическим состоянием коз, ежедневно учитывали сохранность поголовья, расход и поедаемость кормов. Учет молочной продуктивности для каждой козы вели ежедневно. Показатели учитывали по результатам утренней и вечерней дойки через цифровой счетчик доильной установки «Карусель» для коз фирмы SAC (Дания).

Отбор проб от каждой головы проводился в последние 10 дней учетного периода (ежедневно) с утра до кормления в период утренней дойки в объеме 200 мл.

Анализ жирнокислотного состава молока коз и жмыхов проведен на газовом хроматографе «Кристаллюкс 4000M» (Россия), капиллярная колонка SP2560 (Sigma Aldrich), в центре коллективного пользования научного оборудования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (<https://цкп-бст.рф/>). Данные представлены из расчета массовой доли жирной кислоты от общего их содержания в процентах, согласно ГОСТ 32915–2014¹.

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, StatSoftInc., США) и Microsoft Excel. Статистическая обработка включала расчет среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего ($\pm SEM$). Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t -критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $p \leq 0,05$.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования выполняли в соответствии с «Позицией по этике использования животных в исследованиях, выполняемых при поддержке Российского научного фонда»².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результатам полученных исследований были получены показатели жирных кислот в исследуемых отходах масличных культур, в частности в конопляном и льняном жмыхе (рис. 1). В льняном жмыхе, как видим на графике, наибольшее содержание линоленовой кислоты (58,6%), далее идет олеиновая (20,1%) и линолевая

¹ ГОСТ 32915-2014 Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии.

² https://rscf.ru/fondfiles/PotE_rus.pdf

(16,3%), незначительное количество пальмитиновой (4,7%).

Анализируя содержание жирных кислот в конопляном жмыхе, отметим наибольший уровень линолевой кислоты (53,4%), далее идет линоленовая (28,1%) и олеиновая (10,3%), незначительный уровень стеариновой (2,3%) и пальмитиновой (5,9%).

Сравнивая показатели между собой, укажем на тот факт, что доля линолевой кислоты в конопляном жмыхе превысила показатель последнего в льняном жмыхе (на 37,1%), выявлено превышение стеариновой и пальмитиновой жирных кислот. В льняном жмыхе отмечено увеличение линоленовой кислоты (на 30,5%) и олеиновой (на 9,8%).

Оценка козьего молока на жирнокислотный состав показала следующие результаты. При анализе молока были выявлены 10 основных жирных кислот, причем дополнительное включение конопляного и льняного жмыха изменило его состав. Уровень масляной кислоты в козьем молоке составил 2,0% от общего уровня жирных кислот (рис. 2).

При добавлении конопляного жмыха в рацион содержание данной кислоты увеличивалось на 0,4%. В сравнении с контрольной группой использование льняного жмыха приводило к более значительному увеличению массовых долей насыщенных кислот — пальмитиновой и стеариновой, мононенасыщенной олеиновой кислоты на 1,8%, 0,5% и 4,5% соответственно.

При введении конопляного жмыха отмечается соответствующее повышение последних на 0,6%, 1,3% и 5,2%. Включение последнего способствует повышению и линолевой кислоты (на 0,9%) при сравнении с аналогичной группой.

В исследовании представлены результаты и совместного использования отходов масложировой промышленности с «Целлобактерином+», их влияние на уровень жирных кислот в молоке коз нигерийской породы (рис. 3, 4).

Совместное использование льняного жмыха с «Целлобактерином+» привело к увеличению массовой доли кислот на 1,4%, при введении комплекса «конопляный жмых + «Целлобактерин+» — на 3,4%. При добавлении пробиотического препарата в опытные рационы массовые доли жирных кислот имели тенденцию к росту, но значения оставались в пределах нормы содержания жирных кислот молочного жира в цельном молоке для данного вида животных.

Было обнаружено, что содержание мононенасыщенных олеиновой ($p \leq 0,05$) и линолевой кислот существенно выше. Известно, что полезные свойства молока, благоприятные для здоровья, связаны с наличием в нем жирных кислот. Однако влияние различных рационов и новых кормовых добавок на состав козьего молока пока недостаточно изучено.

Исследователи выявили [11], что при включении оливкового жмыха в рацион жвачным наблюдалась картина повышения таких жирных кислот, как лауриновая, миристиновая и пальмитиновая, при сравнении с

Рис. 1. Фактическое содержание основных жирных кислот в жмыхе, %
Fig. 1. The actual content of essential fatty acids in cake, %

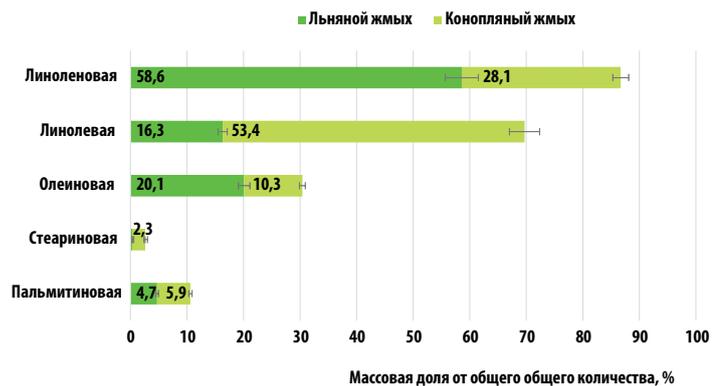


Рис. 2. Массовая доля жирных кислот молочного жира козьего молока при включении в рацион льняного и конопляного жмыха, %

Fig. 2. The mass fraction of fatty acids of goat's milk fat when flaxseed and hemp cake are included in the diet, %

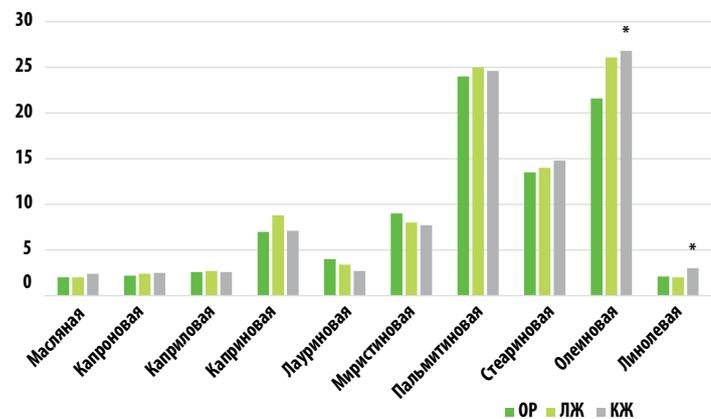
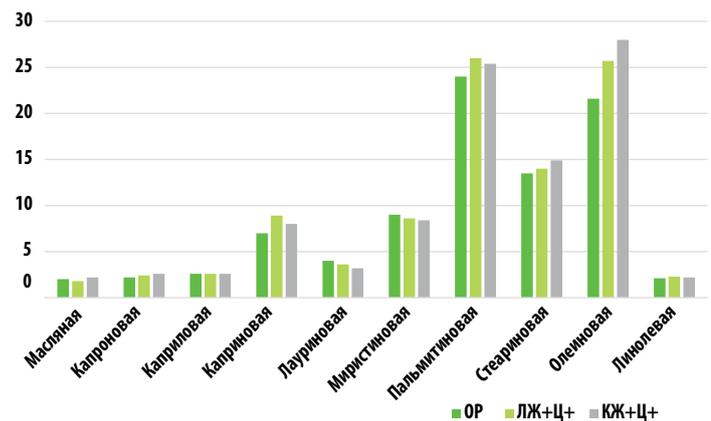


Рис. 3. Массовая доля жирных кислот молочного жира козьего молока при включении в рацион льняного и конопляного жмыха и «Целлобактерином+», %

Fig. 3. The mass fraction of fatty acids of goat's milk fat when flaxseed and hemp cake and "Cellobacterin+" are included in the diet, %

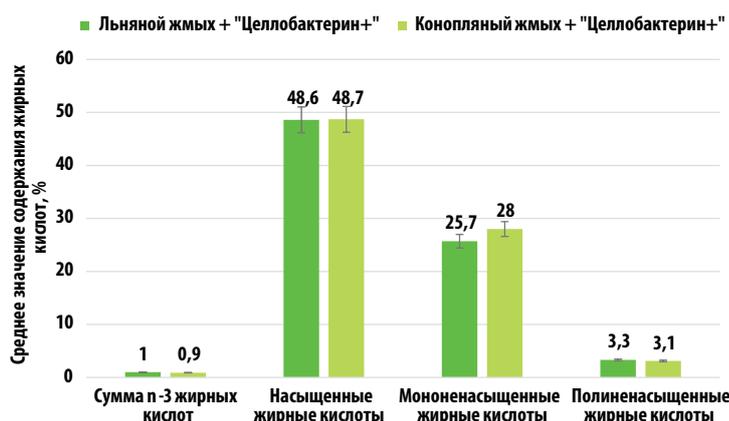


контрольной группой, где отмечалась противоположная картина. Схожие результаты получены в данных исследованиях в отношении С12:0 и С14:0 кислот.

Кроме того, ранее проведенными исследованиями установлено [12], что ненасыщенные олеиновая, α -линоленовая, вакециновая, руменовая кислоты и сумма моно- и полиненасыщенных жирных кислот повышались при дополнительном введении в рацион животным семян льна, подвергшихся процессу экструзии, аналогично с полученными результатами авторов. Добавление в

Рис. 4. Профиль жирных кислот козьего молока

Fig. 4. Fatty acid profile of goat's milk



рацион дойных коров семян масличных культур не оказывает негативного влияния на накопление ненасыщенных НЖК в полученном молоке [13].

Характер кормления может влиять не только на продуктивность, но и на качество, в частности его состав [14–17]. Дополнительное введение пробиотика способствует повышению надоев, улучшается состав молока, как уровень белка, выход жира и лактозы [18].

В свою очередь, положительное влияние совместного использования пробиотических и фитохимических

веществ в составе рационов сельскохозяйственных животных, механизмы их действия были описаны в ранее опубликованных работах авторов [19, 20].

Выводы/Conclusions

При анализе молока коз в эксперименте были выявлены 10 основных жирных кислот, причем дополнительное включение конопляного и льняного жмыха изменило их соотношение. Уровень масляной кислоты в козьем молоке составил 2,0% от общего уровня жирных кислот.

При добавлении конопляного жмыха в рацион содержание данной кислоты увеличилось на 0,4%. В сравнении с контрольной группой использование льняного жмыха приводило к более значительному увеличению массовых долей насыщенных кислот — пальмитиновой и стеариновой, мононенасыщенной олеиновой кислоты (на 1,8%, 0,5% и 4,5% соответственно). При введении конопляного жмыха отмечается соответствующее повышение последних (на 0,6%, 1,3% и 5,2%). Совместное использование льняного жмыха с «Целлобактерином+» привело к увеличению массовой доли кислот на 1,4%, при введении комплекса «конопляный жмых + «Целлобактерин+» — на 3,4%. При добавлении пробиотического препарата в опытные рационы массовые доли жирных кислот имели тенденцию к росту.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (FNWZ-2024-0002).

FUNDING

The study was carried out in accordance with the research plan of the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences (FNWZ-2024-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Romero-Huelva M., Ramirez-Fenosa M.A., Planelles-González R., Garcia-Casado P., Molina-Alcaide E. Can by-products replace conventional ingredients in concentrate of dairy goat diet?. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(6): 4500–4512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11766>
- Khan N.A., Habib G. Assessment of *Grewia oppositifolia* leaves as crude protein supplement to low-quality forage diets of sheep. *Tropical Animal Health and Production*. 2012; 44(7): 1375–1381. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0074-8>
- Utaaker K.S., Chaudhary S., Kifleyohannes T., Robertson L.J. Global Goat! Is the Expanding Goat Population an Important Reservoir of *Cryptosporidium*? *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 648500. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.648500>
- Paksoy N., Dinç H., Altun S.K. Evaluation of levels of Essential Elements and Heavy Metals in Milks of Dairy Donkeys, Goats and Sheep in Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*. 2018; 50(3): 1097–1105. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.1097.1105>
- Pulina G. et al. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*. 2108; 101(8): 6715–6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Khan N.A. et al. Improving the feeding value of straws with *Pleurotus ostreatus*. *Animal Production Science*. 2015; 55(2): 241–245. <https://doi.org/10.1071/AN14184>
- Teng F., Reis M.G., Ma Y., Day L., Effects of season and industrial processes on volatile 4-alkyl-branched chain fatty acids in sheep milk. *Food Chemistry*. 2018; 260: 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.011>
- Yurchenko S., Sats A., Tatar V., Kaart T., Mootse H., Jöudu I. Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish landrace goats. *Food Chemistry*. 2018; 254: 326–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.041>

REFERENCES

- Romero-Huelva M., Ramirez-Fenosa M.A., Planelles-González R., Garcia-Casado P., Molina-Alcaide E. Can by-products replace conventional ingredients in concentrate of dairy goat diet?. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(6): 4500–4512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11766>
- Khan N.A., Habib G. Assessment of *Grewia oppositifolia* leaves as crude protein supplement to low-quality forage diets of sheep. *Tropical Animal Health and Production*. 2012; 44(7): 1375–1381. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0074-8>
- Utaaker K.S., Chaudhary S., Kifleyohannes T., Robertson L.J. Global Goat! Is the Expanding Goat Population an Important Reservoir of *Cryptosporidium*? *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 648500. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.648500>
- Paksoy N., Dinç H., Altun S.K. Evaluation of levels of Essential Elements and Heavy Metals in Milks of Dairy Donkeys, Goats and Sheep in Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*. 2018; 50(3): 1097–1105. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.1097.1105>
- Pulina G. et al. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*. 2108; 101(8): 6715–6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Khan N.A. et al. Improving the feeding value of straws with *Pleurotus ostreatus*. *Animal Production Science*. 2015; 55(2): 241–245. <https://doi.org/10.1071/AN14184>
- Teng F., Reis M.G., Ma Y., Day L., Effects of season and industrial processes on volatile 4-alkyl-branched chain fatty acids in sheep milk. *Food Chemistry*. 2018; 260: 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.011>
- Yurchenko S., Sats A., Tatar V., Kaart T., Mootse H., Jöudu I. Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish landrace goats. *Food Chemistry*. 2018; 254: 326–332. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.041>

9. Nudda A. *et al.* Sheep and Goats Respond Differently to Feeding Strategies Directed to Improve the Fatty Acid Profile of Milk Fat. *Animal*. 2020; 10(8): 1290. <https://doi.org/10.3390/ani10081290>
10. Avila-Nava A., Medina-Vera I., Toledo-Alvarado H., Corona L., Márquez-Mota C.C. Supplementation with antioxidants and phenolic compounds in ruminant feeding and its effect on dairy products: a systematic review. *Journal of Dairy Research*. 2023; 90(3): 216–226. <https://doi.org/10.1017/S0022029923000511>
11. Marcos C.N., Carro M.D., Fernández Yepes J.E., Haro A., Romero-Huelva M., Molina-Alcaide E. Effects of agroindustrial by-product supplementation on dairy goat milk characteristics, nutrient utilization, ruminal fermentation, and methane production. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(2): 1472–1483. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17386>
12. Meignan T., Lechartier C., Chesneau G., Bareille N. Effects of feeding extruded linseed on production performance and milk fatty acid profile in dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(6): 4394–4408. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11850>
13. Plata-Pérez G. *et al.* Oilseed Supplementation Improves Milk Composition and Fatty Acid Profile of Cow Milk: A Meta-Analysis and Meta-Regression. *Animals*. 2022; 12(13): 1642. <https://doi.org/10.3390/ani12131642>
14. Sandrucci A., Bava L., Tamburini A., Gislón G., Zucali M. Management practices and milk quality in dairy goat farms in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*. 2018; 18(1): 1–12. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1466664>
15. Кульмакова Н.И., Лукин И.И., Юлдашбаев Ю.А., Пахомова Е.В., Прохорова Н.В. Сравнительная характеристика молока коз разных пород. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2024; (1): 36–40. <https://www.elibrary.ru/bftmze>
16. Зотеев В.С., Симонов Г.А., Кузнецов Г.Б. Рыжиковый жмых в рационе коз зааненской породы. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2014; (3): 29–30. <https://www.elibrary.ru/rhqhxx>
17. Зотеев В.С., Симонов Г.А., Кириченко А.В., Никитин Я.Е. Эффективность использования опки в кормлении высокопродуктивных коз. *Овцы, козы, шерстяное дело*. 2022; (1): 28–31. <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2022-1-28-31>
18. Stella A.V. *et al.* Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Ruminant Research*. 2007; 67(1): 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.024>
19. 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/BRIAC94.16817>
20. Инчагова К.С., Дускаев Г.К., Дерябин Д.Г. Подавление «кворум сенсинга» *Chromobacterium violaceum* при воздействии комбинаций амикацина с активированным углем или малыми молекулами растительного происхождения (пирогаллолом и кумарином). *Микробиология*. 2019; 88(1): 72–82. <https://doi.org/10.1134/S0026365619010142>
9. Nudda A. *et al.* Sheep and Goats Respond Differently to Feeding Strategies Directed to Improve the Fatty Acid Profile of Milk Fat. *Animal*. 2020; 10(8): 1290. <https://doi.org/10.3390/ani10081290>
10. Avila-Nava A., Medina-Vera I., Toledo-Alvarado H., Corona L., Márquez-Mota C.C. Supplementation with antioxidants and phenolic compounds in ruminant feeding and its effect on dairy products: a systematic review. *Journal of Dairy Research*. 2023; 90(3): 216–226. <https://doi.org/10.1017/S0022029923000511>
11. Marcos C.N., Carro M.D., Fernández Yepes J.E., Haro A., Romero-Huelva M., Molina-Alcaide E. Effects of agroindustrial by-product supplementation on dairy goat milk characteristics, nutrient utilization, ruminal fermentation, and methane production. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(2): 1472–1483. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17386>
12. Meignan T., Lechartier C., Chesneau G., Bareille N. Effects of feeding extruded linseed on production performance and milk fatty acid profile in dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(6): 4394–4408. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11850>
13. Plata-Pérez G. *et al.* Oilseed Supplementation Improves Milk Composition and Fatty Acid Profile of Cow Milk: A Meta-Analysis and Meta-Regression. *Animals*. 2022; 12(13): 1642. <https://doi.org/10.3390/ani12131642>
14. Sandrucci A., Bava L., Tamburini A., Gislón G., Zucali M. Management practices and milk quality in dairy goat farms in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*. 2018; 18(1): 1–12. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1466664>
15. Kulmakova N.I., Lukin I.I., Yuldashbaev Yu.A., Pakhomova E.V., Prokhorova N.V. Comparative characteristics of goat milk of different breeds. *Sheep, goats, wool business*. 2024; (1): 36–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bftmze>
16. Zoteev V.S., Simonov G.A., Kuznetsov G.B. Ginger cake in the diet of Zaanen goats. *Sheep, goats, wool business*. 2014; (3): 29–30 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rhqhxx>
17. Zoteev V.S., Simonov G.A., Kirichenko A.V., Nikitin Ya.E. Efficiency of using flask in feeding highly productive goats. *Sheep, goats, wool business*. 2022; (1): 28–31 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/2074-0840-2022-1-28-31>
18. Stella A.V. *et al.* Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. *Small Ruminant Research*. 2007; 67(1): 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.024>
19. 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/BRIAC94.16817>
20. Inchagova K.S., Duskaev G.K., Deryabin D.G. Quorum Sensing Inhibition in *Chromobacterium violaceum* by Amikacin Combination with Activated Charcoal or Small Plant-Derived Molecules (Pyrogallol and Coumarin). *Microbiology*. 2019; 88(1): 63–71. <https://doi.org/10.1134/S0026261719010132>

ОБ АВТОРАХ

Дарья Алексеевна Кислова

кандидат биологических наук
yy-yyy@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7500-137X>

Елена Владимировна Шейда

доктор биологических наук, научный сотрудник
elena-shejda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Ольга Вилориевна Кван

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Галимжан Калиханович Дускаев

доктор биологических наук, профессор РАН,
ведущий научный сотрудник
gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук,
ул. 9 Января, 29, Оренбург, 460000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Daria Alekseevna Kislova

Candidate of Biological Sciences
yy-yyy@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7500-137X>

Elena Vladimirovna Sheida

Doctor of Biological Sciences, Research Associate
elena-shejda@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613>

Olga Vilorievna Kvan

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Galimzhan Kalihanovich Duskaev

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian
Academy of Sciences, Leading Researcher
gduskaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9015-8367>

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agro-technologies
of the Russian Academy of Sciences,
29st January Str., Orenburg, 460000, Russia

УДК 636.2.087.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-67-74

О.В. Горелик¹ ✉А.С. Горелик²Т.И. Урюмцева³М.Б. Ребезов^{1,4}С.Ю. Харлап¹¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Екатеринбург, Россия³Инновационный Евразийский университет, Павлодар, Казахстан⁴Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию: 30.06.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Горелик О.В., Горелик А.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-67-74

Olga V. Gorelik¹ ✉Artem S. Gorelik²Tatyana I. Uryumtseva³Maksim B. Rebezov^{1,4}Svetlana Yu. Kharlap¹¹Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia³Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan⁴Gorbatov Scientific Center for Food Systems, Moscow, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office: 30.06.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Gorelik O.V., Gorelik A.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu.

Продуктивные качества коров на фоне применения минеральных кормовых добавок

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В Свердловской области разводится голштинский молочный скот, совершенствование его идет путем отбора и подбора лучших для дальнейшего разведения. Для проявления ими генетического потенциала продуктивности необходимо обеспечить сбалансированное питание. *Цель работы* — оценка продуктивных качеств коров на фоне применения минеральных кормовых добавок.

Методы. Для проведения исследования в типичном для региона племенном репродукторе были сформированы 3 группы из нетелей в последнем триместре стельности (по 10 голов в каждой) — контрольная и две опытные по принципу пар-аналогов. Оценивали молочную продуктивность коров за первую лактацию по контрольным дойкам один раз в месяц. Оценку содержания жира и белка в молоке проводили в средней пробе молока один раз в месяц от каждой коровы. Устанавливали показатели воспроизводства по длительности периодов цикла воспроизводства и коэффициенту воспроизводительной способности.

Результаты. В результате исследований установлено, что применение минеральных кормовых добавок цеолит Каринского месторождения и «Минерал Актив» в кормлении нетелей оказало положительное влияние на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров-первотелок. Наивысший удой за лактацию показали первотелки 3-й группы, которые до отела получали в течение 15 дней минеральную добавку «Минерал Актив». Содержание жира было выше в молоке коров 2-й группы, белка — в молоке коров 3-й группы. Преимущество по выходу молочного жира и белка имели коровы-первотелки 3-й группы, которые превосходили своих сверстниц по этим показателям на 10,1 кг (на 2,9%, 2-я группа) и 32,6 кг (9,3%, 1-я группа) по молочному жиру и на 21,0 кг (6,9%) и 29,8 кг (9,8%) по молочному белку соответственно. Более коротким сервис-периодом отличались животные, получавшие в рационе минеральные кормовые добавки, который оказался ниже на 29,0% и 14,0%, соответственно, по сравнению с животными 1-й группы (контрольной). Коровы всех групп имели средний период плодородия — $286 \pm 2,9 - 289 \pm 3,2$ дня.

Ключевые слова: голштинская порода, нетели, коровы, продуктивность, кормовая добавка, воспроизводство

Для цитирования: Горелик О.В., Горелик А.С., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Продуктивные качества коров на фоне применения минеральных кормовых добавок. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 67–74.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-67-74>

Productive qualities of cows against the background of the use of mineral feed additives

ABSTRACT

Relevance. Holstein dairy cattle are bred in the Sverdlovsk region, its improvement is carried out by selecting and selecting the best for further breeding. In order for them to display their genetic potential of productivity, it is necessary to ensure a balanced diet. *The purpose of the work* is to evaluate the productive qualities of cows against the background of the use of mineral feed additives.

Methods. To conduct the study in a typical breeding reproducer for the region, 3 groups of heifers in the last trimester of pregnancy (10 heads each) were formed — a control group and two experimental ones based on the principle of pairs of analogues. The dairy productivity of cows for the first lactation was assessed by control milking once a month. The fat and protein content in milk was assessed in an average milk sample once a month from each cow. Reproduction indicators were established by the duration of the periods of the reproduction cycle and the coefficient of reproductive ability.

Results. As a result of the research, it was found that the use of mineral feed additives zeolite of the Karinsky deposit and “Mineral Active” in feeding heifers had a positive effect on milk productivity and reproductive qualities of first-calf cows. The highest milk yield for lactation was shown by the first heifers of the 3rd group, who received the “Mineral Active” mineral supplement for 15 days before calving. The fat content was higher in the milk of cows of the 2nd group, protein — in the milk of cows of the 3rd group. The primary heifer cows of the 3rd group had an advantage in the yield of milk fat and protein, which surpassed their peers in these indicators by 10.1 kg (2.9%, group 2) and 32.6 kg (9.3%, group 1) in milk fat and by 21.0 kg (6.9%) and 29.8 kg (9.8%) of milk protein, respectively. The animals receiving mineral feed additives in the diet were distinguished by a shorter service period, which turned out to be lower by 29.0% and 14.0%, respectively, compared with animals of the 1st group (control). Cows of all groups had an average fruiting period of $286 \pm 2.9 - 289 \pm 3.2$ days.

Key words: Holstein breed, heifers, cows, productivity, feed additive, reproduction

For citation: Gorelik O.V., Gorelik A.S., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Productive qualities of cows against the background of the use of mineral feed additives. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 67–74 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-67-74>

Введение/Introduction

Молоко является ценным продуктом питания, необходимым для обеспечения полноценного питания^{1, 2} [1–4]. Оно пригодно и доступно для людей любого возраста, состояния здоровья и достатка [5–8].

Наиболее распространенными породами в молочной промышленности России являются отечественная черно-пестрая, холмогорская, ярославская, красная степная, голштинская, джерсейская и другие [9–11]. Часть из них — родственные, поскольку ведут свое начало от древнейшей из пород — голландской.

Однако разведение их в разных природно-климатических зонах, цель и направления селекционно-племенной работы в той или иной стране привели к созданию высокопродуктивных пород, которые отличаются между собой по хозяйственно полезным и фенотипическим признакам [4, 12–15].

Голштинская порода характеризуется высокими показателями молочной продуктивности, хорошей пригодностью к использованию при промышленном производстве молока [16–19]. В последние несколько десятилетий генофонд этой породы широко используется для совершенствования молочного скота по всему миру, в том числе в России [20–23].

Создан большой массив помесного голштинизированного скота с высокой долей кровности по голштинской породе, что позволило на базе маточного поголовья отечественного чёрно-пестрого скота создать новые высокопродуктивные типы молочного скота [24–26].

В Свердловской области в 2002 году официально зарегистрирован уральский тип черно-пестрой породы, при создании которого проводили скрещивание маточного поголовья черно-пестрой породы уральского отродья с быками-производителями голштинской породы немецкой, датской и канадской селекции [27–29].

В настоящее время в соответствии с методическими рекомендациями по проведению породной инвентаризации племенного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности все животные с кровностью по голштинам более 75% отнесены к голштинской породе.

Созданный уникальный массив голштинского скота является новой породной формацией молочного скота Среднего Урала. В Свердловской области это крупные животные, отличающиеся высокими показателями продуктивности со средними показателями качества молока и хорошо приспособленные для эксплуатации в условиях промышленной технологии производства молока. Однако повышение продуктивных качеств у коров сопровождается снижением воспроизводительных функций, что в свою очередь приводит к снижению продуктивного долголетия и повышению потребности в ремонтном молодняке для ежегодного обновления стада [30, 31].

Кроме того, эти животные более требовательны к кормам и их качеству [32–37]. И хотя снижение воспроизводительных функций объясняют доминантой молочной продуктивности, по мнению авторов, на них влияет и сбалансированность кормовых рационов по питательным веществам.

Особое внимание стоит обратить на минеральные вещества в рационе. Дефицит (или избыток) минеральных

веществ в организме сельскохозяйственных животных и птицы влияет на нарушение обмена веществ, снижение интенсивности процессов пищеварения, снижение продуктивности, расстройство воспроизводства, малоплодие [38–41]. Все эти факторы выливаются в непродуктивные последствия для отрасли [42–44].

Существует ряд исследований, посвященных влиянию различных минеральных добавок рациона на качественные изменения голштинов. Были изучены эффективность использования природного минерала мергель в рационах лактирующих коров голштинской породы в зимний период и ее влияние на показатели молочной продуктивности и качественные показатели молока. Результаты показывают увеличение валового надоя молока за учетный период на 260 кг, или 2,51%, при использовании в составе рациона дойных коров минеральной добавки у коров опытной группы по отношению к контрольной. Аналогичная тенденция наблюдалась и по качественным показателям молока [42].

Установлено, что применение минерально-витаминной добавки в составе премикса П-62 на уровне 1% от сухого вещества рациона при выращивании ремонтных телок голштинской породы в возрасте 6–12 месяцев способствует увеличению живой массы на 3,9 кг, или на 1,32%, и это привело к увеличению экономической эффективности [45].

Было изучено влияние увеличения содержания минеральных веществ в корме высокопродуктивных коров голштинской породы белорусской селекции. Результаты показали, что применение умеренно повышенных норм меди, цинка, марганца, кобальта, йода и селена (от 10 до 50%) в расчете на 1 кг сухого вещества рациона обуславливает рост суточного надоя молока, соответственно, на 7,17% и 6,85%, больший выход молочного белка — на 9,34% и 8,38%, большую устойчивость лактации во времени — на 0,06% и 0,83% [46].

Использование минеральной кормовой добавки «ЛиквиФос Стронг», применяемой для обогащения рационов дойных коров фосфором, кальцием, магнием, марганцем, сульфатом меди, хлоридом железа, позволило увеличить надой на 0,23 кг и 0,45 кг молока от каждой коровы в сутки и увеличить содержание белка на 0,01% [47].

Таким образом, изучение влияния минеральных кормовых добавок при кормлении нетелей на их воспроизводительные качества имеет научный и практический интерес.

Цель работы — изучить воспроизводительные качества коров-первотелок голштинского черно-пестрого скота на фоне применения в кормлении дойных коров минеральных кормовых добавок.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в племенном заводе Свердловской области (Россия) по разведению голштинского черно-пестрого скота. База данных — зоотехническая и ветеринарная документация и данные из информационно-аналитической системы «СЕЛЭКС» — Молочный скот. Племенной учет в хозяйствах¹ (Россия).

Для проведения исследований по влиянию минеральных добавок был проведен научно-хозяйственный

¹ Асенова Б.К., Ребезов М.Б., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Смольникова Ф.Х. Контроль качества молока и молочных продуктов. Алматы. 2013; 212. ISBN: 978-601-7346-81-2, eLIBRARY ID: 21937871, EDN: SMBSSR

² Догарева Н.Г., Лоретц О.Г., Ребезов М.Б., Горелик О.В., Быкова О.А., Неверова О.П., Канарейкина С.Г. Безотходные технологии в молочной промышленности. Екатеринбург. 2018; 274.

ISBN: 978-5-87203-417-9, eLIBRARY ID: 36458283, EDN: YOGOZF

³ <https://pliyor.ru/solution/software/solutions/web/selex/>

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного эксперимента

Table 1. Scheme of scientific and economic experiment

Группа	Количество, гол.	Длительность применения, дней	Рацион кормления
1-я группа (контрольная)	10	–	ОР
1–2-я опытные группы	10	15	ОР + 50 мг/кг живой массы (цеолит Каринского месторождения)
2–3 опытные группы	10	15	ОР + 5 г/гол («Минерал Актив»)

опыт по схеме исследований (табл. 1). Для этого были подобраны 3 группы нетелей (по 10 голов) методом сбалансированных групп, которые получали минеральные кормовые добавки в соответствии со схемой исследований.

Были подобраны 3 группы нетелей за 2–3 месяца до отела по методу сбалансированных групп с учетом живой массы, происхождения и месяца стельности (по 10 голов в каждой).

1-я группа (контрольная) получала основной рацион, 2-я группа — дополнительно к основному рациону введена минеральная добавка цеолит (глауконит) Каринского месторождения (Челябинская обл., Россия) (далее — цеолит) в количестве 50 мг/кг живой массы коров, 3-й группе — по 5 г кормовой добавки «Минерал Актив» («Текнофид», Белгородская обл., Россия) на голову в сутки в течение 15 дней — начиная за 60 дней до предполагаемого отела.

Условия содержания, основной рацион, режим и фронт кормления и поения, параметры микроклимата для всех групп были одинаковыми и соответствовали зооигиеническим нормам⁴.

Молочную продуктивность за 305 дней лактации оценивали путем проведения контрольного доения три раза в месяц.

Отбор проб сырья и продукции проводили в соответствии с ГОСТ 3622⁵, ГОСТ 26809.1⁶.

Содержание жира и белка в молоке определялось ежемесячно: жира — на приборе «Клевер-1М», белка — методом формольного титрования⁷. Рассчитывали коэффициент молочности, количества молочного жира и белка, общее количество надоенного молока — по журналу надоя.

Воспроизводительные качества оценивались по длительности сервис-периода, межотельного периода, других периодов цикла воспроизводства и коэффициента воспроизводительной способности.

Для обработки цифрового материала использовали электронные таблицы, статистический анализ выполнен с помощью программного обеспечения Excel (Microsoft, США) и Statistica 10.0 (Stat Soft Inc., США).

Оценка значимости коэффициента корреляции выполнялась с использованием t-критерия Стьюдента. Статистически значимым считалось значение с $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$.

Достоверность коэффициентов корреляции определяли методом Р. Фишера.

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года № 2010/63/ЕС⁸ о защите животных, использующихся

для научных целей, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ⁹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Кормовая добавка «Минерал Актив» обладает высокой скоростью и надежностью связывания микотоксинов благодаря образованию ионных и ковалентных связей. Данные типы связи необычайно устойчивы, вследствие чего образующиеся комплексы адсорбент-микотоксин стабильны в диапазоне pH от 3,5 до 8 и температуре от 25 до 42 °С. Препарат «Минерал Актив» обладает комплексной структурой, создающей эффект клетки с выраженными ионными свойствами, что позволяет активно связывать полярные и сложноструктурные микотоксины.

Цеолиты применяют в качестве минеральной кормовой добавки для укрепления иммунной системы, нормализации обмена веществ, профилактики желудочно-кишечных заболеваний. Природный цеолит повышает способность животных использовать питательные вещества рациона. Кроме того, скармливание природного цеолита способствует выведению из организма продуктов метаболизма и ядовитых веществ, попавших с кормом.

Молочная продуктивность — основной селекционный признак при отборе коров по молочной продуктивности. В таблице 2 представлены данные о молочной продуктивности первотелок за лактацию.

Наивысший удой за лактацию показали первотелки 3-й группы, которые до отела получали в течение 15 дней минеральную добавку «Минерал Актив». Содержание жира было выше в молоке коров 2-й группы, белка — в молоке коров 3-й группы. Преимущество по выходу молочного жира и белка имели коровы-первотелки 3-й группы, которые превосходили своих сверстниц по этим показателям на 10,1 кг (на 2,9%, 2-я группа) и

Таблица 2. Молочная продуктивность коров (n = 10, X ± Sx)

Table 2. Dairy productivity of cows (n = 10, X ± Sx)

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Удой за лактацию, кг	8347,0 ± 92,0	8667 ± 76,9	9085,0 ± 289,3
Число дойных дней	337,0 ± 7,95	343,0 ± 9,00	315,0 ± 13,96
Среднесуточный удой за лактацию, кг	24,8	25,3	28,8
Содержание жира в молоке, %	3,82 ± 0,04	3,94 ± 0,07	3,87 ± 0,10
Содержание белка в молоке, %	3,33 ± 0,07	3,28 ± 0,08	3,36 ± 0,09
Количество молочного жира, кг	318,9 ± 3,7**	341,5 ± 5,4	351,6 ± 2,9
Количество молочного белка, кг	275,5 ± 6,4**	284,3 ± 4,1*	305,3 ± 2,6
Коэффициент молочности, кг	1575 ± 17,4*	1635 ± 14,7	1714 ± 36,8

Примечание: * $p < 0,01$, ** $p < 0,05$.

⁴ Морозова Н.И., Мусаев Ф.А., Иванова Л.В. и др. Молочная продуктивность голштинских коров при круглогодичном стойловом содержании (монография). Рязань, 2013.

⁵ ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

⁶ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приема, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

⁷ ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.

⁸ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях. https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf

⁹ 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».

32,6 кг (9,3%, 1-я группа) по молочному жиру, на 21,0 кг (6,9%) и 29,8 кг (9,8%) по молочному белку соответственно.

Самый высокий коэффициент молочности был у коров 3-й группы — $17,14 \pm 36,8$ кг, что выше, чем в других группах, на 8,8% и 4,8%. Полученные показатели коэффициента молочности у коров опытных групп позволяют сделать вывод об их конституциональной направленности в сторону молочной продуктивности.

Молочная продуктивность и воспроизводительная функция у коров взаимосвязаны и являются определяющим фактором рентабельности молочного скотоводства. Воспроизводство — основной фактор, вызывающий лактацию, но оно же и тормозит ее. При наступлении охоты, а затем зачатия доминанта беременности (возникающая под влиянием прогестеронов желтого тела) подавляет лактационную доминанту. В связи с этим примерно с 5 мес. стельности понижается удой коров.

Таким образом, чем короче сервис-период (соответственно, и лактация), тем меньше получаем молока-сырья от коровы при высоких среднесуточных удоях. Если рассматривать пожизненную продуктивность, то чем короче сервис-период, тем больше за жизнь коровы получим молока и телят (и наоборот: чем длиннее сервис-период, тем меньше молока и телят).

Осеменение коров в хозяйстве проводят искусственно ректоцервикальным методом (дважды с перерывом в 12 часов). В таблице 3 представлены данные о периодах осеменения коров-первотелок.

Из данных таблицы 3 видно, что применение минеральных добавок в кормлении нетелей положительно повлияло на их осеменение в более ранние сроки. Одним из показателей воспроизводительных способностей коров является сервис-период, оптимальная длительность которого не должна превышать 80 дней. Изменение генотипа животных, повышение генетического потенциала продуктивности привели к его изменению и удлинению.

Применение минеральных добавок привело к тому, что во 2-й и 3-й группах 40% коров были осеменены в оптимальные сроки, тогда как в 1-й группе (контрольной)

Таблица 3. Результаты осеменения коров

Table 3. Results of insemination of cows

Период, дней	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	гол.	%	гол.	%	гол.	%
До 45	–	0	1	10	1	10
46–80	–	0	2	20	3	30
81–90	3	30	1	10	4	40
91–120	6	60	6	60	2	20
Более 120	1	10	–	0	–	0

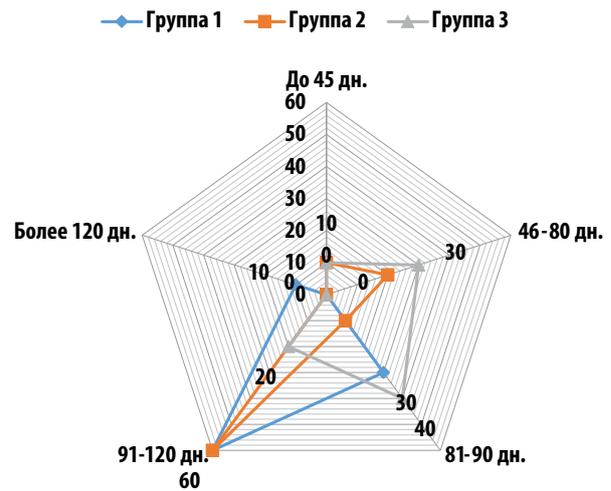
Таблица 4. Воспроизводительные качества коров

Table 4. Reproductive qualities of cows

Показатель	Группа					
	1-я		2-я		3-я	
	$\pm S$	$C_V, \%$	$\pm S$	$C_V, \%$	$\pm S$	$C_V, \%$
Сервис-период, дней	$109 \pm 5,3$	34,3	$101 \pm 4,9$	36,8	$93 \pm 4,6$	44,6
Период плодonoшения, дней	$287 \pm 5,4$	17,7	$289 \pm 3,2$	15,5	$286 \pm 2,9$	22,0
Продолжительность сухостойного периода, дней	$59 \pm 0,9$	16,1	$47 \pm 1,4$	24,3	$61 \pm 0,7$	22,2
Продолжительность межотельного периода, дней	$396 \pm 6,2$	14,3	$390 \pm 6,6$	19,5	$379 \pm 4,5$	18,4
Индекс осеменения, раз	$2,10 \pm 0,03$	18,1	$1,75 \pm 0,06$	21,5	$1,73 \pm 0,04$	13,4
Коэффициент воспроизводительной способности	$0,92 \pm 0,01$	14,8	$0,93 \pm 0,02$	18,5	$0,96 \pm 0,01$	17,8
Выход телят на 100 коров, гол.	100	–	100	–	100	–

Рис. 1. Процентное соотношение осеменения первотелок после отела, %

Fig. 1. Percentage of insemination of first heifers after calving, %



таких коров не было. Установлено, что применение кормовых добавок цеолит и «Минерал Актив» (2-я и 3-я группы) для нетелей в течение 15 дней последнего триместра стельности привело к более быстрому осеменению коров, которые к 120-му дню были все плодотворно покрыты.

Это достаточно хорошо видно на рисунке 1.

Коровы-первотелки, получавшие минеральные кормовые добавки за 60 дней до отела в течение 15 дней, имели лучшие результаты по осеменению после отела. Это позволяет сделать вывод о положительном влиянии минеральных добавок на физиологическое состояние животных и более быстрое их восстановление после отела, несмотря на более высокие показатели продуктивности.

Анализ показателей воспроизводительных качеств животных показал, что наиболее коротким сервис-периодом отличались животные, получавшие в рацион минеральные кормовые добавки, который оказался ниже на 29,0% и 14,0%, соответственно, по сравнению с животными 1-й группы (контрольной). Коровы всех групп имели средний период плодonoшения ($286 \pm 2,9 - 289 \pm 3,2$ дня) (табл. 4).

При примерно одинаковой продолжительности периода плодonoшения и сухостойного периода разница по длительности межотельного периода между группами достоверна при $p \leq 0,01$ (1-й (контрольной) и 2–3-й группами) и $p \leq 0,05$ (2-й и 3-й группами) в пользу 2-й группы. Это объясняется различием в продолжительности сервис-периода.

В данном случае этот показатель был достаточно высоким и варьировал в зависимости от группы от 0,92 (1-я (контрольная) до 0,96 (3-я группа). В группах,

где применялись минеральные добавки, он был выше (на 0,01–0,04). Во всех группах отмечен высокий выход телят (на 100 коров – 100%), что выше, чем в среднем по сельхозпредприятию, на 7,8%. Объясняется это тем, что в опытные группы были подобраны здоровые животные без отклонений от физиологической нормы, не имевшие заболеваний мочеполовой системы.

Во всех группах по всем показателям воспроизводительной способности были достаточно высокие коэффициенты изменчивости, что позволяет говорить о возможности отбора животных по данным признакам. Было установлено, что коровы 2-й и 3-й групп, несмотря на меньший сервис-период, показали высокие показатели продуктивности. Лучшими показателями продуктивности отличались коровы, в кормлении которых применяли кормовую минеральную добавку «Минерал Актив».

Выводы/Conclusions

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о влиянии изучаемого фактора применения минеральных кормовых добавок в кормлении коров нетелям в последний триместр стельности на воспроизводительные качества коров.

Установлено, что применение кормовых добавок цеолит (2-я группа) и «Минерал Актив» (3-я группа) для нетелей в течение 15 дней последнего триместра стельности привело к более быстрому осеменению коров, которые к 120-му дню были все плодотворно покрыты.

Анализ показателей воспроизводительных качеств животных показал, что наиболее коротким сервис-периодом отличались животные, получавшие в рационе минеральные кормовые добавки (2-я и 3-я группы), который оказался ниже на 29,0% и 14,0%, соответственно, по сравнению с животными 1-й группы (контрольной).

По мнению авторов, это объясняется повышением адаптационных свойств животных к изменяющимся условиям использования при промышленном производстве молока на современных комплексах с элементами зарубежной технологии с кормлением коров кормами собственного производства. Высокие коэффициенты изменчивости признаков позволяют проводить отбор по воспроизводительным качествам как внутри каждой группы животных, так и в целом по стаду в любых категориях хозяйств.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (государственная регистрация № АААА-А19-1191014000069).

FUNDING

The research is exploratory and was carried out within the framework of scientific research of the Ural State Agrarian University (state registration No. АААА-А19-1191014000069).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аноученко К.П., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Физико-химические показатели молока коров. *Молодежь и наука*. 2023; (4): 16. <https://elibrary.ru/yfknqr>
2. Mironova I.V., Slinkin A.A., Kanareikina S.G., Salihov A.R., Khabibullin I.M. Improving the composition of mare's milk as a raw material for specialized products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501006>
3. Stambekova A.K., Elemesova A.A., Bayakhan A.A., Alimardanova M.K., Petchenko V.I., Levochkina N.A. Development of the recipe, technology of a functional fermented milk product with dill greens and "Dzhusay". *BIO Web of Conferences*. 2022; 43: 03043. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303043>
4. Брянтцев А.Ю., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Оценка физико-химических показателей молока коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Ошского государственного университета*. 2023; (3): 9–20. <https://elibrary.ru/ubdsbr>
5. Строев В.В., Магомедов М.Д., Алексеичева Е.Ю. Повышение производства и потребления молочных продуктов в России и продовольственная безопасность. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2023; 13(6–1): 368–380. <https://elibrary.ru/fkhuwk>
6. Колесникова А.В., Басонов О.А. Степень использования генетического потенциала голштинских быков-производителей различной селекции. *Зоотехния*. 2017; (1): 10–12. <https://elibrary.ru/xwvggv>
7. Катаева Н.Д., Крупина О.В., Миронова И.В. Мороженое на основе молочной сыворотки — продукт функционального питания. *Новые концептуальные подходы к решению глобальной проблемы обеспечения продовольственной безопасности в современных условиях. Сборник научных статей*. Курск: Университетская книга. 2023; 76–79. <https://elibrary.ru/rdyny>
8. Кадралиева Т.Б., Косилов В.И., Амиршоев Ф.С., Иргашев Т.А., Абдурасулов А.Х. Технологические свойства молока коров разного генотипа при производстве творога. *Национальные приоритеты развития агропромышленного комплекса. Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием*. Оренбург: Агентство «Пресса». 2023; 409–411. <https://elibrary.ru/eufzwr>
9. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences*. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>

REFERENCES

1. Anyuchenko K.P., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Physical and chemical indicators of milk of cows. *Youth and science*. 2023; (4): 16 (in Russian). <https://elibrary.ru/yfknqr>
2. Mironova I.V., Slinkin A.A., Kanareikina S.G., Salihov A.R., Khabibullin I.M. Improving the composition of mare's milk as a raw material for specialized products. *BIO Web of Conferences*. 2024; 95: 01006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249501006>
3. Stambekova A.K., Elemesova A.A., Bayakhan A.A., Alimardanova M.K., Petchenko V.I., Levochkina N.A. Development of the recipe, technology of a functional fermented milk product with dill greens and "Dzhusay". *BIO Web of Conferences*. 2022; 43: 03043. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303043>
4. Bryantsev A.Yu., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. Evaluation of physico-chemical parameters of cow's milk depending on the linear affiliation. *Bulletin of Osh State University*. 2023; (3): 9–20 (in Russian). <https://elibrary.ru/ubdsbr>
5. Stroyev V.V., Magomedov M.D., Alekseycheva E.Yu. Increasing the production and consumption of dairy products in Russia and food security. *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2023; 13(6–1): 368–380 (in Russian). <https://elibrary.ru/fkhuwk>
6. Kolesnikova A.V., Basonov O.A. The genetic potential of various selection Holstein sires. *Zootchniya*. 2017; (1): 10–12 (in Russian). <https://elibrary.ru/xwvggv>
7. Kataeva N.D., Krupina O.V., Mironova I.V. Whey-based ice cream is a functional nutrition product. *New conceptual approaches to solving the global problem of ensuring food security in modern conditions. Collection of scientific articles*. Kursk: Universitetskaya kniga. 2023; 76–79 (in Russian). <https://elibrary.ru/rdyny>
8. Kadralieva T.B., Kosilov V.I., Amirshoev F.S., Irgashev T.A., Abdurasulov A.Kh. Technological properties of milk from cows of different genotypes in the production of cottage cheese. *National priorities for the development of the agro-industrial complex. Proceedings of the national scientific and practical conference with international participation*. Orenburg: Agentstvo "Pressa". 2023; 409–411 (in Russian). <https://elibrary.ru/eufzwr>
9. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Pankratova L.A. The role of breeding centers and breed testing systems in the development of breeds with a wide potential for use. *BIO Web of Conferences*. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>

10. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
11. Miroshina T., Chalova N. Dairy goat breeding in Russia and the world (review). *E3S Web of Conferences*. 2023; 380: 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001004>
12. Горелик О.В., Ребезов М.Б., Долматова И.А. Молочная продуктивность коров уральского типа голштинизированного черно-пестрого скота. *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й Международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*. 2023; 2: 250. <https://elibrary.ru/azjxic>
13. Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2020; (1): 90–102. <https://elibrary.ru/ueogyv>
14. Сафронов С.Л., Костомакхин Н.М., Соловьева О.И., Остроухова В.И., Кульмакова Н.И. Молочная продуктивность и долголетие коров в условиях промышленной технологии производства молока. *Селекционные и технологические аспекты интенсификации производства продуктов животноводства. По материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 150-летию со дня рождения академика М.Ф. Иванова*. М.: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева. 2022; 1: 223–227. <https://elibrary.ru/drqjgh>
15. Шевчук Е.В., Ребезов М.Б. Оценка быков по качеству потомства. *Молодежь и наука*. 2018; (5): 83. <https://elibrary.ru/xubkqp>
16. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
17. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
18. Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы. *Аграрная наука*. 2023; (12): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
19. Канев П.Н., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Сопряженность продуктивных признаков молочного скота голштинской породы. *Аграрная наука*. 2024; (3): 92–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97>
20. Petrov O., Semenov V., Alekseev V. Milk productivity of Holstein cows at optimization of fat levels in their diets. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 935: 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012014>
21. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*. 2021; 258: 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804029>
22. Khoroshailo T.A., Verkhoturov V.V., Kozub Yu.A. Efficiency of Implementing a New System for Feeding Cows of Holstein Breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 666: 052072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/5/052072>
23. Stepanov I.S. et al. Development and application of new methods of correction and prevention of metabolic diseases in Holstein cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 723: 022030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022030>
24. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.Р., Никулкин Н.С. Разведение скота голштинской породы на территории Российской Федерации. *Зоотехния*. 2020; (2): 5–8. <https://elibrary.ru/mlvbyl>
25. Скобелев В.В., Чижевский С.И., Серяков И.С., Цикунова О.Г. Молочная продуктивность коров-перволеток в зависимости от генеалогической структуры в ОАО «Валище» Пинского района. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; (4): 32–37. <https://elibrary.ru/ymneik>
26. Павлова Т.В., Новик С.Н. Продолжительность хозяйственного использования и молочная продуктивность коров разных генотипов в СПК «Ляховичский». *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2017; (2): 31–37. <https://elibrary.ru/ymneau>
27. Шульга Л.В., Медведева К.Л., Ланцов А.В., Вальшонек Е.О., Долina Д.С. Факторы, влияющие на продуктивное долголетие коров. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2020; (4): 8–11. <https://elibrary.ru/xlcxmt>
28. Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Анализ породного и классного состава крупного рогатого скота уральского региона. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019; (1): 50–51. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
29. Чеченихина О.С., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Степанов А.В. Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов. *Аграрный вестник Урала*. 2021; (6): 71–79. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>
10. Mazurov V., Sanova Z. Innovative approaches to the development of dairy cattle breeding in the Kaluga region. *BIO Web of conferences*. 2023; 66: 14006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236614006>
11. Miroshina T., Chalova N. Dairy goat breeding in Russia and the world (review). *E3S Web of Conferences*. 2023; 380: 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338001004>
12. Gorelik O.V., Rebezov M.B., Dolmatova I.A. Milk productivity of Ural type cows of Holsteinized Black-and-White cattle. *Current problems of modern science, technology and education. Abstracts of the 81st International scientific and technical conference*. Magnitogorsk: Novos Magnitogorsk State Technical University. 2023; 2: 250 (in Russian). <https://elibrary.ru/azjxic>
13. Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of Black-Motley cows with various milking techniques. *Molochno-khozyaistvenny vestnik*. 2020; (1): 90–102 (in Russian). <https://elibrary.ru/ueogyv>
14. Safronov S.L., Kostomakhin N.M., Solovyova O.I., Ostroukhova V.I., Kulmakova N.I. Milk productivity and longevity of cows in the conditions of industrial milk production technology. *Breeding and technological aspects of intensifying the production of livestock products. On materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician M.F. Ivanov*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2022; 1: 223–227 (in Russian). <https://elibrary.ru/drqjgh>
15. Shevchuk E.V., Rebezov M.B. Evaluation of bulls based on the quality of their offspring. *Youth and science*. 2018; (5): 83 (in Russian). <https://elibrary.ru/xubkqp>
16. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389: 03096. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338903096>
17. Giloyan G.H., Kasumyan N.A., Poghosyan G.A. Evaluation of milk yield of Three-breed (1/4 Caucasian grey x 1/4 Jersey x 1/2 Holstein) genotype cows under conditions of manger-pasture keeping. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801003>
18. Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S. The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows. *Agrarian science*. 2023; (12): 74–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>
19. Kanev P.N., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. The conjugation of productive features of dairy cattle of the Holstein breed. *Agrarian science*. 2024; (3): 92–97 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97>
20. Petrov O., Semenov V., Alekseev V. Milk productivity of Holstein cows at optimization of fat levels in their diets. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 935: 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/935/1/012014>
21. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences*. 2021; 258: 04029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125804029>
22. Khoroshailo T.A., Verkhoturov V.V., Kozub Yu.A. Efficiency of Implementing a New System for Feeding Cows of Holstein Breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 666: 052072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/5/052072>
23. Stepanov I.S. et al. Development and application of new methods of correction and prevention of metabolic diseases in Holstein cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 723: 022030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/723/2/022030>
24. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Meshchero R.K., Khodykov V.P., Meshchero Sh.R., Nikulkin N.S. Breeding of Holstein cattle on the territory of the Russian Federation. *Zootekniya*. 2020; (2): 5–8 (in Russian). <https://elibrary.ru/mlvbyl>
25. Skobelev V.V., Chizhevsky S.I., Seryakov I.S., Tsikunova O.G. Milk productivity of first-calf cows depending on the genealogical structure at JSC “Valische”, Pinsk region. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; (4): 32–37. (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneik>
26. Pavlova T.V., Novik S.N. Duration of living in the herds and milk productivity of cows of different genotypes in SPK “Lyakhovichsky”. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2017; (2): 31–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/ymneau>
27. Shulga L.V., Medvedeva K.L., Lantsov A.V., Valshonok E.O., Dolina D.S. Factors influencing productive longevity of cows. *Animal agriculture and veterinary medicine*. 2020; (4): 8–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/xlcxmt>
28. Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of breed and class composition cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skokozyaistvennaya nauka*. 2019; (1): 50–51 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
29. Chechenikhina O.S., Bykova O.A., Loretts O.G., Stepanov A.V. The age of retirement of cows from the herd, depending on genetic and paratypical factors. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (6): 71–79 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79>

30. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Nizeva D.R., Kokotka M.G., Falko A.A., Grushko D.S. Productivity of cows of the red steppe breed, considering the physique. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
31. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>
32. Павлова Е.И., Татаркина Н.И. Кормление коров в племенном репродукторе по голштинской породе крупного рогатого скота. *Мир инноваций*. 2019; (4): 39–43. <https://elibrary.ru/lyqxua>
33. Ярмоц Г.А. Влияние факторов кормления на молочную продуктивность коров. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2019; (4): 17–21. <https://elibrary.ru/cqppio>
34. Токарева М.А., Горелик О.В., Неверова О.П. Эффективность применения кормовой добавки «Оптимус» при кормлении дойных коров в период раздоя. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022; 95: 178–184. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-95-178-184>
35. Фомичев Ю.П., Рыков Р.А., Ермаков И.Ю. Эффективность применения энергокорма «Милканайзер» в кормлении молочных коров в условиях крестьянского хозяйства. *Зоотехния*. 2023; (3): 10–15. <https://elibrary.ru/hjminw>
36. Кухар Е.В., Шайкенова К.Х., Исабекова С.А., Айтмуханбетов Д.К., Сламия М.Г. Кормовая добавка для повышения молочной продуктивности коров. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*. 2022; (4–1): 135–147. <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
37. Бегиев С.Ж., Биттиров И.А., Темираев Р.Б. Модификация технологии кормления для повышения молочной продуктивности и качества молока коров голштинской породы черно-пестрой масти. *Известия Горького государственного аграрного университета*. 2019; 56(1): 69–72. <https://elibrary.ru/ljnpfp>
38. Usevich V.M., Drozd M.N., Rusinov A.N. The reproductive system of breast organs in cows and evaluation the function using a mineral adaptogen. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 03017. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803017>
39. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
40. Горелик В.С., Ребезов М.Б. Гематологические показатели коров при использовании сукцинат хитозана. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 2: 137–138. <https://elibrary.ru/jthlxs>
41. Асташкина Е.Г., Ребезов М.Б. Технологические свойства мышечной ткани молодняка крупного рогатого скота, получавшего с кормом ломонтит. *Достижения сельскохозяйственной и биологической науки в животноводстве. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого. 2007; 12–14. <https://elibrary.ru/zalhdd>
42. Лемеш Е.А. Использование природного минерала в рационах лактирующих коров. *Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства. Сборник научных работ Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию со дня рождения профессора Е.Я. Лебедево*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2023; 301–306. <https://elibrary.ru/zifqzc>
43. Гамко Л.Н., Подольников В.Е., Менякина А.Г., Шепелев С.И., Лемеш Е.А. Продуктивность коров при скармливании витаминно-минерального премикса в зимний период. *Инновационные подходы в производстве экологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2019; 19–23. <https://elibrary.ru/qmevgm>
44. Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Применение природной минеральной добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота при откорме. *Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции*. Витебск: Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины. 2021; 28–33. <https://elibrary.ru/kdssvy>
45. Шепелев С.И., Яковлева С.Е., Малавко И.В. Эффективность применения премиксов при выращивании ремонтных телок голштинской породы. *Вестник Брянской ГСХА*. 2023; (5): 53–58. <https://elibrary.ru/dzvobw>
46. Саханчук А.И., Каллаур М.Г., Кот Е.Г., Нева А.А. Оптимизация норм потребности в минеральных веществах для коров голштинской породы белорусской селекции во II и III периоды лактации. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2023; 58(2): 113–122. <https://elibrary.ru/webuqe>
47. Бетин А.Н., Фролов А.И. Использование минеральной кормовой добавки «ЛиквиФос Стронг» в рационах лактирующих коров. *Эффективное животноводство*. 2020; (2): 12–14. <https://elibrary.ru/igtzwc>
30. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Nizeva D.R., Kokotka M.G., Falko A.A., Grushko D.S. Productivity of cows of the red steppe breed, considering the physique. *BIO Web of Conferences*. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
31. Dosmukhamedova M., Mamatkulov O. Prospects of modernization of cattle breeding processes. *BIO Web of Conferences*. 2023; 65: 02006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236502006>
32. Pavlova E.I., Tatarkina N.I. Feeding cows in a breeding reproductor for Holstein breed of cattle. *World of innovation*. 2019; (4): 39–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/lyqxua>
33. Yarmots G.A. The influence of feeding factors on milk productivity of cows. *Feeding of agricultural animals and feed production*. 2019; (4): 17–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/cqppio>
34. Tokareva M.A., Gorelik O.V., Neverova O.P. The effectiveness of the use of the feed additive “Optimus” when feeding dairy cows during the milking period. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 95: 178–184 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-95-178-184>
35. Fomichev Yu.P., Rykov R.A., Ermakov I.Yu. The effectiveness of the use of energy feed “Milkimizer” in feeding dairy cows in the conditions of a peasant farm. *Zootekhnika*. 2023; (3): 10–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/hjminw>
36. Kukhar E.V., Shaikhenova K.Kh., Issabekova S.A., Aitmukhanbetov D.K., Slamia M.G. Feed additive to increase dairy productivity of cows. *Herald of science of S. Seifullin Kazakh agrotechnical university*. 2022; (4–1): 135–147 (in Russian). <https://doi.org/10.51452/kazatu.2022.4.1265>
37. Begiev S.Zh., Bittirov I.A., Temiraev R.B. Modification of feeding technology to improve milk productivity and milk quality of Holstein Black Pied cows. *Proceedings of Gorky State Agrarian University*. 2019; 56(1): 69–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/ljnpfp>
38. Usevich V.M., Drozd M.N., Rusinov A.N. The reproductive system of breast organs in cows and evaluation the function using a mineral adaptogen. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 03017. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410803017>
39. Gertman A., Maksimovich D. Scientifically based method for correcting the metabolic processes of highly productive cows in a biogeochemical province. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 01008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346201008>
40. Gorelik V.S., Rebezov M.B. Hematological parameters of cows using chitosan succinate. *Modern technologies for cultivation, processing and storage of agricultural products. Collection of abstracts prepared within the framework of the round table*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 2: 137–138 (in Russian). <https://elibrary.ru/jthlxs>
41. Astashkina E.G., Rebezov M.B. Technological properties of muscle tissue of young cattle fed with laumontite. *Achievements of agricultural and biological science in animal husbandry. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*. Veliky Novgorod: Yaroslav the Wise Novgorod State University. 2007; 12–14. <https://elibrary.ru/zalhdd>
42. Lemesh E.A. Use of natural mineral in the diets of lactating cows. *Selection-genetic and technological aspects of innovative development of animal husbandry: Collection of scientific works of the International scientific-practical conference dedicated to the 65th anniversary of the birth of Professor E. Ya. Lebedko*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2023; 301–306 (in Russian). <https://elibrary.ru/zifqzc>
43. Gamko L.N., Podolnikov V.E., Menyakina A.G., Shepelev S.I., Lemesh E.A. Productivity of cows when feeding a vitamin-mineral premix in the winter. *Innovative approaches in the production of environmentally friendly agricultural products. Collection of scientific papers of the national scientific and practical conference*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2019; 19–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/qmevgm>
44. Gamko L.N., Menyakina A.G. The use of a natural mineral supplements in the diets of young cattle during fattening. *Progressive and innovative technologies in dairy and beef cattle breeding. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of the Badge of Honor. 2021; 28–33 (in Russian). <https://elibrary.ru/kdssvy>
45. Shepelev S.I., Yakovleva S.E., Malyavko I.V. The effectiveness of the use of premixes when raising holstein replacement heifers. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 53–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/dzvobw>
46. Sakhanchuk A.I., Kallaur M.G., Kot E.G., Nevar A.A. Optimization of mineral requirements for cows of the Belarusian Holstein dairy breed in II and III lactation periods. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2023; 58(2): 113–122 (in Russian). <https://elibrary.ru/webuqe>
47. Betin A.N., Frolov A.I. Use of the mineral feed additive “LiquiFos Strong” in the diets of lactating cows. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2020; (2): 12–14 (in Russian). <https://elibrary.ru/igtzwc>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Васильевна Горелик¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов
olgao205en@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Артём Сергеевич Горелик²

кандидат биологических наук, преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Татьяна Игоревна Урюмцева³

кандидат ветеринарных наук, профессор
vbh2@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>

Максим Борисович Ребезов^{1, 4}

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов¹; доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник⁴
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Светлана Юрьевна Харлап¹

кандидат биологических наук, доцент
proffuniver@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

²Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620062, Россия

³Инновационный Евразийский университет, ул. им. Ломова, 45, Павлодар, 140000, Казахстан

⁴Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vasilyevna Gorelik¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products
olgao205en@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Artem Sergeevich Gorelik²

Candidate of Biological Sciences, Lecturer of the Department of Fire Extinguishing and Rescue Operations
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Tatyana Igorevna Uryumtseva³

Candidate of Veterinary Science, Professor
vbh2@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7980-8242>

Maksim Borisovich Rebezov^{1, 4}

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products¹; Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher⁴
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Svetlana Yurievna Kharlap¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
proffuniver@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

¹Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

²Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Disaster Response of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620062, Russia

³Innovative University of Eurasia, 45 Lomov Str., Pavlodar, 140000, Kazakhstan

⁴Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

УДК 636.2.082.13

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-75-81

М.С. Форнара ✉

А.С. Абдельманова

Н.Ф. Бакоев

Н.А. Зиновьева

Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, Подольский р-н, Московская обл., Россия

✉ margaretfornara@gmail.com

Поступила в редакцию: 26.06.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Форнара М.С., Абдельманова А.С., Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А.

Разработка системы анализа участка митохондриального генома (*Cyt B*) из образцов крупного рогатого скота разных временных периодов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Исследования популяционного генетического разнообразия проливают свет на генетический состав различных пород и могут дать ценную информацию об эволюции пород и видов. Среди многочисленных доступных молекулярных маркеров митохондриальная ДНК (мтДНК) широко используется для изучения генетического разнообразия и анализа филогенетических связей у различных пород и популяций сельскохозяйственных животных. Цитохром b (*Cyt B*) представляет собой ген мтДНК, который широко используется для определения филогенетических связей у домашних животных из-за variability его последовательностей.

Цель работы — разработка тест-системы, позволяющая получить полную последовательность гена *Cyt B* для дальнейшей оценки генетического разнообразия и филогенетических связей различных пород и популяций крупного рогатого скота.

Методы. Для разработки тест-системы были использованы экстракты ДНК, полученные из археологических образцов крупного рогатого скота, датированных XIII–XIV вв. ($n = 10$). Для амплификации гена *Cyt B* (Цитохром b) мтДНК КРС были подобраны четыре пары праймеров, перекрывающих друг друга, общей длины 1189 п. н. между позициями 14480–15669 мтДНК.

Результаты. Анализ филогенетического дерева показал группировку археологических образцов с представителями гаплогрупп T1, T2, T3 и T5. Медианная сеть позволила уверенно отнести археологические образцы к *Bos Taurus*, а не к *Bos Indicus*. В результате исследования выявлено, что мощности анализа по последовательности *Cyt B* не хватает, чтобы разделить гаплогруппы внутри тауринного скота, так как последовательность цитохрома B более консервативна по сравнению с другими участками митохондриального генома. Для уверенной идентификации гаплогрупповой принадлежности следует использовать более полиморфные области митохондриального генома, например последовательность D-петли.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, древняя ДНК, митохондриальный геном, *Cyt B*, гаплогруппы

Для цитирования: Форнара М.С., Абдельманова А.С., Бакоев Н.Ф., Зиновьева Н.А. Разработка системы анализа участка митохондриального генома (*Cyt B*) из образцов крупного рогатого скота разных временных периодов. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 75–81.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-75-81>

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-75-81

Margaret S. Fornara ✉

Aleksandra S. Abdelmanova

Nekruz F. Bakoev

Natalia A. Zinovieva

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

✉ margaretfornara@gmail.com

Received by the editorial office: 26.06.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Fornara M.S., Abdelmanova A.S., Bakoev N.F., Zinovieva N.A.

Development of a system to analyse the mitochondrial genome region (*Cyt B*) of cattle samples of different time periods

ABSTRACT

Relevance. Population genetic diversity studies shed light on the genetic composition of different breeds and can provide valuable information about the evolution of breeds and species. Among the numerous available molecular markers, mitochondrial DNA (mtDNA) is widely used to study genetic diversity and analyze phylogenetic relationships in various breeds and populations of livestock. Cytochrome b (*Cyt B*) is an mtDNA gene that is widely used to determine phylogenetic relationships in domestic animals due to its sequence variability.

The aim of the work is to develop a test system that makes it possible to obtain the complete sequence of the *Cyt B* gene for further assessment of the genetic diversity and phylogenetic relationships of various breeds and populations of cattle.

Methods. To develop the test system, DNA extracts obtained from archaeological samples of cattle dated the 13th–14th centuries were used ($n = 10$). To amplify the *Cyt B* (*Cytochrome b*) mtDNA gene of cattle, four pairs of primers were selected, overlapping each other, with a total length of 1189 bp. between positions 14480–15669 mtDNA.

Results. Analysis of the phylogenetic tree showed that archaeological samples grouped with haplogroups T1, T2, T3 and T5. The median network allowed the archaeological samples to be confidently classified as *Bos Taurus* rather than *Bos Indicus*. As a result of the study, it was revealed that the power of analysis using the *Cyt B* sequence is not enough to separate haplogroups within taurine cattle, because the Cytochrome b sequence is more conserved compared to other regions of the mitochondrial genome. More polymorphic regions of the mitochondrial genome, such as the sequence of the D-loop, should be used to confidently identify haplogroup membership.

Key words: cattle, ancient DNA, mitochondrial genome, *Cyt B*, haplogroups

For citation: Fornara M.S., Abdelmanova A.S., Bakoev N.F., Zinovieva N.A. Development of a system to analyse the mitochondrial genome region (*Cyt B*) from cattle samples of different time periods. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 75–81 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-75-81>

Введение/Introduction

Согласно отчету FAO, всего в мире зарегистрированы 8859 пород животных и птицы, в том числе 7739 — локальных (то есть зарегистрированных только в одной стране). В настоящее время около 600 пород классифицируются как вымершие¹.

Угроза биоразнообразию возрастает в связи с потерей генетического разнообразия видов, используемых в сельском хозяйстве. В связи с тем что за последние десятилетия животноводство было нацелено на использование ограниченного количества высокопродуктивных пород крупного рогатого скота, это привело к заметному уменьшению многообразия и численности местного скота не только в России [1], но и во всем мире [2, 3]. По большей части игнорируются генетические ресурсы пород, адаптированных к местным условиям, с их уникальными характеристиками.

Отсутствие достаточной информации о ресурсах локальных пород, включая их нынешнее генетическое разнообразие и уровень инбридинга, приводит к трудностям в разработке эффективных стратегий сохранения.

Среди многочисленных доступных молекулярных маркеров митохондриальная ДНК (мтДНК) широко используется для изучения генетического разнообразия и анализа филогенетических связей у различных пород и популяций сельскохозяйственных животных [4–6].

Искусственное осеменение, получившее широкое распространение во второй половине XX века, а также массовое использование коммерческих пород для улучшения локальных привели к резкому снижению генетического разнообразия и значительным изменениям генофонда пород [7]. Поэтому проведение филогенетических исследований подразумевает вовлечение в исследование исторических образцов ДНК, полученных из костного порошка черепов и других скелетных элементов (зубы, рога и т. д.), хранящихся в музейных коллекциях [8, 9] или полученных в ходе археологических исследований [10]. При этом работа с данными образцами сопряжена с рядом сложностей, одной из которых является подготовка к депонированию, включающая ряд агрессивных химических воздействий, что приводит к существенной деградации нуклеиновых кислот, в связи с чем получение достаточного количества ядерной ДНК не всегда возможно, в отличие от митохондриальной, количество копий которой в одной клетке от 100 до 1000 [11].

Митохондриальный геном крупного рогатого скота представляет собой кольцевую молекулу, состоящую примерно из 16,4 тыс. п. о., и функционально делится на регуляторный, некодирующий и кодирующий регионы. В состав мтДНК входят 37 генов (13 — для белков дыхательной цепи, 22 — для тРНК, 2 — для рРНК) и 1 некодирующая область — D-петля [12].

МтДНК характеризуется такими замечательными свойствами, как материнское наследование, большое число копий и высокая скорость мутаций без рекомбинации [13–15]. Высокое количество копий мтДНК по сравнению с ядерной ДНК делает ее идеальным инструментом для анализа сильно деградированной ДНК.

Цитохром b (*Cyt B*) представляет собой ген мтДНК, который широко используется для определения филогенетических связей у домашних животных из-за вариативности его последовательностей [16–22]. Полное секвенирование гена

Cyt B — это трудоемкий и кропотливый процесс из-за его размера (около 1140 п. о.). Более того, *Cyt B* относится к белок-кодирующим генам, который имеет обширную филогенетическую информацию внутривидового и межвидового характера и более высокий коэффициент вариаций по сравнению с другими функциональными генами [23]. Следовательно, мтДНК *Cyt B* играет огромную роль в определении генетического разнообразия и филогенетических взаимоотношений.

Цель работы — разработка тест-системы, позволяющая получить полную последовательность гена *Cyt B* для дальнейшей оценки генетического разнообразия и филогенетических связей различных пород и популяций крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве биологического материала для выделения ДНК был использован костный порошок, полученный из фрагментов костей, предварительно очищенных от механических примесей, обработанных детергентом и ультрафиолетовым облучением для предотвращения контаминации экзогенной ДНК. Данные образцы крупного рогатого скота, содержащегося на территории средневекового Ярославля (XIII–XIV вв.) (n = 10), были получены из биокolleкции Института археологии РАН.

Исследование проводили в 2024 году на базе Центра коллективного пользования «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства» — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста.

ДНК выделяли с использованием набора COrDIS «Экстракт» (ООО «Гордиз», Россия) Декальцин в соответствии с рекомендациями производителя. Для амплификации гена *Cyt B* (Цитохром b) мтДНК КРС были подобраны четыре пары праймеров, перекрывающих друг друга, общей длины 1189 п. н. между позициями 14480–15669 мтДНК, что позволяет амплифицировать полную последовательность гена *Cyt B* (Цитохром b) КРС между позициями 14514–15653 мтДНК.

Праймеры были подобраны в соответствии с референсной последовательностью мтДНК КРС, представленной в базе Национального центра биотехнологической информации NCBI (GenBank: NC_006853.1) с помощью онлайн-ресурса Basic² (табл. 1).

ПЦР-амплификацию проводили на термоциклере Applied Biosystems SimpliAmp (Thermo-Fisher Scientific, Inc., США) в конечном объеме 25 мкл, в том числе 2,5 мкл реакционного буфера (10X Taq Turbo буфер) («Евроген», Россия), 16,8 мкл H₂O, 2,5 мкл dNTPs, 1 мкл

Таблица 1. Последовательность праймеров для амплификации гена *Cyt B* (Цитохром b) археологической ДНК КРС

Table 1. Sequence of primers for amplification of the *Cyt B* gene (Cytochrome b) of archaeological cattle DNA

Н. п.	Последовательность	Позиция	G/C, %	Размер ПЦР
1	F-5'-AAA CCA TCG TTG TCA TTC AAC TAC-3'	14480–14503	43	341
	R-5'-TAA GCC TCG TCC TAC GTG C-3'	14819–14801	52	
2	F-5'-CCG ATA CAT ACA CGC AAA CGG-3'	14750–14770	52	345
	R-5'-TGG CAA TTG CTA TGA TGA TAA ATG G-3'	15093–15069	36	
3	F-5'-AGC AAC CCT TAC CCG ATT CTT C-3'	15029–15050	50	349
	R-5'-AGT TTG TTG GGG ATT GAT CGT AAG-3'	15376–15353	42	
4	F-5'-ACA CCC CCT CAC ATC AAA CC-3'	15303–15322	55	368
	R-5'-GTA CTA CAA AGA CCT GTC TTC ATT T-3'	15669–15645	36	

¹ Local Alignment Search Tool (BLAST. <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c8121641-5385-404f-bf98-6a584bec2e7b/content>

² <https://code-basics.com/ru>

смеси праймеров 10 пмоль, 0,2 мкл SmartTaq ДНК полимеразы («Диалат Лтд», Россия), 1 мкл ДНК.

Условия температурно-временного режима ПЦР были следующими: начальная денатурация (94 °C в течение 3 мин.); 94 °C в течение 10 сек., 64 °C в течение 15 сек., 72 °C в течение 45 сек. (40 циклов); заключительная элонгация (72 °C в течение 7 мин.).

Очистку ампликонов проводили с использованием набора для очистки ДНК из реакционной смеси и агарозного геля Cleanup-Mini («Евроген», Россия).

Последовательности ДНК определяли секвенированием по Сэнгеру на генетическом анализаторе «Нанофор 05» (ООО НПФ «Синтол», Россия) с использованием набора GenSeq (ООО «НПФ «Синтол», Россия) согласно инструкциям производителя.

Выравнивания результатов секвенирования проводили на основе полной последовательности мтДНК (GenBank: NC_006853.1) с использованием программ BioEdit 7.2.

Расчеты и построение филогенетического дерева осуществляли методом максимального правдоподобия в программе MEGA X (www.megasoftware.net).

Для определения принадлежности исследуемых образцов КРС к известным гаплогруппам из базы NCBI были отобраны последовательности мтДНК крупного рогатого скота, относящиеся к гаплогруппам T1, T2, T3, T4, T5, Q, R, P, I и C (табл. 2).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для определения наилучшего условия температурного режима отжига праймеров проводили градиентный ПЦР. Детекцию результатов ПЦР выполняли в 1%-ном агарозном геле с использованием колориметрической системы документации на геле Uvitec FireReader V10 imaging System (Clever scientific, Великобритания) (рис. 1–3).

Результаты секвенирования ампликонов, полученных из четырех пар праймеров, были выровнены на основе референсной последовательности GenBank: NC_006853.1 и соединены между собой (рис. 4–8).

Общая длина нуклеотидной последовательности при сборке составила 1194 п. н., расположенной между позициями 14505–15699 мтДНК КРС, что позволило

получить полную последовательность гена *Cyt B* (Цитохром b) мтДНК КРС между позициями 14514–15653.

Анализ филогенетического дерева (рис. 8), построенного методом ML (максимального правдоподобия), выявил, что все исследуемые образцы были сгруппированы с представителями гаплогрупп T1, T2, T3 и T5.

Как видно из рисунка 10, медианная сеть, построенная на основе последовательностей *Cyt B*, позволяет уверенно отнести археологические образцы к *Bos Taurus*, а не к *Bos Indicus*.

Рис. 1. Электрофореграмма продуктов амплификации градиентной ПЦР в 2%-ном агарозном геле (1-й и 2-й праймеры)

Fig. 1. Electrophoregram of gradient PCR amplification products in 2% agarose gel (1st and 2nd primers)

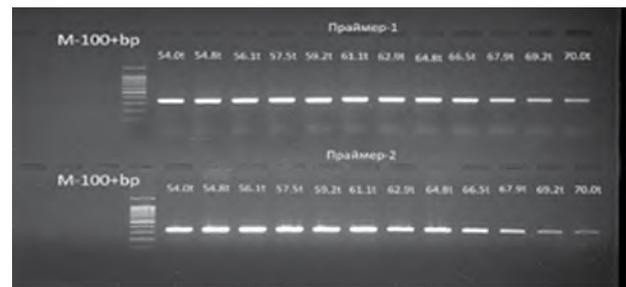


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов амплификации градиентной ПЦР в 2%-ном агарозном геле (3-й и 4-й праймеры)

Fig. 2. Electrophoregram of gradient PCR amplification products in 2% agarose gel (3rd and 4th primers)

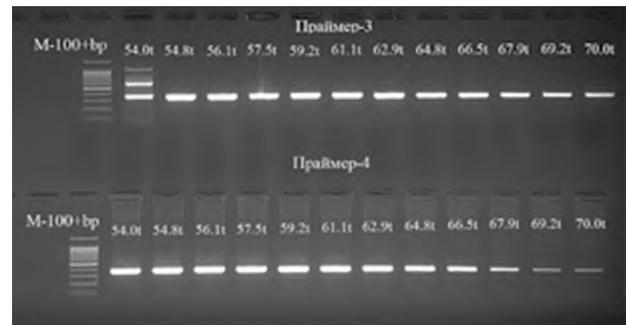


Рис. 3. Электрофореграмма амплифицированных фрагментов гена *Cyt B* (Цитохром b) в 2%-ном агарозном геле

Fig. 3. Electrophoregram of amplified fragments of the *Cyt B* gene (Cytochrome b) in 2% agarose gel

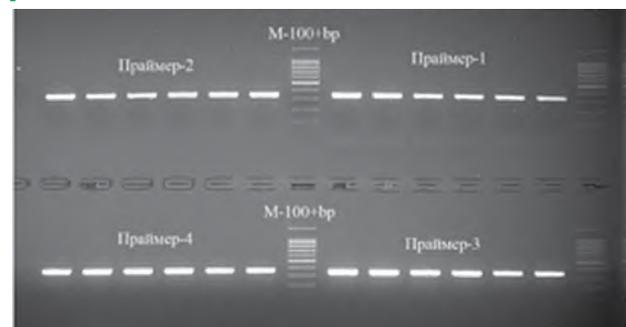


Таблица 2. Номера последовательностей известных гаплогрупп КРС

Table 2. Sequence ID of known cattle haplogroups

№ п/п	Гаплогруппы	№ NCBI
1	C	KF525852
2	I	FJ971088
3	P	MF169211
4	Q	KP637147
5	R	HQ184040
6	T1	MZ901386
7	T2	KT184460
8	T3	MZ901744
9	T4	MN200841
10	T5	MZ901530

Рис. 4. Результаты выравнивания последовательности секвенирования (начало первой пары праймеров)

Fig. 4. Sequencing sequence alignment results (the beginning of the first pair of primers)

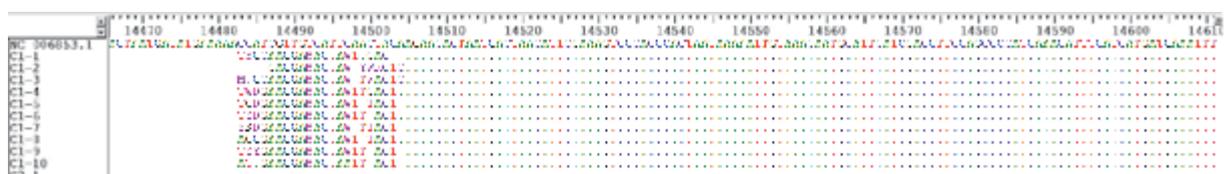


Рис. 5. Результаты выравнивания последовательности секвенирования (конец сиквенса первой пары праймеров и начало сиквенса второй пары праймеров)

Fig. 5. Sequencing sequence alignment results (the end of the sequence of the first pair of primers and the beginning of the sequence of the second pair of primers)

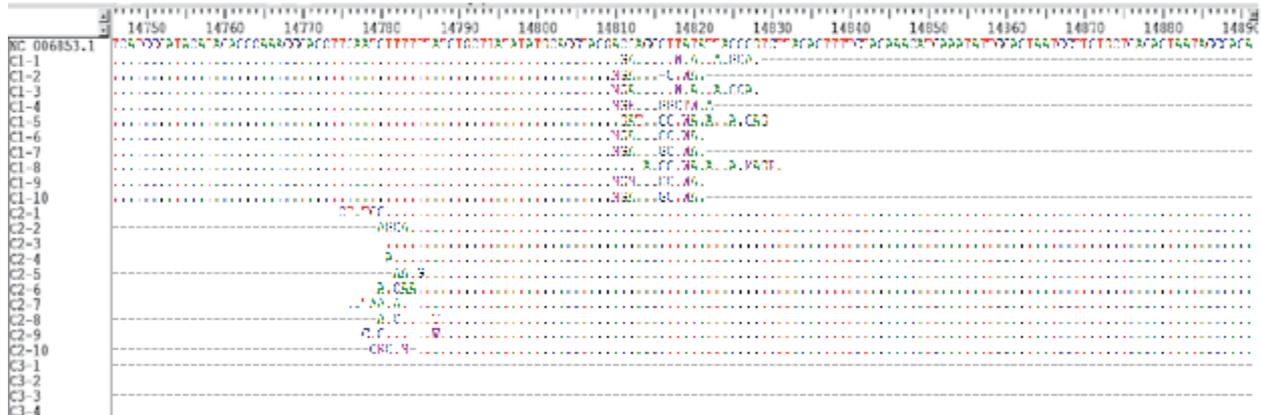


Рис. 6. Результаты выравнивания последовательности секвенирования (конец второй пары праймеров и начало третьей пары праймеров)

Fig. 6. Sequencing sequence alignment results (end of the second pair of primers and beginning of the third pair of primers)

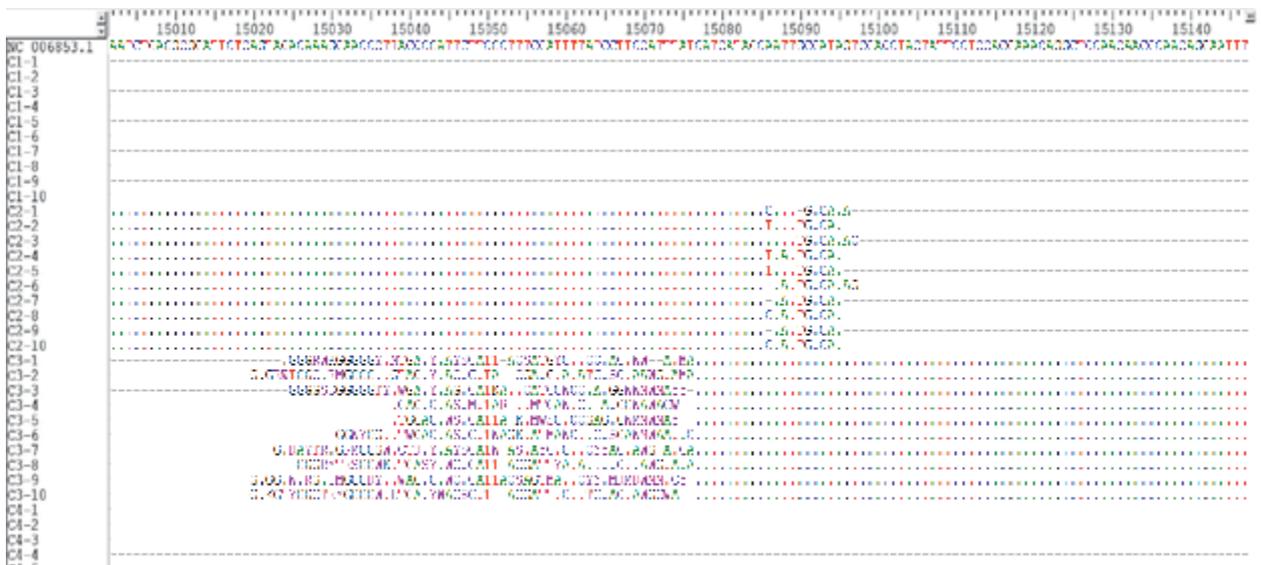


Рис. 7. Результаты выравнивания последовательности секвенирования (конец третьей пары праймеров и начало четвертой пары праймеров)

Fig. 7. Sequencing sequence alignment results (end of the third pair of primers and beginning of the fourth pair of primers)

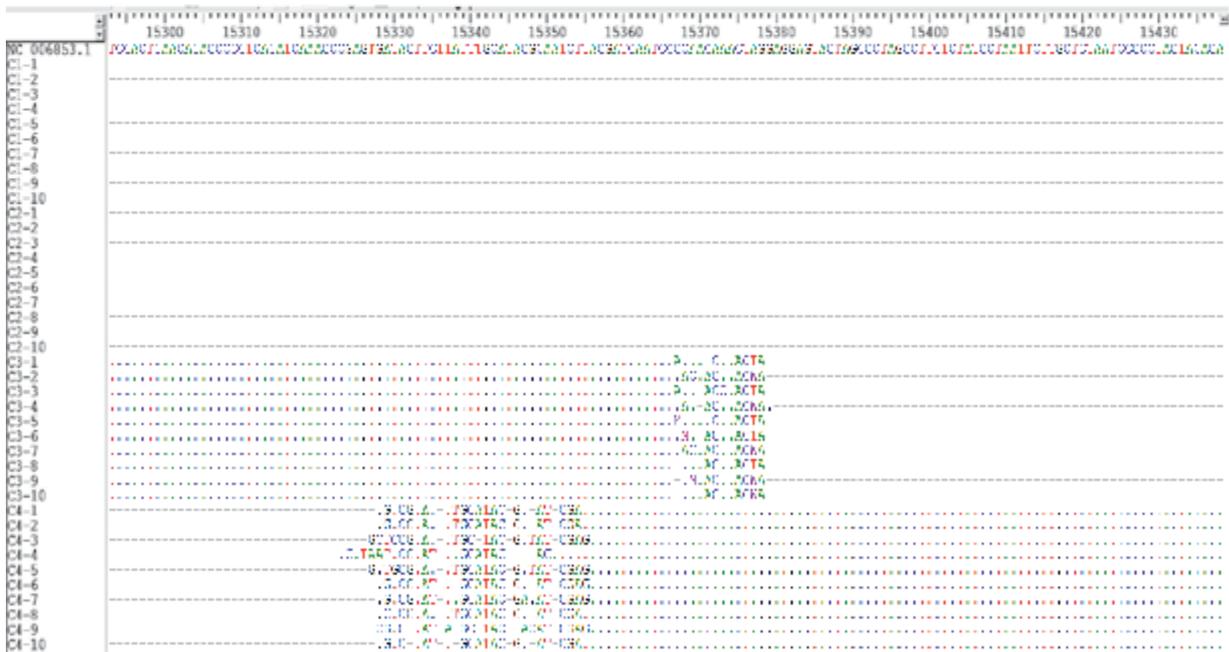


Рис. 8. Результаты выравнивания последовательности секвенирования (конец четвертой пары праймеров)

Fig. 8. Sequencing sequence alignment results (end of the fourth pair of primers)

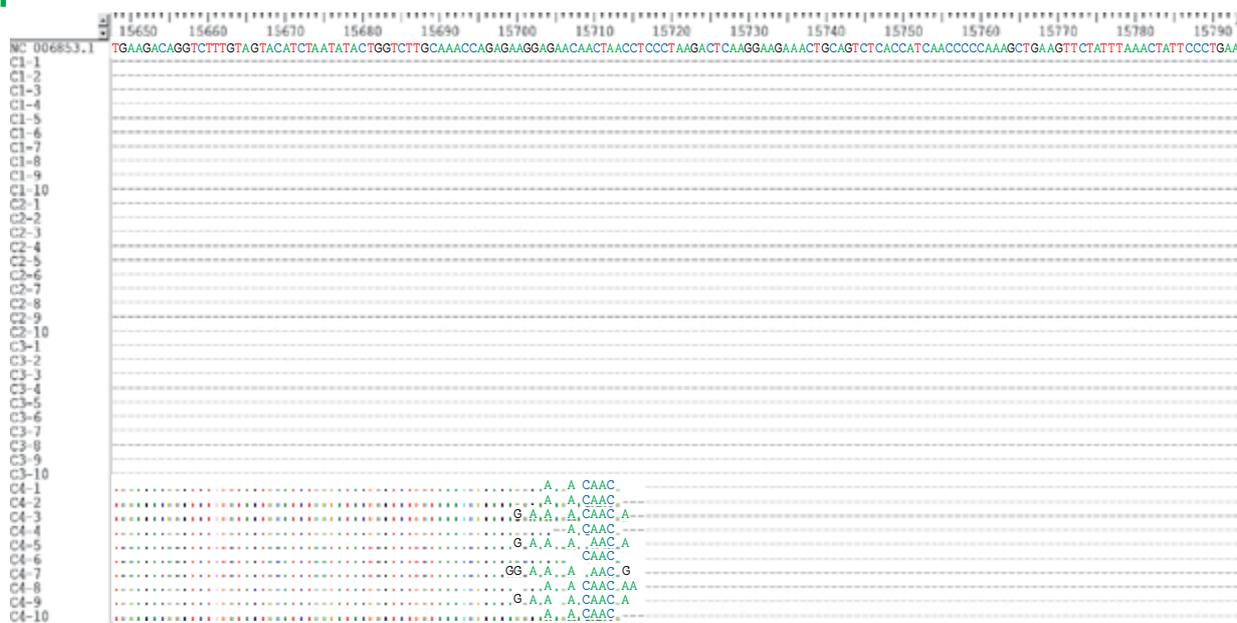
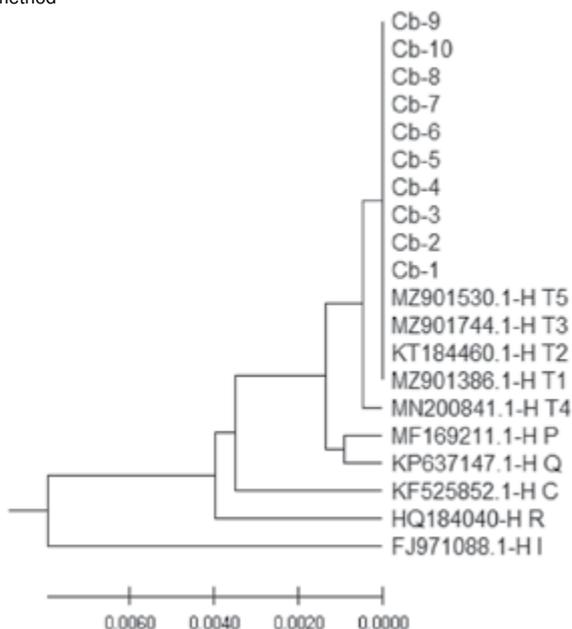


Рис. 9. Филогенетическое дерево, построенное методом максимального правдоподобия

Fig. 9. Phylogenetic tree constructed by the maximum likelihood method

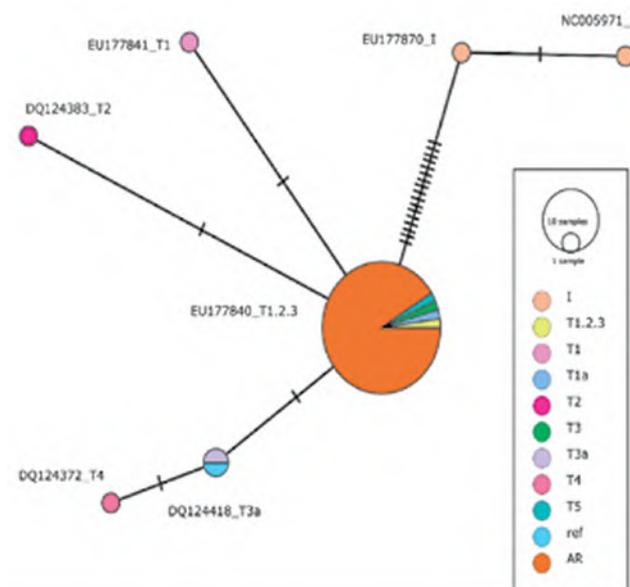


Выводы/Conclusions

Разработанная авторами тест-система на основе 4 пар праймеров позволила получить из археологических образцов полные последовательности гена *Cyt B* (Цитохром Б) мтДНК крупного рогатого скота рода *Bos taurus*. Мощности анализа по последовательности *Cyt B* недостаточно, чтобы разделить гаплогруппы внутри тауринного скота, в связи с тем что последовательность

Рис. 10. Медианная сеть гаплотипов крупного рогатого скота на основании последовательности участка *Cyt B*

Fig. 10. Median network of cattle haplotypes based on the sequence of the *Cyt B* site



цитохрома b более консервативна по сравнению с другими участками митохондриального генома. Тем не менее можно говорить, что археологические образцы не отличаются по последовательности *Cyt B* от гаплогрупп T1, T1a, T3 и T5. Для уверенной идентификации гаплогрупповой принадлежности следует использовать более полиморфные области митохондриального генома, например последовательность *D*-петли.

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 Министерства науки и высшего образования РФ (тема № FGGN-2024-0015).

FUNDING

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. FGGN-2024-0015).

БЛАГОДАРНОСТИ

Костные крупного рогатого скота из археологических раскопок древнего Ярославля предоставлены ст. науч. сотр. канд. биол. наук Е.Е. Антипиной и ст. науч. сотр. канд. ист. наук Л.В. Яворской лаборатории естественно-научных методов Института археологии Российской академии наук (договор о сотрудничестве между ФГБУН «Институт археологии Российской академии наук» и ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zinovieva N.A. et al. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота — мини обзор. *Сельскохозяйственная биология*. 2019; 54(4): 631–641. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.631rus>
- Marsoner T., Vigl L.E., Manck F., Jaritz G., Tappeiner U., Tasser E. Indigenous livestock breeds as indicators for cultural ecosystem services: A spatial analysis within the Alpine Space. *Ecological Indicators*. 2018; 94(2): 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.046>
- Zinovieva N.A. et al. Genome-wide SNP analysis clearly distinguished the Belarusian Red cattle from other European cattle breeds. *Animal Genetics*. 2021; 52(5): 720–724. <https://doi.org/10.1111/age.13102>
- Sharma R. et al. Microsatellite and mitochondrial DNA analyses unveil the genetic structure of native sheep breeds from three major agro-ecological regions of India. *Scientific Reports*. 2020; 10: 20422. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77480-6>
- Hartatik T., Hariyono D.N.H., Adinata Yu. Short Communication: Genetic diversity and phylogenetic analysis of two Indonesian local cattle breeds based on cytochrome b gene sequences. *Biodiversitas*. 2019; 20(1): 17–22. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200103>
- Xia X. et al. Abundant Genetic Diversity of Yunling Cattle Based on Mitochondrial Genome. *Animals*. 2019; 9(9): 641. <https://doi.org/10.3390/ani9090641>
- Abdelmanova A.S. et al. Comparative Study of the Genetic Diversity of Local Steppe Cattle Breeds from Russia, Kazakhstan and Kyrgyzstan by Microsatellite Analysis of Museum and Modern Samples. *Diversity*. 2021; 13(8): 351. <https://doi.org/10.3390/d13080351>
- Boronetskaya O.I., Chikurova E.A., Nikiforov A.I. Возникновение, особенности породообразования и практика сохранения белого паркового скота. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2017; (6): 68–84. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-6-68-84>
- Bro-Jørgensen M.H. et al. Ancient DNA analysis of Scandinavian medieval drinking horns and the horn of the last aurochs bull. *Journal of Archaeological Science*. 2018; 99: 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.09.001>
- Delsol N., Stucky B.J., Oswald J.A., Cobb C.R., Emery K.F. Guralnick R. Ancient DNA confirms diverse origins of early post-Columbian cattle in the Americas. *Scientific Reports*. 2023; 13: 12444. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39518-3>
- Robin E.D., Wong R. Mitochondrial DNA molecules and virtual number of mitochondria per cell in mammalian cells. *Journal of Cellular Physiology*. 1988; 136(3): 507–513. <https://doi.org/10.1002/jcp.1041360316>
- Zhang X., Yang L., Zhao X., Xiang H. The complete mitochondrial genome of an ancient cattle (*Bos taurus*) from Taosi site, China, and its phylogenetic assessment. *Mitochondrial DNA Part B*. 2022; 7(5): 804–806. <https://doi.org/10.1080/23802359.2022.20273834>
- Luikart G., Gielly L., Excoffier L., Vigne J.-D., Bouvet J., Taberlet P. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2001; 98(10): 5927–5932. <https://doi.org/10.1073/pnas.091591198>
- Dong Z., Wang Y., Li C., Li L., Men X. Mitochondrial DNA as a Molecular Marker in Insect Ecology: Current Status and Future Prospects. *Annals of the Entomological Society of America*. 2021; 114(4): 470–476. <https://doi.org/10.1093/aesa/aaab020>
- Shi L. et al. Effect of locomotor preference on the evolution of mitochondrial genes in Bovidae. *Scientific Reports*. 2024; 14: 12944. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63937-5>
- Prihandini P.W., Primasari A., Luthfi M., Efendy J., Pamungkas D. Genetic Diversity of Mitochondrial DNA Cytochrome b in Indonesian Native and Local Cattle Populations. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2020; 25(2): 39–47.
- Tarekegn G.M. et al. Variations in mitochondrial cytochrome b region among Ethiopian indigenous cattle populations assert *Bos taurus* maternal origin and historical dynamics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2018; 31(9): 1393–1400. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0596>
- Rahmatullaili S., Fatmawati D., Nisa C., Winaya A., Chamisijatin L., Hindun I. Genetic Diversity of Bali Cattle: Cytochrome b Sequence Variation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 276: 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012048>
- Kocher T.D. et al. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in mammals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1989; 86(16): 6196–6200. <https://doi.org/10.1073/pnas.86.16.6196>
- Irwin D.M., Kocher T.D., Wilson A.C. Evolution of the cytochrome b gene of mammals. *Journal of Molecular Evolution*. 1991; 32(2): 128–144. <https://doi.org/10.1007/BF02515385>
- Zhang Y. et al. Strong and stable geographic differentiation of swamp buffalo maternal and paternal lineages indicates domestication in the China/Indochina border region. *Molecular Ecology*. 2016; 25(7): 1530–1550. <https://doi.org/10.1111/mec.13518>
- Mkize L.S., Zishiri O.T. Population genetic structure and maternal lineage of South African crossbred Nguni cattle using the cytochrome b gene in mtDNA. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 52(4): 2079–2089. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02231-8>
- Ciftci Y., Eroglu O., Firidin S. Mitochondrial Cytochrome b Sequence Variation in Three Sturgeon Species (*A. stellatus Pallas*, 1771, *A. gueldenstaedtii Brandt*, 1833, *H. huso Linnaeus*, 1758) from the Black Sea Coasts of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2013; 13(2): 291–303.

FUNDING

Bovine bones from the archaeological excavations of ancient Yaroslavl were provided by Senior Research Associate Candidate of Biological Sciences E.E. Antipina and Senior Researcher Candidate of Historical Sciences L.V. Yavorskaya Laboratory of Natural Scientific Methods of the Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences (cooperation agreement between the Federal State Budgetary Scientific Institution "Institute of Archaeology of the Russian Academy of Sciences" and the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center of Animal Husbandry — VISH im. academician L.K. Ernst").

REFERENCES

- Zinovieva N.A. et al. Animal genetic resources: developing the research of allele pool of Russian cattle breeds — minireview. *Agricultural Biology*. 2019; 54(4): 631–641. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.4.631eng>
- Marsoner T., Vigl L.E., Manck F., Jaritz G., Tappeiner U., Tasser E. Indigenous livestock breeds as indicators for cultural ecosystem services: A spatial analysis within the Alpine Space. *Ecological Indicators*. 2018; 94(2): 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.046>
- Zinovieva N.A. et al. Genome-wide SNP analysis clearly distinguished the Belarusian Red cattle from other European cattle breeds. *Animal Genetics*. 2021; 52(5): 720–724. <https://doi.org/10.1111/age.13102>
- Sharma R. et al. Microsatellite and mitochondrial DNA analyses unveil the genetic structure of native sheep breeds from three major agro-ecological regions of India. *Scientific Reports*. 2020; 10: 20422. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77480-6>
- Hartatik T., Hariyono D.N.H., Adinata Yu. Short Communication: Genetic diversity and phylogenetic analysis of two Indonesian local cattle breeds based on cytochrome b gene sequences. *Biodiversitas*. 2019; 20(1): 17–22. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200103>
- Xia X. et al. Abundant Genetic Diversity of Yunling Cattle Based on Mitochondrial Genome. *Animals*. 2019; 9(9): 641. <https://doi.org/10.3390/ani9090641>
- Abdelmanova A.S. et al. Comparative Study of the Genetic Diversity of Local Steppe Cattle Breeds from Russia, Kazakhstan and Kyrgyzstan by Microsatellite Analysis of Museum and Modern Samples. *Diversity*. 2021; 13(8): 351. <https://doi.org/10.3390/d13080351>
- Boronetskaya O.I., Chikurova E.A., Nikiforov A.I. Strain breeding features and conservation practice of White park cattle breeds. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2017; (6): 68–84 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2017-6-68-84>
- Bro-Jørgensen M.H. et al. Ancient DNA analysis of Scandinavian medieval drinking horns and the horn of the last aurochs bull. *Journal of Archaeological Science*. 2018; 99: 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.09.001>
- Delsol N., Stucky B.J., Oswald J.A., Cobb C.R., Emery K.F. Guralnick R. Ancient DNA confirms diverse origins of early post-Columbian cattle in the Americas. *Scientific Reports*. 2023; 13: 12444. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39518-3>
- Robin E.D., Wong R. Mitochondrial DNA molecules and virtual number of mitochondria per cell in mammalian cells. *Journal of Cellular Physiology*. 1988; 136(3): 507–513. <https://doi.org/10.1002/jcp.1041360316>
- Zhang X., Yang L., Zhao X., Xiang H. The complete mitochondrial genome of an ancient cattle (*Bos taurus*) from Taosi site, China, and its phylogenetic assessment. *Mitochondrial DNA Part B*. 2022; 7(5): 804–806. <https://doi.org/10.1080/23802359.2022.20273834>
- Luikart G., Gielly L., Excoffier L., Vigne J.-D., Bouvet J., Taberlet P. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2001; 98(10): 5927–5932. <https://doi.org/10.1073/pnas.091591198>
- Dong Z., Wang Y., Li C., Li L., Men X. Mitochondrial DNA as a Molecular Marker in Insect Ecology: Current Status and Future Prospects. *Annals of the Entomological Society of America*. 2021; 114(4): 470–476. <https://doi.org/10.1093/aesa/aaab020>
- Shi L. et al. Effect of locomotor preference on the evolution of mitochondrial genes in Bovidae. *Scientific Reports*. 2024; 14: 12944. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63937-5>
- Prihandini P.W., Primasari A., Luthfi M., Efendy J., Pamungkas D. Genetic Diversity of Mitochondrial DNA Cytochrome b in Indonesian Native and Local Cattle Populations. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2020; 25(2): 39–47.
- Tarekegn G.M. et al. Variations in mitochondrial cytochrome b region among Ethiopian indigenous cattle populations assert *Bos taurus* maternal origin and historical dynamics. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2018; 31(9): 1393–1400. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0596>
- Rahmatullaili S., Fatmawati D., Nisa C., Winaya A., Chamisijatin L., Hindun I. Genetic Diversity of Bali Cattle: Cytochrome b Sequence Variation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 276: 012048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/276/1/012048>
- Kocher T.D. et al. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in mammals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1989; 86(16): 6196–6200. <https://doi.org/10.1073/pnas.86.16.6196>
- Irwin D.M., Kocher T.D., Wilson A.C. Evolution of the cytochrome b gene of mammals. *Journal of Molecular Evolution*. 1991; 32(2): 128–144. <https://doi.org/10.1007/BF02515385>
- Zhang Y. et al. Strong and stable geographic differentiation of swamp buffalo maternal and paternal lineages indicates domestication in the China/Indochina border region. *Molecular Ecology*. 2016; 25(7): 1530–1550. <https://doi.org/10.1111/mec.13518>
- Mkize L.S., Zishiri O.T. Population genetic structure and maternal lineage of South African crossbred Nguni cattle using the cytochrome b gene in mtDNA. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 52(4): 2079–2089. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02231-8>
- Ciftci Y., Eroglu O., Firidin S. Mitochondrial Cytochrome b Sequence Variation in Three Sturgeon Species (*A. stellatus Pallas*, 1771, *A. gueldenstaedtii Brandt*, 1833, *H. huso Linnaeus*, 1758) from the Black Sea Coasts of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2013; 13(2): 291–303.

ОБ АВТОРАХ

Маргарет Сержевна Форнара
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
margaretfornara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8844-177X>

Александра Сергеевна Абдельманова
доктор биологических наук, старший научный сотрудник
abdelmanova@vij.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

Некруз Фарходович Бакоев
кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
nekruz82@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0324-3580>

Наталья Анатольевна Зиновьева
доктор биологических наук, академик РАН, директор
n_zinovieva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Margaret Serzheva Fornara
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
margaretfornara@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8844-177X>

Alexandra Sergeevna Abdelmanova
Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher
abdelmanova@vij.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4752-0727>

Nekruz Farkhodovich Bakoev
Candidate of Agricultural Sciences, Research Associate
nekruz82@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0324-3580>

Natalia Anatolyevna Zinovieva
Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy
of Sciences, Director
n_zinovieva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

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

АГРАРНАЯ
НАУКАAGRARIAN
SCIENCE

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



Научно-теоретический и производственный журнал «Аграрная наука» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (K1, K2), в список Russian Science Citation Index (RSCI), в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ, Белый список ВАК РФ, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS (ГНУ ЦНСХБ Россельхозакадемии).

Ознакомьтесь с информацией о перечне специальностей ВАК и итоговом распределении журналов по категориям можно здесь:



Приравнивание научных журналов, входящих в наукометрические базы данных, к журналам Перечня ВАК с распределением по категориям:



Согласно приведенным данным, журнал «Аграрная наука» относится к категории K1.

Подобную информацию о журнале можно получить у научного редактора М.Н. Долгой
+7 (495) 777 67 67 (доб. 1453)
dolgaya@vicgroup.ru

С.В. Николаев ✉
 В.С. Матюков
 А.В. Филатов

Тюменский научный центр Сибирского
 отделения Российской академии наук,
 Тюмень, Россия

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Поступила в редакцию: 24.07.2024
 Одобрена после рецензирования: 01.10.2024
 Принята к публикации: 18.10.2024

© Николаев С.В., Матюков В.С., Филатов А.В.

Внутрипопуляционная генетическая дифференциация стада северных оленей Ямальской опытной станции

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Повышение рентабельности северного оленеводства возможно путем внедрения современных методов ведения селекционно-племенной работы, в том числе основанного на популяционно-генетическом анализе.

Методы. Полиморфизм микросателлитов по 16 локусам у северных оленей ненецкой породы ($n = 100$) изучали с использованием набора COrDIS Reindeer. В программе Structure 2.3.4. генотипированных животных разделили на кластеры и по вероятности генетического соответствия объединили в группы. По каждой группе провели оценку основных генетических параметров, рассчитали степень генетического сходства между кластерами (k) и популяцией (Pop) в целом.

Результаты. Максимальное количество наблюдаемых и эффективных STR-аллелей установили в k_5 (6,188 и 3,903 соответственно). По величине индекса Шеннона минимальным генетическим разнообразием ($I = 1,202$) характеризовался первый кластер, пятый — напротив, максимальным ($I = 1,414$). По k_1 , k_4 и k_5 установлен незначительный избыток гетерозигот ($-0,061$ – $0,029$), а в целом по популяции отмечалась их небольшая редукция ($F_{is} = 0,017$). У особей k_1 выявлены приват-аллели Rt6186 и C276259 с суммарной частотой 0,060, характерные для k_2 микросателлиты Rt7240 и FCB193138 встречались с общей частотой 0,079, в k_4 суммарная частота встречаемости приват-аллелей Rt1267, BMS745330, NVHRT16142 составила 0,100, в k_5 приват-аллели BMS1788150, Rt30223, Rt7254, OheQ299, Rt24248 обнаружили у 21,9% животных. Генетическая дистанция (DN) была минимальной между k_2 и k_4 (0,043), максимальной — между k_2 и k_3 (0,119). По отношению к популяции в целом максимальная генетическая дистанция прослеживалась у k_3 (DN = 0,049), а наименьшая — у k_2 (DN = 0,025). Самая высокая оценка по Dest-статистике получена при сравнении пар Pop- k_1 и Pop- k_3 (Dest = 0,021) и отсутствовала между Pop- k_2 и Pop- k_5 (Dest = $-0,004$ – $0,002$).

Ключевые слова: северные олени, генетическая оценка, аллельное разнообразие, генофонд, кластеризация, генетическая дистанция

Для цитирования: Николаев С.В., Матюков В.С., Филатов А.В. Внутрипопуляционная генетическая дифференциация стада северных оленей Ямальской опытной станции. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 82–86.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-82-86>

Сemyon V. Nikolaev ✉
 Valery S. Matyukov
 Andrey V. Filatov

Tyumen Scientific Center of the Siberian
 Branch of the Russian Academy of Sciences,
 Tyumen, Russia

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Received by the editorial office: 24.07.2024
 Accepted in revised: 01.10.2024
 Accepted for publication: 18.10.2024

© Nikolaev S.V., Matyukov V.S., Filatov A.V.

Intrapopulation genetic differentiation of reindeer herd of Yamal experimental station

ABSTRACT

Relevance. Increasing the profitability of reindeer husbandry is possible through the introduction of modern methods of conducting breeding work, including using population genetic analysis.

Methods. The DNA of Nenets reindeer ($n = 100$) was studied with respect to 16 microsatellite markers using the COrDIS Reindeer kit. Based on genetic similarity, in the Structure 2.3.4 program, animals were divided into clusters, in each of which the main genetic parameters were evaluated, as well as the degree of genetic similarity between clusters (k) and the population (Pop) as a whole was calculated.

Results. It was found that the maximum number of observed and effective microsatellites was present in k_5 (6,188 and 3,903, respectively). The first cluster was characterized by a lower genetic diversity ($I = 1,202$), the fifth — on the contrary, the maximum ($I = 1,414$). For k_1 , k_4 and k_5 , there was a slight deviation towards an excess of heterozygotes ($-0,061$ – $0,029$), and in general, a slight shift towards an increase in inbreeding was noted for Pop ($F_{is} = 0,017$). Private alleles Rt6186 and C276259 with a total frequency of 0.060 were detected in k_1 , Rt7240 and FCB193138 with a total prevalence of 0.079 in k_2 , the occurrence of private alleles Rt1267, BMS745330, NVHRT16142 was 0.100 in k_4 , and specific microsatellites in k_5 BMS1788150, Rt30223, Rt7254, OheQ299, Rt24248 were found in 21.9% of animals. The genetic distance (DN) was minimal between k_2 and k_4 (0.043), and maximal between k_2 and k_3 (0.119). In relation to Pop, the maximum distance was viewed to k_3 (DN = 0.049), and the smallest to k_2 (DN = 0.025). The most noticeable true allelic differentiation was observed between Pop- k_1 and Pop- k_3 samples (Dest = 0.021), and there was no gap between Pop- k_2 and Pop- k_5 (Dest = $-0,004$ – $0,002$).

Key words: reindeer, genetic assessment, allelic diversity, gene pool, clustering, genetic distance

For citation: Nikolaev S.V., Matyukov V.S., Filatov A.V. Intrapopulation genetic differentiation of reindeer herd of Yamal experimental station. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 82–86 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-82-86>

Введение/ Introduction

Северное оленеводство — ведущая отрасль животноводства на Крайнем Севере России, которая является одной из древнейших форм хозяйственной деятельности и источником доходов коренных народов [1]. Рентабельность оленеводства, как и любой отрасли животноводства, во многом зависит от эффективности селекционно-племенной работы [2, 3]. Несмотря на огромные достижения в генетике и селекции, информационных технологий, племенная работа в северном оленеводстве ведется устаревшими, традиционными методами.

Как правило, в оленеводстве отсутствуют племенной учет, учет индивидуальной продуктивности животных. Оценка продуктивности осуществляется визуально, по фенотипическим признакам, в первую очередь по упитанности и рослости [3–5]. Поэтому для дальнейшего развития оленеводства необходимо совершенствовать уровень племенной работы за счет применения современных методов селекции и разведения. Такими подходами являются внедрение и использование в оленеводстве маркер-ассоциированной и геномной селекции [6, 7].

Микросателлиты (STR-маркеры, короткие tandemные повторы) считаются удобными и доступными маркерами для проведения генетического анализа. Это обусловлено высоким уровнем их полиморфизма и повторяемостью результатов генотипирования [8]. STR-маркеры используют для генетической экспертизы происхождения, оценки генетического разнообразия, исследования генезиса и генетической дифференциации пород, популяций и др. Анализ полиморфизма микросателлитов может сочетаться в комплексе с изучением полиморфизма структурных или митохондриальных генов [9–11].

Генофонды популяций северных оленей формируются в результате микроэволюционных процессов, в основном дрейфа генов при реализации случайных спариваний особей, давления естественного отбора и антропогенных технологических факторов. В результате миграции особей из других стад и хозяйств, скрещивания с дикими особями, неконтролируемой элиминации животных генетические процессы в популяциях трудно поддаются прогнозу [12].

Тем не менее для оценки генетического разнообразия, минимизации инбридинга в процессе разведения возникает необходимость проведения генетического анализа популяций (пород, стад) северных оленей [13]. При этом выборочная оценка должна осуществляться прижизненно преимущественно по особям, которые представляют репродуктивную ценность и вносят существенный вклад в формирование будущего генофонда.

Цель исследования — провести оценку внутривидовой генетической дифференциации стада северных оленей ненецкой породы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены в 2023–2024 гг. в лаборатории северного оленеводства Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук.

Объектом исследований служили северные олени ненецкой породы Ямальской опытной станции Тюменского НЦ СО РАН (г. Салехард). Образцами для ДНК-анализа являлись кусочки тканей ушной раковины животных ($n = 100$). Отбор проб осуществляли путем отсечения мягких тканей щипцами для ушных выщипов во время проведения бонитировки. Образцы помещали в пластиковые пробирки типа Эппендорф, консервировали этиловым 96%-ным спиртом.

Молекулярно-генетические исследования проведены в Российской инновационной биотехнологической компании ООО «Гордиз» (г. Москва, Россия). Выделение ДНК осуществляли с использованием набора DNeasy Blood & Tissue Kit (Qiagen, Германия), амплификацию — на термоциклере Labcyler (SensoQuest, Германия). Генотипирование выполнено по 16 микросателлитным локусам (Rt6, BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, Rt7, Rt24, FCB193, BMS745, NVHRT16, OheQ, C217, C32, T40, C276, C143) с помощью набора CoDIS Reindeer (ООО «Гордиз», Россия) методом мультиплексного ПЦР-анализа с последующей детекцией флуоресцентно меченых фрагментов в условиях капиллярного электрофореза. Специфичность генотипирования проверяли, используя контрольные образцы, входящие в состав набора.

На основе установленного микросателлитного профиля исследуемую выборку северных оленей в программе Structure 2.3.4 (Pritchard Lab, Stanford University, USA) подразделяли от 2 до 10 кластеров. Уровень кластеризации, обеспечивающий максимальную внутреннюю однородность и внешнюю дифференциацию, использовали для деления животных на группы в зависимости от апостериорной вероятности (Q) принадлежности к кластерам.

Из особей, вероятность членства которых в конкретном кластере была максимальной, сформировали группы. С применением программы GenAlEx 6.503¹ по группам, выделенным в каждом кластере, определили основные генетические параметры: число наблюдаемых (N_A) и эффективных (N_E) аллелей, индекс Шеннона (I), уровень наблюдаемой (H_O) и ожидаемой (H_E) гетерозиготности, индексы фиксации (F_{IS} , F_{ST}), число частных аллелей, их частоту (q) и сумму частот (Σq).

Генетические дистанции между кластерами (k) и популяцией в целом (Pop) рассчитали различными способами: D_N , uD_N^2 , G_{st} , G'_{stN} , G'_{stH} , G''_{st} , D_{est} ³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследование в программе Structure выборки генотипированных по 16 микросателлитным локусам животных показало низкую генетическую дифференциацию между особями. Максимальный уровень дифференциации был установлен при подразделении выборки на 5 кластеров (рис. 1).

В результате деления на кластеры при $k = 5$ (табл. 1) были сформированы группы с численностью от 16 до 25 животных с минимальной вероятностью принадлежности к кластеру от 0,213 (k_2), максимальной — до 0,610 (k_2). Средние значения Q находились в пределах 0,257–0,366.

¹ Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software. for teaching and research-an update. Bioinformatics. 2012; 28: 2537–2539.

² Кузнецов В.М. Методы Нея для анализа генетических различий между популяциями. Проблемы биологии продуктивных животных. 2020; 1: 91–110.

³ Кузнецов В.М. Сравнение методов оценки генетической дифференциации популяций по микросателлитным маркерам. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020; 21: 2: 169–182. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.169-182

Рис. 1. Визуализация генетической гетерогенности исследуемой выборки северных оленей, разделенной на 5 кластеров: по оси X — списочные номера животных; по оси Y — вероятности членства в кластерах: k1 — красный, k2 — зеленый, k3 — синий, k4 — желтый, k5 — сиреневый

Fig. 1. Visualization of the genetic heterogeneity of the studied sample of reindeer, divided into 5 clusters: on the X axis — the list numbers of animals; on the Y axis — the probability of membership in clusters: k1 — red, k2 — green, k3 — blue, k4 — yellow, k5 — lilac

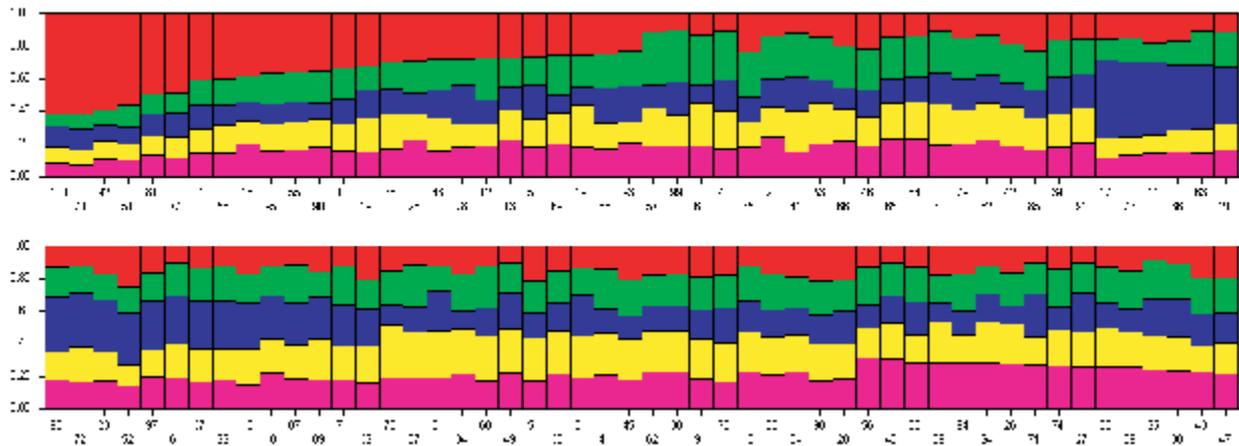


Таблица 1. Численность и показатели вероятностей кластерной принадлежности особей

Table 1. The number and probability indicators of cluster membership of individuals

k	N	Q (апостериорная вероятность)		
		min	max	mean
1	25	0,288	0,610	0,366
2	20	0,213	0,324	0,265
3	19	0,229	0,481	0,328
4	20	0,214	0,325	0,257
5	16	0,217	0,318	0,270

Проведенная в программе GenAIEx генетическая оценка показала (табл. 2), что в исследованной выборке присутствуют 119 аллелей (в среднем по 7,438 на локус). Максимальное количество наблюдаемых микросателлитов пришлось на k5 (6,188), минимальное — на k3 (5,188). Число эффективных аллелей было наибольшим в k5 (3,903), наименьшим — в k1 (3,110). Одновременно первый кластер по значению индекса Шеннона характеризовался меньшим генетическим разнообразием ($I = 1,202$), пятый — напротив, максимальным ($I = 1,414$). В целом уровень аллельного разнообразия исследуемой популяции составил 1,413. Наблюдаемая средняя гетерозиготность особей в k5 была выше на 0,083, чем в k1, а ожидаемая — на 0,074. Разница несмещенного показателя ожидаемой гетерозиготности между 1 и 5 кластерами составила 0,051.

Оценка F-статистики показала, что по k1, k4 и k5 присутствовал незначительный избыток гетерозигот (-0,061–0,029), по k2 и k3 установили соответствие наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности. В целом по Pop отмечена небольшая редукция гетерозигот, что косвенно указывает на присутствие незначительного инбридинга и снижения генетического разнообразия в исследуемой выборке северных оленей.

Полокусный анализ соответствия наблюдаемого распределения частот генотипов ожидаемому по закону Харди — Вайнберга показал (табл. 3), что по всем кластерам, за исключением локуса C276 k2 ($p \leq 0,05$), отсутствуют значимые отклонения. В целом в Pop установили статистически значимое отклонение наблюдаемого распределения генотипов от ожидаемого по локусам RT6 ($p \leq 0,05$), RT24 ($p \leq 0,001$) и C217 ($p \leq 0,05$).

Таблица 2. Характеристика популяции северных оленей, подразделенных на кластеры по основным генетическим показателям

Table 2. Characteristics of the reindeer population divided into clusters according to the main genetic indicators

k		Na	Ne	I	Ho	He	uHe	F _{is}
1 (n=25)	X	5,625	3,110	1,202	0,608	0,591	0,603	-0,029
	Sx	0,625	0,347	0,135	0,066	0,058	0,060	0,043
2 (n=19)	X	6,250	3,715	1,356	0,635	0,631	0,648	0,002
	Sx	0,574	0,474	0,142	0,066	0,060	0,062	0,033
3 (n=20)	X	5,188	3,436	1,269	0,638	0,632	0,648	0,001
	Sx	0,614	0,364	0,138	0,064	0,055	0,056	0,040
4 (n=20)	X	5,875	3,453	1,303	0,656	0,621	0,637	-0,061
	Sx	0,515	0,390	0,135	0,065	0,061	0,062	0,024
5 (n=16)	X	6,188	3,903	1,414	0,691	0,665	0,686	-0,032
	Sx	0,702	0,463	0,141	0,061	0,053	0,055	0,037
Pop (n=100)	X	7,438	3,827	1,413	0,642	0,651	0,654	0,017
	Sx	0,713	0,453	0,143	0,059	0,057	0,057	0,010

Таблица 3. Значимость (P) различий нарушения равновесия по Харди — Вайнбергу (HWE) для каждой комбинации «выборка — локус»

Table 3. Significance (P) of the Hardy–Weinberg (HWE) imbalance differences for each “sample — locus” combination

Локус	Кластеры					Pop
	1	2	3	4	5	
BMS1788	0,976	0,741	0,733	0,080	0,271	0,327
RT30	0,141	0,948	0,438	0,844	1,000	0,999
RT1	0,982	0,360	0,902	0,065	0,390	0,517
RT9	0,918	0,462	0,515	0,194	0,711	0,587
C143	0,545	0,967	0,831	0,939	0,460	0,474
RT7	0,284	0,980	0,723	0,577	0,985	0,985
ONEQ	0,828	0,969	0,954	0,974	0,957	0,979
FCB193	0,811	0,440	0,535	0,709	0,581	0,695
RT6	0,928	0,887	0,789	0,996	0,111	0,027
RT24	0,179	0,734	0,926	0,649	0,013	0,000
BMS745	0,379	0,142	0,128	0,987	0,262	0,311
NVHRT16	0,091	0,603	0,523	0,804	0,381	0,492
T40	0,652	0,578	0,876	0,771	0,650	0,598
C276	0,999	0,011	0,954	0,996	0,463	0,095
C217	0,853	0,934	0,274	0,285	0,019	0,023
C32	–	0,906	–	–	0,920	0,916

Анализ специфичных для каждого кластера аллелей показал (табл. 4), что по k1 и k2 выявлены по 2 приват-аллеля: по локусам Rt6 и C276 с суммарной частотой 0,060; Rt7²⁴⁰ и FCB193¹³⁸ с общей частотой 0,079 соответственно. Встречаемость 3 приват-аллелей в k4 составила 0,100, которые находились в локусах Rt1, BMS745, NVHRT16. Пятый кластер характеризовался максимальным значением частот специфичных микросателлитов ($\Sigma q = 0,219$), находящихся в 5 локусах: BMS1788, Rt30, Rt7, OheQ, Rt24. В отличие от других кластеров, k3 не имел приват-микросателлитов, что, по-видимому, обусловлено высокой генетической гомогенностью и наименьшим аллельным разнообразием животных данной группы.

Оценка генетического сходства между сформированными группами показала, что минимальная генетическая дистанция, рассчитанная по Нею (табл. 5, рис. 2), установлена между k2 и k4 (0,043), максимальная — между k2 и k3 (0,119). Вариация несмещенных оценок генетической дивергенции по Нею была ниже некорректированных, а между k2 и k4 вообще отсутствовала. Парные оценки генетических дистанций между группами (кластерами), рассчитанные разными методами, дали сходные результаты ранжирования величин генетического различия.

Сравнение аллельных характеристик между отдельными кластерами и популяцией в целом с использованием различных статистических подходов выявило некоторые различия. Так, стандартная генетическая дистанция Нея характеризовалась наибольшим значением при сравнении Pop с k3 ($D_N = 0,049$), а наименьшим — Pop с k2 ($D_N = 0,025$), при этом, по несмещенной оценке, различий по парам Pop-k2 и Pop-k5 не выявили ($uD_N = 0,000$). Выраженная удаленность k3 от популяции в целом подтверждает высокую внутреннюю генетическую гомогенность и низкую аллельную дифференциацию животных данного кластера.

Дистанция между популяцией и кластерами, основанная на индексе фиксации, была максимальной по парам Pop-k1 ($F_{st} = 0,013$) и Pop-k3 ($F_{st} = 0,013$), минимальной — по Pop-k2 ($F_{st} = 0,007$). G_{st} -статистика между выборками P-k1 и P-k3 была наибольшей ($G_{st} = 0,006$), а по Pop-k2 и Pop-k5 — наименьшей ($G_{st} = -0,001$). Нормированные оценки коэффициентов генной дифференциации по Нею (G_{stN}) и Хедрику (G_{stH} , G_{st}^*) имели сходную закономерность. D_{est} -статистика показала максимальную генетическую дифференциацию между Pop-k1 и Pop-k3 ($D_{est} = 0,021$), минимальную — для Pop-k2 ($D_{est} = -0,004$).

Выводы/Conclusions

Деление популяции с помощью программы Structure 2.3.4 на 5 кластеров позволило с невысокой вероятностью членства в собственном кластере сформировать генетически дифференцированные группы особей, из которых наибольшим аллельным разнообразием обладали животные, отнесенные к k5, а наименьшим — к k1.

Кластеризация позволила выявить приват-аллели, наибольшее количество которых было характерно для k5. Используя различные способы оценки генетического различия, наиболее дистанцированными по отношению к аллелофонду исследованной популяции можно считать k1 и k3.

По стаду северных оленей ненецкой породы Ямальской опытной станции в целом наблюдали незначительную редукцию гетерозигот, минимизировать которую

Таблица 4. Приват-аллели, выявленные у генотипированных особей, разделенных на кластеры

Table 4. Private alleles identified in genotyped individuals divided into clusters

Кластер	Локусы	Микросателлит	q	Σq
1	Rt6	186	0,020	0,060
	C276	259	0,040	
2	Rt7	240	0,053	0,079
	FCB193	138	0,026	
4	Rt1	267	0,050	0,100
	BMS745	330	0,025	
	NVHRT16	142	0,025	
5	BMS1788	150	0,031	0,219
	Rt30	223	0,031	
	Rt7	254	0,063	
	OheQ	299	0,031	
	Rt24	248	0,063	

Рис. 2. Визуализация генетических дистанций (DN) между группами, сформированными в кластерах

Fig. 2. Visualization of genetic distances (DN) between groups formed in clusters

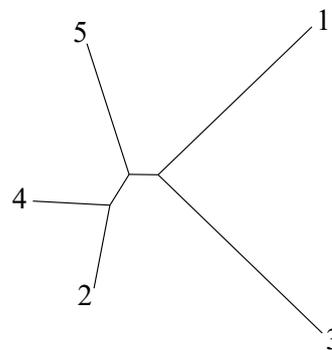


Таблица 5. Результаты оценки генетических дистанций между группами (кластерами)

Table 5. The results of the assessment of genetic distances between groups (clusters)

k	D_N	uD_N	F_{st}	G_{st}	G_{stN}	G_{stH}	G_{st}^*	D_{est}
k-1								
2	0,090	0,051	0,027	0,015	0,030	0,066	0,080	0,052
3	0,119	0,081	0,035	0,023	0,045	0,101	0,121	0,079
4	0,102	0,066	0,028	0,016	0,032	0,070	0,084	0,054
5	0,099	0,051	0,028	0,015	0,030	0,071	0,085	0,057
k-2								
3	0,101	0,055	0,027	0,014	0,028	0,066	0,078	0,052
4	0,043	0,000	0,012	0,000	-0,001	-0,002	-0,003	-0,002
5	0,060	0,003	0,016	0,001	0,002	0,006	0,007	0,005
k-3								
4	0,098	0,054	0,027	0,015	0,029	0,067	0,080	0,053
5	0,101	0,046	0,026	0,011	0,023	0,057	0,068	0,046
k-4								
5	0,064	0,009	0,017	0,003	0,007	0,016	0,020	0,013
Pop								
1	0,039	0,020	0,013	0,006	0,012	0,027	0,033	0,021
2	0,025	0,000	0,007	-0,001	-0,002	-0,005	-0,006	-0,004
3	0,049	0,021	0,013	0,006	0,011	0,026	0,031	0,021
4	0,028	0,002	0,008	0,000	0,001	0,002	0,003	0,002
5	0,034	0,000	0,009	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	-0,002

можно путем целенаправленного отбора и подбора особей в зависимости от их индивидуальных генотипов или принадлежности группы особей к кластеру, установленных по результатам кластерного анализа.

В целом проведенные исследования полиморфизма микросателлитов показали, что генотипированная выборка северных оленей ненецкой породы представляет генетически слабодифференцированный массив.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России № FWRZ-2024-0002.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. FWRZ-2024-0002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Южаков А.А., Романенко Т.М., Лайшев К.А. Новые знания, методы и модели в разведении, экологии и эпизоотологии северных оленей. СПб.: Северо-Западный центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения. 2018; 72. ISBN 978-5-9905152-9-1 <https://elibrary.ru/uxxmiy>
- Романенко Т.М., Митюков А.С. Экстерьерные особенности северных оленей острова Колгуев и Малоземельской тундры в сравнительном аспекте. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2011; 24: 113–118. <https://elibrary.ru/pgfvrf>
- Романенко Т.М., Вылко Ю.П. Краниологическая характеристика северных оленей (*Rangifer tarandus*) ненецкой породы Тиманской и Большеземельской тундры Ненецкого АО. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (12): 110–114. <https://doi.org/10.17513/mjpf.12964>
- Зуев С.М., Деттер Г.Ф. Селекционно-племенная работа в северном оленеводстве Ямало-Ненецкого автономного округа. *Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа*. 2021; (2): 27–45. <https://doi.org/10.26110/ARCTIC.2021.111.2.002>
- Глазко В.И. Проблемы «селекции с помощью маркеров» (MAS). *Farm animals*. 2013; (2): 16–22. <https://elibrary.ru/qjczmf>
- van de Goor L.H.P., Panneman H., van Haeringen W.A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci. *Animal Genetics*. 2009; 40(5): 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01891.x>
- Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle. *Annals of Animal Science*. 2009; 9(2): 119–125.
- Харзинова В.Р. и др. Разработка мультиплексной панели микросателлитов для оценки достоверности происхождения и степени дифференциации популяций северного оленя *Rangifer tarandus*. *Сельскохозяйственная биология*. 2015; 50(6): 756–765. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.756rus>
- Кол Н.В., Королев А.Л., Захаров И.А. Полиморфизм митохондриальной ДНК в тувинской популяции северного оленя (*Rangifer tarandus* L.). *Генетика*. 2006; 42(1): 110–112. <https://elibrary.ru/htefyf>
- Королев А.Н. и др. Полиморфизм контрольного региона мтДНК северных оленей (*Rangifer tarandus*) материковой части европейского северо-востока. *Зоологический журнал*. 2017; 96(1): 106–118. <https://doi.org/10.7868/S0044513417010147>
- Харзинова В.Р., Денискова Т.Е., Сермягин А.А., Доцев А.В., Соловьева А.Д., Зинovieva Н.А. Эволюция методов оценки биоразнообразия северного оленя (*Rangifer tarandus*) (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(6): 1083–1093. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1083rus>
- Матюков В.С. К географии и экологической генетике северного оленя (*Rangifer tarandus*). *Актуальные вопросы развития сельского хозяйства. Материалы круглого стола с международным участием «Актуальные вопросы развития сельского хозяйства», научного совещания «Современное состояние, проблемы и перспективы развития овцеводства на Крайнем Севере России», Межрегиональной научно-практической конференции «Печорская сельскохозяйственная опытная станция: историческое развитие, современное состояние», V Межрегионального интеллектуального форума «Инновационный потенциал — будущее регионов России», посвященный 115-летию Печорской естественно-исторической станции Императорской академии наук, 110-летию Печорской сельскохозяйственной опытной станции, 100-летию Республики Коми. Сыктывкар: Коми республиканская академия государственной службы и управления. 2021; 90–100. <https://doi.org/10.19110/93206-022-17>*
- Николаев С.В., Матюков В.С., Филатов А.В. Изменения микросателлитного профиля в опытной стаде северных оленей ненецкой породы. *Международный вестник ветеринарии*. 2023; (3): 275–283. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.275>

ОБ АВТОРАХ

Семён Викторович Николаев

кандидат ветеринарных наук, заведующий лабораторией северного оленеводства semen.nikolaev.90@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Валерий Самуилович Матюков

кандидат биологических наук, научный сотрудник nipti38@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-3504-6864>

Андрей Викторович Филатов

доктор ветеринарных наук, научный сотрудник fav6819@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4557-844x>

Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. им. Малыгина, 86, Тюмень, 625026, Россия

REFERENCES

- Yuzhakov A.A., Romanenko T.M., Laishev K.A. New knowledge, methods and models in breeding, ecology and epizootology of reindeer. St. Petersburg: North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance. 2018; 72 (in Russian). ISBN 978-5-9905152-9-1 <https://elibrary.ru/uxxmiy>
- Romanenko T.M., Mityukov A.S. Exterior features of the reindeer of Kolguev Island and the Little Earth tundra in a comparative aspect. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2011; 24: 113–118 (in Russian). <https://elibrary.ru/pgfvrf>
- Romanenko T.M., Vylko Yu.P. Craniological characteristic of reindeer (*Rangifer tarandus*) of Nenets of Timan and Bolshezemelskaya Tundra of Nenets AO. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2019; (12): 110–114 (in Russian). <https://doi.org/10.17513/mjpf.12964>
- Zuev S.M., Detter G.F. Selection and breeding work in reindeer husbandry of the Yamal-Nenets Autonomous District. *Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District*. 2021; (2): 27–45 (in Russian). <https://doi.org/10.26110/ARCTIC.2021.111.2.002>
- Glazko V.I. Problems of marker assistant selection. *Farm animals*. 2013; (2): 16–22 (in Russian). <https://elibrary.ru/qjczmf>
- van de Goor L.H.P., Panneman H., van Haeringen W.A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci. *Animal Genetics*. 2009; 40(5): 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01891.x>
- Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle. *Annals of Animal Science*. 2009; 9(2): 119–125.
- Kharzinova V.R. et al. Development of multiplex microsatellite panel to assess the parentage verification in and differentiation degree of reindeer populations (*Rangifer tarandus*). *Agricultural Biology*. 2015; 50(6): 756–765. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.6.756eng>
- Kol N.V., Korolev A.L., Zakharov I.A. Mitochondrial DNA polymorphism in Tuvinian population of reindeer *Rangifer tarandus* L. *Russian Journal of Genetics*. 2006; 42(1): 94–96. <https://doi.org/10.1134/S1022795406010145>
- Korolev A.N. et al. Polymorphism of the mtDNA Control Region in Reindeer (*Rangifer tarandus*) from the Mainland of the Northeastern Part of European Russia. *Biology Bulletin*. 2017; 44(8): 882–893. <https://doi.org/10.1134/S1062359017080106>
- Kharzinova V.R., Deniskova T.E., Sermyagin A.A., Dotsev A.V., Solovyova A.D., Zinovieva N.A. Evolution of the methods for estimation biodiversity in reindeer (*Rangifer tarandus*) (review). *Agricultural Biology*. 2017; 52(6): 1083–1093. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1083eng>
- Matyukov V.S. On the genogeography and ecological genetics of the reindeer (*Rangifer tarandus*). *Current issues of agricultural development. Materials of the round table with international participation "Topical issues of agricultural development", scientific meeting "Current state, problems and prospects of sheep breeding in the Far North of Russia", Interregional scientific and practical conference "Pechora Agricultural Experimental Station: historical development, current state", V Interregional Intellectual Forum "Innovative Potential — the Future of Russian Regions" dedicated to the 115th anniversary of the Pechora Natural History Station of the Imperial Academy of Sciences, The 110th anniversary of the Pechora Agricultural Experimental Station, the 100th anniversary of the Komi Republic. Syktyvkar: Komi Republican Academy of State Service and Administration. 2021; 90–100 (in Russian). <https://doi.org/10.19110/93206-022-17>*
- Nikolaev S.V., Matyukov V.S., Filatov A.V. Changes in the microsatellite profile in an experimental herd of Nenets reindeer. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023;(3): 275–283 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.275>

ABOUT THE AUTHORS

Semyon Viktorovich Nikolaev

Candidate of Veterinary Sciences, Head of the Laboratory of Reindeer Husbandry semen.nikolaev.90@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Valery Samuilovich Matyukov

Candidate of Biological Sciences, Researcher Associate nipti38@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-3504-6864>

Andrey Viktorovich Filatov

Doctor of Veterinary Sciences, Researcher Associate fav6819@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4557-844x>

Federal Research Center "Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 86 Malygin Str., Tyumen, 625026, Russia

УДК 633.63 : 631.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91

Т.В. Вострикова ✉

М.А. Богомолов

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, Воронежская обл., Россия

✉ tanyavostric@rambler.ru

Поступила в редакцию: 15.06.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Вострикова Т.В., Богомолов М.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91

Tatyana V. Vostrikova ✉

Mikhail A. Bogomolov

A.L. Mazlumov All-Russian Scientific Research Institute of Sugar Beet and Sugar, VNISS village, Voronezh Region, Russia

✉ tanyavostric@rambler.ru

Received by the editorial office: 15.06.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Vostrikova T.V., Bogomolov M.A.

Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время на территории Российской Федерации, в том числе в Центральном Черноземье, отмечаются климатические аномалии, к которым адаптируются культурные растения.

Цель исследования — оценка адаптивных реакций гибридных комбинаций сахарной свеклы по признакам продуктивности на контрастные погодные условия.

Методы. Мужскостерильные (МС) раздельноплодные формы сахарной свеклы скрещивали с фертильными диплоидными сростноплодными опылителями (селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова). У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности по стандартным методикам. Под признаками продуктивности подразумевали урожайность, сахаристость и сбор сахара.

Результаты. Оценены адаптивные реакции гибридных комбинаций на природно-климатические колебания в условиях Центрального Черноземья. Отмечены снижение содержания сахара в корнеплодах в годы с избыточным увлажнением и его повышение в засушливые годы. Установлено увеличение урожайности сахарной свеклы с возрастанием гидротермического коэффициента (ГТК). Проведен отбор линий сахарной свеклы на устойчивость к комплексу неблагоприятных природно-климатических факторов по признакам продуктивности. Выделены гибридные комбинации с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона. Отобраны экологически пластичные и засухоустойчивые биотипы с высокой продуктивностью.

Ключевые слова: сахарная свекла, гибрид, мужскостерильные формы, комбинационная способность, адаптивные реакции

Для цитирования: Вострикова Т.В., Богомолов М.А. Влияние комплекса природно-климатических факторов на адаптивные реакции гибридных комбинаций сахарной свеклы. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 87–91.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91>

The complex influence of natural and climatic factors on adaptive reactions in hybrid combinations of sugar beet

ABSTRACT

Relevance. Currently, climatic anomalies are observed on the territory of the Russian Federation, including in the Central Chernozem region, to which cultivated plants adapt.

The aim of the study is to evaluate the adaptive reactions of hybrid sugar beet combinations based on productivity characteristics to contrasting weather conditions.

Methods. Male-sterile (MS) separate-fruited forms of sugar beet were crossed with fertile diploid cross-fruited pollinators (selection of the A.L. Mazlumov VNISS). The obtained hybrids were evaluated for signs of productivity using standard methods. The signs of productivity meant yield, sugar content and sugar collection.

Relevance. Currently, on the territory of the Russian Federation, including in the Central Black Earth Region, there are climatic anomalies to which cultivated plants adapt. The purpose of the study was to evaluate the adaptive responses of sugar beet hybrid combinations to the contrast weather conditions in signs of productivity.

Key words: sugar beet, hybridization, male-sterile forms, combining ability, adaptive responses

For citation: Vostrikova T.V., Bogomolov M.A. The complex influence of natural and climatic factors on adaptive reactions in hybrid combinations of sugar beet. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 87–91 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-87-91>

Введение/Introduction

Среди глобальных экологических проблем в последние годы упоминают не только засуху, но и избыточное увлажнение и значительные температурные колебания. Важнейшим условием произрастания видов растений в неблагоприятных условиях внешней среды является их устойчивость к действию абиотических и биотических стрессоров, достигаемая за счет механизмов избежания и толерантности [1].

Селекцию по признаку устойчивости к неблагоприятным факторам среды проводили у зерновых [2–4], плодовых [5, 6] и овощных культур [7, 8]. Было замечено, что в структуре адаптивного потенциала культурных растений наиболее сходными оказываются реакции экологической устойчивости, а признаки продуктивности (урожайность и др.) специфичны [1]. Однако отмечалось, что урожайность растения и его толерантность к неблагоприятным факторам характеризуются отрицательной генетической корреляцией, поскольку к их созданию привлекаются одни и те же метаболиты, но перераспределенные по разным направлениям [5].

Отбор по признакам продуктивности и стабильности на различных этапах селекционного процесса основан на оценке общей и специфической адаптивной способности генотипов и их экологической стабильности [8]. Например, проведенное исследование озимой пшеницы, тритикале и ржи по изменчивости количественных признаков в условиях окружающей среды Северного Зауралья (Россия) в течение 2019–2020 и 2020–2021 годов показало улучшенные урожаи первой даже при неблагоприятных экологических условиях [9]. С другой стороны, в те же годы (2019–2020 гг.) в Пакистане были произведены эксперименты, выделены редкие генотипы пшеницы, продемонстрировавшие лучшие результаты по урожайности и связанным с ней признакам (урожайность основного колоса, зерна с колоса и масса 1000 зерен) и рекомендованы в качестве засухоустойчивых [3].

Одной из важнейших культур является сахарная свекла (*Beta vulgaris* L.), селекции которой в мировой практике [10, 11] (и в Центральном Черноземье, в частности) уделяют особое внимание [12–14].

Топкросс — метод скрещивания, применяемый для определения общей (ОКС) или специфической (СКС) комбинационной способности инцухт-линий или сортов в селекции на гетерозис, в котором изучаемые линии либо сорта скрещивают с тестером или анализатором [12–16].

При определении СКС методом топкросса в качестве тестеров используют инбредные линии или простые гибриды с известной генетической основой [14–17]. Однако в результате использования линии в качестве тестера можно определить ОКС, выделить линии с высокой СКС, а также за одно тестирование получить перспективные гибриды с высоким уровнем гетерозиса и продуктивности, повысив этим результативность селекционной работы [14–17].

Например, анализ скрещиваний линии × тестер проявил себя как эффективный метод оценки общей и специфической комбинационной способности кунжута (*Sesamum indicum* L.)

по признакам дробления, урожайности и качества масла, для отбора толерантных и чувствительных образцов [18].

По мнению В.В. Волгина, для оценки ОКС лучшими тестерами являются мужскостерильные (МС) раздельноплодные формы сахарной свеклы [14]. Дикие виды являются источником не только признаков, совершенствующих адаптивность к биотическим и абиотическим факторам среды, но и таких, которые принципиально изменяют жизненно важные системы развития и формирования растений, влияют на продуктивные и качественные показатели, вследствие чего возможно изменение селекционных технологий [13]. Примером служит линия МС-2113, полученная от скрещивания культурной свеклы с дикой формой, пыльца которой была подвергнута гамма-облучению. Являясь инбредной, эта линия вполне удовлетворяет требованию, предъявляемому к тестерам, используемым в методе топкросс [14–17]. В более ранних исследованиях МС-2113 проявляла высокую комбинационную способность [12, 13].

Цель исследования — оценка адаптивных реакций гибридных комбинаций сахарной свеклы на контрастные погодные условия по признакам продуктивности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2014–2018 гг. в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова», который находится на территории Центрального Черноземья.

Сроки посевов семян сахарной свеклы на селекционном поле в годы проведения исследований были стандартными: конец апреля — начало мая. Посев осуществляли свекловичной сеялкой ССТ-12А («Белинское сельмаш», Россия). Размер селекционной делянки составлял 54 м². Сроки уборки — октябрь.

Полевые опыты были заложены согласно методике Б.А. Доспехова¹. Применены приемы агротехники и внесения удобрений согласно рекомендациям А.Л. Мазлумова².

Адаптивные реакции растений зависят от сочетания температуры и влажности. В качестве меры засухи широко используется гидротермический коэффициент (ГТК) Г.Т. Селянинова³, характеризующий соотношение тепла и влаги. Интенсивность засухи определяли по ГТК и классификации засух Е.А. Черенковой, А.Н. Золотокрылина⁴ в Центральном Черноземье на основе данных ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» (табл. 1).

Использовали мужскостерильную форму сахарной свеклы (селекции ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова) в качестве тестера и скрещивали ее с фертильными

Таблица 1. Гидротермические коэффициенты в Центральном Черноземье
Table 1. Hydrothermal coefficients in the Central Black Earth Region

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Среднее
2014	1,8	0,7	1,5	0,05	0,55	0,08	0,68	0,77
2015	4,0	0,75	1,1	1,6	0,33	0,32	3,1	1,0
2016	6,1	1,3	0,7	0,5	1,0	1,2	1,7	1,8
2017	1,9	2,6	1,4	1,9	2,1	1,4	6,0	2,5
2018	1,2	0,6	0,6	0,9	0,2	0,9	1,4	0,8
Многолетний	2,4	1,0	1,1	1,1	0,9	1,6	5,6	2,0

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 351.

² Мазлумов А.Л. Селекция сахарной свеклы. М.: Бета. 1996; 208.

³ Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928; 20: 165–177.

⁴ Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи. Фундаментальная и прикладная климатология. 2016; 2: 79–94.

диплоидными сростноплодными опылителями (той же селекции). У полученных гибридов оценивали признаки продуктивности: урожайность, сахаристость и сбор сахара. Стандартом служил иностранный гибрид Баккара (оригинатор Mezon Florimond Desprez, Франция).

Оценку урожайности и сахаристости линий сахарной свеклы проводили путем взятия средней пробы с делянки согласно ГОСТ 33884-2016⁵. Содержание сахара в корнеплодах определяли методом холодного водного дигерирования по Инструкции⁶. Анализ корнеплодов для определения массы корнеплода и сахаристости проводили на автоматизированной линии Venema (Venema Automation b. v., Нидерланды).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В разных природно-климатических условиях одна и та же гибридная комбинация сахарной свеклы может иметь различные признаки продуктивности (урожайность, сахаристость). В 2014 году отмечались засушливые погодные условия (табл. 1), но анализируемые линии сахарной свеклы показали превышение стандарта по урожайности, следовательно, по сбору сахара, что может указывать на их засухоустойчивость (табл. 2). Это справедливо в отношении и раздельноплодных и сростноплодных форм, хотя повышенным содержанием сахара отличались только сростноплодные опылители. Особенно следует выделить МС Перла и О-тип Перла, которые показали увеличение урожайности на 23–28% по сравнению со стандартом (табл. 2).

В опубликованных исследованиях ранее обсуждались особенности выращивания гибридов сахарной свеклы в условиях засухи, разработаны агротехнические приемы для почвозащитных функций и влагосберегающие технологии [19]. Были отмечены критичные периоды развития и формирования урожая свекловичных растений в зоне неустойчивого увлажнения, когда экстремальное действие факторов вызывает гибель

молодых растений в ранний период развития, а также позднее при сочетании нескольких стресс-факторов, в частности под воздействием высокой температуры и при недостатке влаги, возрастает вредоносность насекомых [20]. Необходимость анализа климата в предшествующий исследованиям период в зоне культивирования была показана и на декоративных растениях [21].

В 2016 году зафиксировано удовлетворительное годовое увлажнение с недостатком влаги в летние месяцы (табл. 1). В 2017 году летний период был прямо противоположен таковому в 2016-м, а также жаркому и засушливому в 2014-м. Типично летние температуры установились только к концу июля. Май, июль, август и особенно октябрь характеризовались избыточным увлажнением, годовой ГТК = 2,5 (табл. 1).

Избыток влаги снижает сахаристость свеклы, следовательно, и сбор сахара. Адаптивной реакцией на избыточное увлажнение является не только снижение концентрации сахаров в клетках паренхимы корнеплода, но и увеличение содержания сопутствующих веществ, зольных элементов (несахаров) — альфа-амино азота, калия, натрия, которые снижают технологические качества корнеплодов и увеличивают потери сахара [11].

В 2018 году, наоборот, годовой ГТК составил 0,8 (засушливый), а температуры были сходны с таковыми в 2017-м. Критичными месяцами стали май, июнь и август, а июль и сентябрь — слабо засушливыми (табл. 1).

Недостаточное увлажнение не приводит к высокой продуктивности, значительно уменьшая урожайность на 7,7 т/га в стандарте и на 6–12 т/га в гибридных комбинациях в 2018 г. по сравнению с 2017-м. Содержание сахара в корнеплодах, наоборот, увеличилось (на 0,3–0,5%) в 2018 г., хотя сбор сахара был выше (на 1–1,8 т/га) в 2017 г. за счет повышенной урожайности. Однако комбинации МС 2113 x ОП 15465, МС 2113 x ОП 15676 показали повышенную урожайность и сбор сахара, превышающий стандарт на 40–56% (табл. 3).

Таблица 2. Продуктивные признаки линий сахарной свеклы в 2014 г.

Table 2. Productive traits of sugar beet lines in 2014

Материал	Густота насаждений, тыс. га	В абсолютных показателях			В % от стандарта		
		урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара т/га	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га
Стандарт Баккара	111,3	24,18	18,45	4,46	100,0	100,0	100,0
МС 2113	104,4	26,65	17,73	4,72	110,2	96,1	105,9
О-тип 2113	95,0	25,37	17,75	4,50	104,9	96,2	100,9
МС Перла	105,0	29,81	18,00	5,37	123,3	97,6	120,3
О-тип Перла	120,6	31,16	18,15	5,65	128,8	98,4	126,8
ОП 15676	115,0	23,60	18,82	4,44	97,6	102,0	99,6
ОП 15202	110,0	28,52	18,82	5,37	118,0	102,0	120,4
ОП 15465	108,3	28,77	18,85	5,42	119,0	102,2	121,6
НСР (p < 0,05)		1,69	0,21	0,31	6,2	1,2	6,1

Таблица 3. Продуктивные признаки сахарной свеклы в 2017–2018 гг.

Table 3. Productive characteristics of sugar beet in 2017–2018

Материал	Густота насаждений, тыс. га	В абсолютных показателях			В % от стандарта		
		урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара т/га	урожайность, т/га	сахаристость, %	сбор сахара, т/га
Стандарт Баккара 2017	78,9	31,02	16,98	5,27	100,0	100,0	100,0
МС 2113 x ОП 15202	78,9	33,38	17,43	5,82	107,6	102,7	110,4
МС 2113 x ОП 15676	79,4	42,74	17,32	7,40	137,8	102,0	140,4
МС 2113 x ОП 15465	88,2	49,27	16,70	8,23	158,8	98,4	156,2
Стандарт Баккара 2018	87,8	24,71	17,42	4,32	100,0	100,0	100,0
МС 2113 x ОП 15676	86,7	36,86	17,84	6,57	150,9	102,4	152,1
МС 2113 x ОП 15465	76,1	37,28	17,18	6,40	146,8	98,6	140,0

⁵ ГОСТ 33884-16 Свекла сахарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.

⁶ Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства (утв. Министерством пищевой промышленности СССР 27.07.1981). Киев: Б. и. 1983; 476.

В итоге гибридные комбинации в 2017–2018 гг. отмечены высокой продуктивностью, учитывая противоположные условия увлажнения в год формирования семян (в 2017-м) и при выращивании из них корнеплодов (в 2018-м).

Результаты данных исследований согласовываются с работами В.В. Волгина [14], Г.Я. Кривошеева, Н.А. Шевченко, А.С. Игнатъева [22, 23] о возможности использования гомозиготных инбредных линий в качестве материнской тест-формы или тестера к опылителям. Было замечено, что специфика проявления признаков продуктивности определяется наследственными особенностями родительских линий и совокупностью их взаимодействий с факторами окружающей среды [12].

Согласно исследованиям Н.А. Базилевской и А.М. Мауринь, засухоустойчивость, жароустойчивость, морозостойкость и зимостойкость обусловлены повышением вязкости цитоплазмы⁷, то есть увеличением концентрации в ней определенных веществ, в том числе углеводов. Это общие адаптивные реакции, характерные для растений, в том числе для паренхимных клеток корнеплода сахарной свеклы, в которых происходит сахаронакопление, а содержание сахара особенно увеличивается в засушливых условиях, что отмечено другими авторами [11, 19].

Таким образом, у растений развивается устойчивость к нескольким неблагоприятным факторам окружающей среды [21] и подтверждается выдвинутая ранее гипотеза о «параллелизме стойкостей» Д.Н. Насонова и В.Я. Александрова [21]. В рамках этой концепции можно объяснить высокую засухоустойчивость некоторых линий и гибридов более высоким содержанием сахара в корнеплодах.

Анализируя одинаковые гибридные комбинации по годам, можно выделить экологически пластичный сростноплодный опылитель 15676 урожайно-сахаристого

направления, который проявлял высокую комбинационную способность с МС-формой (тестером) по признакам урожайности и сахаристости, а также опылитель 15465 урожайного направления, который особенно отзывчив на благоприятные погодные условия. Например, в 2017 г. (табл. 1) он проявил повышенную урожайность в гибридных комбинациях. Гибриды, полученные с использованием перечисленных опылителей, имели высокую урожайность и сбор сахара в контрастных погодных условиях — в засушливые годы и при избыточном увлажнении (табл. 3). При этом опылитель 15676 показал повышенную урожайность и в засушливом 2018 г.

Следует отметить сростноплодный опылитель 15202 с высокой комбинационной способностью и МС Перла сахаристого направления и признаком засухоустойчивости. Инбредные линии возможно использовать в качестве тестеров к сростноплодным опылителям.

Выводы/Conclusion

Выделены сростноплодные опылители, проявляющие высокую комбинационную способность с МС-формой (тестером) по признакам урожайности и сахаристости, в частности экологически пластичный 15676 урожайно-сахаристого направления и опылитель 15465 урожайного направления.

Отмечены снижение содержания сахара в корнеплодах в годы с избыточным увлажнением и его повышение (на 0,3–0,5%) в засушливые годы. Урожайность сахарной свеклы, наоборот, увеличивалась с возрастанием ГТК на 7,7 т/га в стандарте и на 6–12 т/га в гибридных комбинациях, сбор сахара — на 1–1,8 т/га.

Гибриды, полученные с использованием перечисленных опылителей, имели высокую урожайность и сбор сахара в контрастных погодных условиях — в засушливые годы и при избыточном увлажнении, превышающие стандарт по сбору сахара на 40–56%.

⁷ Базилевская Н.А., Мауринь А.М. Интродукция растений: Экологические и физиологические основы. Учебное пособие. Рига: Латвийский государственный университет им. Петра Стучки. 1986; 107.

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

- Жученко А.А. Роль прогнозирующих возможностей закона гомологических рядов в наследственной изменчивости при поиске адаптивно значимых и хозяйственно ценных генофондов. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2012; (4): 28–38. <https://www.elibrary.ru/pgbisl>
- Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 319–328. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
- Sial N.Y. et al. Exotic wheat genotypes response to water-stress conditions. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(2): 297–304. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.7>
- Susanto G.W.A. Estimation of gene action through combining ability for maturity in soybean. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2018; 50(1): 62–71.
- Дорошенко Т.Н., Захарчук Н.В., Рязанова Л.Г. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России. Монография. Краснодар: *Просвещение-Юг*. 2010; 140. ISBN 978-5-93491-306-0 <https://www.elibrary.ru/qcsjbx>
- Юшков А.Н., Борзык Н.В. Сравнительная оценка засухоустойчивости исходных форм яблони и вишни в природных и моделируемых условиях. *Современное садоводство*. 2013; (2): 65–70. <https://www.elibrary.ru/seienr>
- Пивоваров В.Ф., Добруцкая Е.Г., Солдатенко А.В. Экологические методы селекции на минимальное накопление радионуклидов (¹³⁷CS). *Сельскохозяйственная биология*. 2009; 44(1): 21–27. <https://www.elibrary.ru/jzfqdv>

REFERENCES

- Zhuchenko A.A. The role of predictive possibilities of homologous series law in hereditary changeability when searching both adaptively significant and valuable in agriculture gene-donors. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2012; (4): 28–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pgbisl>
- Nadeem T., Khalil I.H., Jadoon S.A. Combining ability analysis for maturity and yield attributes in sweet corn across environments. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 319–328. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.5>
- Sial N.Y. et al. Exotic wheat genotypes response to water-stress conditions. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(2): 297–304. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.2.7>
- Susanto G.W.A. Estimation of gene action through combining ability for maturity in soybean. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2018; 50(1): 62–71.
- Doroshenko T.N., Zakharchuk N.V., Ryazanova L.G. Adaptive potential of fruit plants in the south of Russia. Monograph. Krasnodar: *Prosveshcheniye-Yug*. 2010; 140 (in Russian). ISBN 978-5-93491-306-0 <https://www.elibrary.ru/qcsjbx>
- Yushkov A.N., Borzykh N.V. Comparative estimate of initial apple and cherry selected seedlings in natural and modeled conditions. *Contemporary horticulture*. 2013; (2): 65–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/seienr>
- Pivovarov V.F., Dobrutskaia E.G., Soldatenko A.V. Ecological methods of lettuce breeding on minimal accumulation of radioactive nuclide (¹³⁷CS). *Agricultural Biology*. 2009; 44(1): 21–27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jzfqdv>

8. Шумилина Д.В., Шмыкова Н.А., Бондарева Л.Л., Супрунова Т.П. Влияние генотипа и компонентов среды на эмбриогенез в культуре микроспор капуты китайской *Brassica rapa* ssp. *chinensis* сорта Ласточка. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series: Biological*. 2015; (4): 368–375. <https://doi.org/10.7868/S000233291504013X>
9. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(4): 789–802. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>
10. Abdelaal K.A.A., Rhashed S.H., Hossain A., El Sabagh A. Yield and quality of two sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Döll) cultivars are influenced by foliar application of salicylic acid, irrigation timing, and planting density. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020; 115(2): 273–282. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1159>
11. Bastaubayeva S.O., Tabybayeva L.K., Yerzhebayeva R.S., Konusbekov K., Abekova A.M., Bekbatyrov M.B. Climatic and agronomic impacts on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(1): 141–152. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.13>
12. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Оценка комбинационной способности МС-линий и многосемянных опылителей сахарной свеклы для подбора пар при скрещивании. *Сахар*. 2022; (6): 44–48. <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48>
13. Богомолов М.А., Вострикова Т.В. Сравнение продуктивности селекционного материала сахарной свеклы. *Биосфера*. 2022; 14(4): 275–276. <https://www.elibrary.ru/hexplp>
14. Волгин В.В. Рекуррентный отбор в селекции растений (обзор). *Масличные культуры*. 2012; (1): 161–171. <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
15. Гуляньшин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Результаты изучения экологической адаптивности новых раннеспелых гибридов кукурузы. *Зерновое хозяйство России*. 2014; (4): 31–36. <https://www.elibrary.ru/smxm1n>
16. Гуляньшин А.В., Анашенков С.С., Варламов Д.В. Селекция гибридов кукурузы, адаптированных к засушливым условиям юга России. *Зерновое хозяйство России*. 2013; (4): 7–11. <https://www.elibrary.ru/rcxosp>
17. Чистяков С.Н., Супрунов А.И. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы по признакам «урожайность и уборочная влажность» в топкроссных скрещиваниях. *Зерновое хозяйство России*. 2013; (1): 42–46. <https://www.elibrary.ru/pxwldf>
18. Saleem H., Sadaqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line × tester analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 367–378. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.9>
19. Логвинов А.В. и др. Особенности выращивания гибридов сахарной свеклы в условиях засухи. *Сахарная свекла*. 2020; (7): 16–21. <https://doi.org/10.25802/SB.2020.28.37.002>
20. Дерюгин В.А. Критичные периоды развития свекловичных растений на юге России. *Сахарная свекла*. 2013; (8): 10–15. <https://www.elibrary.ru/rxstqb>
21. Вострикова Т.В., Калаев В.Н., Десяткова Т.А. Влияние природно-климатических факторов и стимуляторов роста на эколого-биологические особенности львиного зева. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2012; (1): 64–70. <https://www.elibrary.ru/ozcxjl>
22. Кривошеев Г.Я., Игнатиев А.С. Оценка общей и специфической комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы в системе топкроссных скрещиваний. *Зерновое хозяйство России*. 2011; (6): 41–46. <https://www.elibrary.ru/onlpsn>
23. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Общая и специфическая комбинационная способность самоопыленных линий кукурузы по признаку «урожайность зерна». *Научный журнал КубГАУ*. 2014; 104: 664–674. <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>
8. Shumilina D.V., Shmykova N.A., Bondareva L.L., Suprunova T.P. Effect of genotype and medium culture content on microspore-derived embryo formation in Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) cv. Lastochka. *Biology Bulletin*. 2015; 42(4): 302–309. <https://doi.org/10.1134/S1062359015040135>
9. Bome N.A., Salekh S., Korolev K.P., Kolokolova N.N., Weisfeld L.I., Tetyannikov N.V. Biological potential of winter cereals in the Northern Trans-Urals, Russia. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(4): 789–802. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.4.10>
10. Abdelaal K.A.A., Rhashed S.H., Hossain A., El Sabagh A. Yield and quality of two sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* var. *altissima* Döll) cultivars are influenced by foliar application of salicylic acid, irrigation timing, and planting density. *Acta Agriculturae Slovenica*. 2020; 115(2): 273–282. <https://doi.org/10.14720/aas.2020.115.2.1159>
11. Bastaubayeva S.O., Tabybayeva L.K., Yerzhebayeva R.S., Konusbekov K., Abekova A.M., Bekbatyrov M.B. Climatic and agronomic impacts on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2022; 54(1): 141–152. <https://doi.org/10.54910/sabrao2022.54.1.13>
12. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Evaluation of the combining ability of MS lines and multigerm pollinators of sugar beet for selection of pairs in crossing. *Sakhar*. 2022; (6): 44–48 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-6-44-48>
13. Bogomolov M.A., Vostrikova T.V. Comparing the productivity of sugar beet breeding material. *Biosphere*. 2022; 14(4): 275–276 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hexplp>
14. Volgin V.V. Recurrent selection in plant breeding. *Oil Crops*. 2012; (1): 161–171 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pbmqyb>
15. Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S., Varlamov D.V. Study results of ecological adaptability of new early ripening hybrids of maize. *Grain Economy of Russia*. 2014; (4): 31–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/smxm1n>
16. Gulnyashkin A.V., Anashenkov S.S., Varlamov D.V. Selection of maize hybrids adapted to dry conditions of the south of Russia. *Grain Economy of Russia*. 2013; (4): 7–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rcxosp>
17. Chistyakov S.N., Suprunov A.I. Evaluation of combining ability of new lines of maize according to productivity and harvesting moisture in top-cross hybridizations. *Grain Economy of Russia*. 2013; (1): 42–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pxwldf>
18. Saleem H., Sadaqat H.A., Razzaq H., Chattha A.A., Khan S.H. Heterotic grouping with combining ability and gene action in *Sesamum indicum* L. using line × tester analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2023; 55(2): 367–378. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.2.9>
19. Logvinov A.V. et al. Features of growing hybrids of sugar beet in the conditions of drought. *Sakhar'naya svekla*. 2020; (7): 16–21 (in Russian). <https://doi.org/10.25802/SB.2020.28.37.002>
20. Deryugin V.A. The critical periods of development beet crops plants in the south of Russia. *Sakhar'naya svekla*. 2013; (8): 10–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rxstqb>
21. Vostrikova T.V., Kalaev V.N., Devyatova T.A. The influence of nature-climatic factors and growth stimulators for ecologo-biological characteristics of greater smadragon. *Proceeding of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2012; (1): 64–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ozcxjl>
22. Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S. Evaluation of total and specific combinative capacity of new self-pollinated lines of maize in top cross hybridization system. *Grain Economy of Russia*. 2011; (6): 41–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/onlpsn>
23. Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A. General and specific combination ability of self-pollinated maize lines on the basis of “grain yield”. *KubGAU Scientific Journal*. 2014; 104: 664–674 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tfwsrd>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Валентиновна Вострикова

кандидат биологических наук, научный сотрудник
tanyavostric@rambler.ru
<http://orcid.org/0000-0002-0951-0942>

Михаил Алексеевич Богомолов

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
bogomolov47@bk.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6131-8109>

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, пос. ВНИИСС, 86, Рамонский р-н, Воронежская обл., 396030, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatyana Valentinovna Vostrikova

Candidate of Biological Sciences, Researcher
tanyavostric@rambler.ru
<http://orcid.org/0000-0002-0951-0942>

Mikhail Alekseevich Bogomolov,

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher
bogomolov47@bk.ru
<http://orcid.org/0000-0001-6131-8109>

A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, 86 VNISS, Ramonsky district, Voronezh region, 396030, Russia

А.Ю. Уколова ✉
М.А. Кузнецова
Т.И. Сметанина
В.Н. Демидова
М.Д. Ерохова
А.Н. Рогожин

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
раб. пос. Большие Вязёмы,
Московская обл., Россия

✉ anukolova@mail.ru

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Уколова А.Ю., Кузнецова М.А., Сметанина Т.И.,
Демидова В.Н., Ерохова М.Д., Рогожин А.Н.

Anastasia Yu. Ukolova ✉
Maria A. Kuznetsova
Tatiana I. Smetanina
Valentina N. Demidova
Maria D. Erokhova
Alexander N. Rogozhin

All-Russian Research Institute of
Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Moscow
region, Russia

✉ anukolova@mail.ru

Received by the editorial office: 07.05.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Ukolova A.Yu., Kuznetsova M.A., Smetanina T.I.,
Demidova V.N., Erokhova M.D., Rogozhin A.N.

Эффективность применения биостимулятора-антистрессанта «ЭкселГроу» в сочетании с фунгицидами для снижения вредоносности ранней пятнистости, вызванной грибами рода *Alternaria* и повышения урожайности картофеля

РЕЗЮМЕ

Ранняя пятнистость, вызванная комплексом грибов рода *Alternaria*, становится серьезной проблемой для картофелеводов во многих регионах России. Поражение надземной части растений картофеля альтернариозом и дальнейшее преждевременное ее отмирание приводят к существенным потерям урожая. Абиотические и биотические факторы, ослабляющие растения картофеля, способствуют более активному развитию альтернариоза. В статье приведены новые экспериментальные данные, показывающие, что обработка вегетирующих растений картофеля биоорганическим удобрением «ЭкселГроу» в дозе 1 л/га способствует снижению вредоносности болезни и повышению урожайности картофеля. При этом было установлено, что трехкратное применение «ЭкселГроу» в дозе 1 л/га в баковой смеси с фунгицидами «Миравис» 0,35 л/га, «Ревус Топ» 0,6 л/га, «Сигнум» 0,3 кг/га, направленное на снижение вредоносности альтернариоза, повышает эффективность фунгицидной защиты посадок картофеля от болезни, что в конечном результате обеспечивает достоверную прибавку урожая и товарность клубней.

Ключевые слова: альтернариоз, картофель, фунгициды, биопрепараты, *Ascophyllum nodosum*

Для цитирования: Уколова А.Ю., Кузнецова М.А., Сметанина Т.И., Демидова В.Н., Ерохова М.Д., Рогожин А.Н. Эффективность применения биостимулятора-антистрессанта «ЭкселГроу» в сочетании с фунгицидами для снижения вредоносности ранней пятнистости, вызванной грибами рода *Alternaria* и повышения урожайности картофеля. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 92–98. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-92-98>

The effectiveness of the biostimulator-antistressant “ExcelGrow” in combination with fungicides to reduce the harmfulness of early spotting caused by fungi of the genus *Alternaria* and increase potato yields

ABSTRACT

Early spotting caused by a complex of fungi of the genus *Alternaria* is becoming a serious problem for potato growers in many regions of Russia. The defeat of the aboveground part of potato plants by alternariasis and its further premature death lead to significant crop losses. Abiotic and biotic factors that weaken potato plants contribute to the more active development of alternariasis. The article presents new experimental data showing that the treatment of vegetative potato plants with bioorganic fertilizer “ExcelGrow” at a dose of 1 l/ha helps to reduce the harmfulness of the disease and increase potato yields. At the same time, it was found that the triple use of “ExcelGrow” at a dose of 1 l/ha in a tank mixture with the fungicides “Miravis” 0.35 l/ha, “Revus Top” 0.6 l/ha, “Signum” 0.3 kg/ha, aimed at reducing the harmfulness of alternariasis, increases the effectiveness of fungicidal protection of potato plantings from diseases, which in the end result ensures a reliable increase in yield and marketability of tubers.

Key words: early blight (*Alternaria*), potato, fungicides, biopesticides, *Ascophyllum nodosum*

For citation: Ukolova A.Yu., Kuznetsova M.A., Smetanina T.I., Demidova V.N., Erokhova M.D., Rogozhin A.N. The effectiveness of the biostimulator-antistressant “ExcelGrow” in combination with fungicides to reduce the harmfulness of early spotting caused by fungi of the genus *Alternaria* and increase potato yields. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 92–98 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-92-98>

Введение/Introduction

В последние годы альтернариоз (ранняя пятнистость) картофеля, вызываемый патогенным комплексом грибов рода *Alternaria*, становится серьезной проблемой для картофелеводов во многих регионах России. Заболевание распространено повсеместно, но наибольший ущерб наносит культурам в южных регионах страны.

В отдельные сезоны, благоприятные для развития альтернариоза, потери урожая могут достигать 40% [1]. Основная причина снижения урожая от этой болезни — преждевременное отмирание ботвы¹ [1]. Повреждаются листья, стебли, клубни. На листьях, начиная с нижних, за 15–20 дней до цветения появляются округлые коричневые (или темно-бурые) пятна. Часто с концентрической зональностью. Пораженные участки листьев становятся сухими, закручиваются дольками вверх и легко ломаются. Через 3–4 недели на них можно заметить содержащий споры бархатистый налет оливкового цвета. На поверхности клубня — резко отличающиеся от здоровой части вдавленные пятна неправильной формы, более темные, чем кожура. На разрезе в местах некрозов ткани клубня загнивают по типу сухой гнили, превращаясь в плотную, твердую, сухую черновато-коричневую массу, резко отличающуюся от здоровой ткани. Основные источники инфекции — семенной материал и растительные остатки.

Воздействие абиотических и биотических факторов на культуру способно ослабить растение картофеля, а это в свою очередь приведет к более активному развитию альтернариоза. Резкие колебания температурных условий и влажности в сезоне (чередование жаркой и сухой погоды с кратковременными дождями или обильными росами), низкое содержание таких макроэлементов в почве, как азот (менее 100 кг/га), фосфор, калий и магний, выращивание сортов картофеля, восприимчивых к альтернариозу, наличие источников первичной инфекции в почве и на растительных остатках, пораженность семенного материала вирусами, ризоктониозом, антракнозом и другими патогенами [1, 2]. При подборе сортов важно учитывать, что заболеванию более подвержены ранние сорта картофеля.

Прогрев семенного материала в течение 2–3 недель при температуре от 14 до 18 °С до начала хранения или в конце периода хранения помогает выявить больные клубни и позволяет использовать только здоровый посадочный материал [2–4].

Ассортимент фунгицидов для защиты картофеля от фитофтороза и альтернариоза на российском рынке год от года становится шире. Препараты различаются по своим функциональным свойствам [5, 6].

Возрастание вредоносности альтернариоза требует применения не только контактных препаратов — дитиокарбаматов, хлороталонила, но и новых, более эффективных фунгицидов. Это привело к появлению новой группы препаратов на основе дифеноконазола. В России из этой группы препаратов разрешены к применению фунгициды «Скор»² (дифеноконазол, Сингента, Швейцария), «Ревус Топ»³ (мандипропамид и дифеноконазол, Сингента, Швейцария), препарат «Сигнум»⁴ (боскалид и пиракросробин, БАСФ, Германия) и фунгицид «Миравис»⁵ (пидифлуметофен, Сингента, Швейцария).

В последние годы были получены экспериментальные данные о том, что сочетание фунгицидных обработок в период вегетации растений с некоторыми биодобриями обеспечивает получение более высокой урожайности по сравнению с применением фунгицидов соло [7]. Некорневой способ внесения удобрений, при котором растения оперативно получают питательные вещества через листья и стебли при опрыскивании, широко используется картофелеводами во многих странах мира, особенно при абиотических стрессах, которые возникают на разных фазах развития растений [8, 9].

Видимый на листьях картофеля дефицит ряда микроэлементов, например магния, бора, железа, можно оперативно устранить, проводя внекорневые обработки удобрениями, содержащими эти элементы. Кроме того, их можно сочетать со средствами защиты растений (гербицидами, инсектицидами, фунгицидами) [10]. Вместе с тем известно, что эффективность некорневой подкормки методом опрыскивания растений простым раствором солей макро- и микроэлементов низка, поскольку только небольшая часть питательных элементов проникают в ткани листа [11]. По этой причине растет потребность производителей в более эффективных удобрениях, которые полностью проникают в лист.

В связи с этим ученые во всем мире стали активно искать высокоэффективные удобрения, в том числе среди природных источников полезных веществ. Именно таким образом были открыты уникальные свойства водоросли *Ascophyllum nodosum*, способной повышать устойчивость растений к стрессу, вызванному действием кратковременных неблагоприятных абиотических факторов (низкие или высокие температуры, засуха или чрезмерное увлажнение), стимулировать рост и развитие корневой системы и листового аппарата, способствовать лучшей закладке генеративных органов и клубней, повышать урожайность и качество продукции.

Ascophyllum nodosum стимулирует выработку собственных фитогормонов культурой, в частности ауксина и цитокинина. Именно они обеспечивают успешное прохождение таких процессов, как прорастание культуры, рост и развитие биомассы, цветение, формирование и развитие будущего урожая. Применение препаратов на основе этих водорослей положительно влияет на рост биомассы и развитие корневой системы, что в свою очередь повышает способность растений поглощать питательные вещества [12].

В ходе эволюции появились различные водоросли, обладающие эффективными защитными механизмами для борьбы со своими естественными патогенами [13]. Меньше поражаемости инфекциями, вызываемыми различными патогенами, наблюдается именно у морских водорослей, поскольку они являются богатым источником уникальных биоактивных соединений, таких как фуканы, каррагинаны, ульваны и ламинарины (или полимеры, содержащие фукозу). Эти биоактивные вещества способны индуцировать защитные реакции против патогенов, действуя как элиситоры [13–15].

Установлено, что биологически активные соединения, присутствующие в экстракте водоросли *Ascophyllum nodosum*, вызывали формирование защитных реакций у растений против различных патогенов. Так,

¹ EPPO Global Database (available online). 2024. <https://gd.eppo.int/taxon/ALTESO/photos>

² Государственная регистрация от 23.01.2024 до 22.01.2027 № 041-02-4371-0 выдана МСХ РФ. Сертификация-декларация от 10.07.2023 до 06.07.2028 № РОСС RU Д-РУ.РА01.В.25195/23 выдана. Заявитель ООО «Эксперт Гарден».

³ Свидетельство о регистрации от 25.01.2025 № 041-02-503-1. Регистрант ООО «Сингента».

⁴ Свидетельство о государственной регистрации от 25.04.2024 № 4529 выдано Минсельхозом России (госрегистрация № 014-02-4529-0).

⁵ Свидетельство о регистрации № 041-02-3556-1. Регистрант ООО «Сингента».

например, применение препарата на основе экстракта водоросли *A. nodosum* обеспечивало усиленную защиту от патогена *Phytophthora melonis*. [14].

Эта работа была продолжена другой группой ученых, которые показали, что аналогичное применение препарата на основе экстракта водорослей *A. nodosum* в чередовании с фунгицидом на основе металаксилла приводило к формированию индуцированной системной устойчивости (ИСУ) против грибного заболевания томатов *Phytophthora capsica* [15]. Точно так же, как и применение жидкого экстракта *A. nodosum* с попеременными обработками фунгицидом на основе действующего вещества хлороталонил, позволило снизить прогрессирование заболеваний грибкового происхождения за счет формирования защитных генов и ферментов при обработке биопрепаратами на основе водорослей. Обработка 3-недельных растений резуховидки Таля (*A. thaliana*) препаратом с концентрацией 1 г/л *Ascophyllum nodosum* (в норме расхода 25 мл на растение путем корневого внесения) за 2 дня до пересадки позволило защитить культуру от возбудителя склеротиниоза (*Sclerotinia sclerotiorum*) [16].

Было установлено, что обработка листьев биопрепаратами на основе экстракта водоросли *Ascophyllum nodosum* растений моркови значительно позволила снизить развитие и прогрессирование заболеваний, вызываемых патогенами *Alternaria radicina* и *Botrytis cinerea* — возбудителями альтернариоза и серой гнили [17].

Опубликованные данные свидетельствуют о том, что разумное применение препаратов на основе экстрактов *Ascophyllum nodosum* может быть эффективным средством при контроле различных заболеваний культур [14–19]. Такая стратегия позволяет свести к минимуму использование фунгицидов на химической основе и обеспечить экологически безопасный и эффективный метод борьбы с болезнями растений [20, 21].

Недавно в России получил регистрацию новый биостимулятор-антистрессант «ЭкселГроу» (Adama, Израиль) на основе водоросли *Ascophyllum nodosum* (25%), органических кислот, витаминов (в том числе органического углерода С — 9,6%; К₂О — 3,5%).

Цель данной работы — определение эффективности применения биостимулятора «ЭкселГроу» на фоне химических защитных обработок картофеля, применяемых против альтернариоза.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В 2021 году в Московской области (Одинцовский р-н) на экспериментальном участке ВНИИФ на картофеле были заложены опыты по изучению эффективности

совместных обработок биопрепарата «ЭкселГроу» с фунгицидами и проведена оценка влияния таких обработок на сдерживание развития альтернариоза.

Дата посадки сорта картофеля Удача — 20.05.2021, размещение вариантов — рандомизированное, в массиве посадок картофеля, количество повторностей — 4.

Агротехнические мероприятия по уходу за опытными растениями включали: зяблевую вспашку — 10.10.2020, дискование — 05.05.2021, глубокую культивацию — 07.05.2021, нарезание гряд — 15.05.2021, окучивание с фрезерованием — 01.06.2021.

С осени в почву внесли 50 т/га органических удобрений, перед посадкой картофеля — минеральные удобрения в дозе 70 кг/га по д. в. Расчет количества вносимых удобрений осуществлялся на основе данных о содержании элементов питания в почве опытного поля ВНИИФ, полученных в агрохимической лаборатории, а также на основе информации о планируемом и фактическом урожае за последние несколько лет.

Расчет доз удобрений проводился балансовым методом, разработанным И.С. Шатиловым (1987 г.) и М.К. Каюмовым (1989 г.)^{6, 7}.

Первую обработку против сорняков проводили 04.06.2021 смесью гербицидов «Зенкор» + «Титус» (метрибузин + римсульфурон в нормах 0,4 кг/га + 20 г/га соответственно). Вторую обработку — 01.07.2021 гербицидом «Боксер» (просульфокارب в норме 3 л/га). Весь массив картофеля, включая опытные делянки, один раз обрабатывали инсектицидом «Актара» в норме 0,06 кг/га с учетом экономического порога численности колорадского жука.

Оценку эффективности различных схем защиты против альтернариоза картофеля проводили на искусственном инфекционном фоне на восприимчивом к альтернариозу сорте картофеля Удача. С этой целью через 4 недели после наступления фазы полных всходов картофеля вносили инокулированные *Alternaria solani* зерна ячменя.

Методика наработки инокулюма *Alternaria solani* и нормы его внесения соответствовали международным стандартам Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР): ALTESO и методике, утвержденной специалистами международного консорциума EuroBlight⁸.

В таблице 1 представлена схема проведения защитных обработок по вариантам.

Дозы применения препаратов были выбраны согласно рекомендуемым производителем нормам применения на картофеле: «Миравис» — 0,35 л/га, «Ревус Топ» — 0,6 л/га, «Сигнум» — 0,3 кг/га, «ЭкселГроу» — 1 л/га.

Таблица 1. Схемы защитных обработок сорта Удача (ВНИИФ, 2021)

Table 1. Schemes of protective treatments of the Udacha variety (VNIIEF, 2021)

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8 (контроль)
1-я обр. 07.07.2021	«Миравис» (д. в. адепидин, «Сингента», Швейцария)	«Миравис» + «ЭкселГроу» (д. в. <i>Ascophyllum nodosum</i> , Adama, Израиль)	«Ревус Топ» (д. в. мандипропамид, «Сингента», Швейцария)	«Ревус Топ» + «ЭкселГроу»	«Сигнум» (д. в. пираклостробин и боскалид, БАСФ, Германия)	«Сигнум» + «ЭкселГроу»	«ЭкселГроу»	без обработки
2-я обр. 20.07.2021	«Миравис»	«Миравис» + «ЭкселГроу»	«Ревус Топ»	«Ревус Топ» + «ЭкселГроу»	«Сигнум»	«Сигнум» + «ЭкселГроу»	«ЭкселГроу»	без обработки
3-я обр. 03.08.2021	«Миравис»	«Миравис» + «ЭкселГроу»	«Ревус Топ»	«Ревус Топ» + «ЭкселГроу»	«Сигнум»	«Сигнум» + «ЭкселГроу»	«ЭкселГроу»	без обработки
4-я обр. 13.08.2021	«Миравис»	«Миравис»	«Ревус Топ»	«Ревус Топ»	«Сигнум»	«Сигнум»		без обработки

⁶ Шатилов И.С. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат. 1987; 358.

⁷ Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. М.: Россельхозиздат. 1987; 368.

⁸ Protocol for the artificial inoculation with *A. solani* in field trials (with infected kernels) https://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Alternaria/Protocols/Alternaria_solani_field_inoculation_kernels_2015.pdf

Кратность обработок: 4-кратная фунгицидами против альтернариоза, 3-кратная — «ЭкселГроу».

Способ применения: опрыскивание вегетирующих растений.

Используемая аппаратура: ранцевый опрыскиватель З РНЩ-3 (ВНИИФ, Россия).

Расход рабочей жидкости: 200 л/га.

В даты обработок против альтернариоза (07.07, 20.07, 03.08, 13.08) были отмечены следующие погодные условия (табл. 2).

Информация о погодных условиях всего вегетационного сезона по месяцам представлена в таблице 3.

Даты учетов альтернариоза в поле: 07.07, 13.07, 20.07, 27.07, 03.08, 10.08, 20.08, 31.08.

Дата первичного проявления альтернариоза: 28.06 в контроле (без обработки).

Учеты степени пораженности растений альтернариозом проводили по шкале Британского микологического общества¹⁰. На основании полученных данных по методу математических моделей AUDPC¹¹ рассчитывали площадь под кривой, описывающей развитие альтернариоза (AUDPC), в сравниваемых вариантах опыта (рис. 4).

Способ уборки и учет урожая: вручную с четырех рядов картофеля на каждой делянке.

Дата уборки и учет урожая — 9.09.

Оценку качества клубней проводили через месяц после закладки на хранение экспресс-методом¹², статистическую обработку полученных результатов — методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову¹³.

Таблица 2. Метеорологические данные в дни проведения обработок 2021 г.⁹

Table 2. Meteorological data for days of providing applications in 2021

Даты обработок, 2021 г.	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/сек	Время без осадков после обработки
7 июля	19,1	67	1,7	8 сут.
20 июля	21,5	62	2,1	8 сут.
3 августа	20,3	62	2,0	4 сут.
13 августа	23,3	80	2,1	14 ч.

Таблица 3. Метеорологические данные периода вегетации в 2021 г.

Table 3. Meteorological data for the vegetative period in 2021

Основные показатели	Месяц (декада) 2021 г.											
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура воздуха, °С												
Среднегодовалая	10,7	12,1	13,6	15,2	16,1	16,8	17,2	17,8	17,6	17,2	15,6	16,1
Средняя		12,3			16,0			17,4			16,3	
Текущего года	8,8	17,3	14,3	15,5	19,9	23,7	21,6	24,3	19,1	20,1	20,1	16,9
Средняя		13,5			19,7			21,6			18,9	
Относительная влажность воздуха, %												
Среднегодовалая	66	68	69	70	73	73	65	72	65	63	78	76
Средняя		68			72			67			72	
Текущего года	64	60	65	68	67	68	65	66	67	76	74	74
		63			68			66			75	
Осадки, мм												
Среднегодовалые	13,0	18,5	22,2	23,9	22,1	25,5	28,9	28,0	26,2	22,8	22,5	26,0
Сумма		54,6			71,5			83,1			71,3	
Текущего года	0	19,4	19,6	29,7	13,0	24,7	3,8	18,0	32,8	18,0	20,8	18,6
Сумма		39,0			67,4			54,5			57,4	

⁹ По данным метеостанции ВНИИФ (Московская обл.), 2021 г.

¹⁰ James W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases, their preparation and usage. Can. Plant Dis. Surv. 1971; 51: 39–65.

¹¹ <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/EcologyAndEpidemiologyInR/DiseaseProgress/Pages/AUDPC.aspx>

¹² Кузнецова М.А. Болезни картофеля при хранении // Защита и карантин растений. 2006; 10: 37–44.

¹³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат. 1985; 125.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

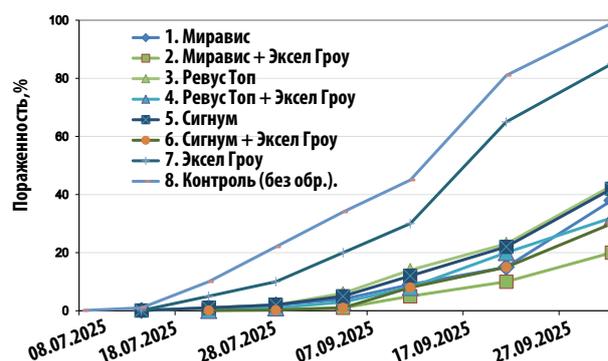
Погодные условия в сезоне 2021 года способствовали эпифитотийному развитию альтернариоза на восприимчивом сорте картофеля Удача. Несмотря на затяжную весну, посадка картофеля была проведена в оптимальные сроки — 20.05. Через четыре недели после фазы полных всходов на экспериментальный участок вносили зараженные *Alternaria solani* зерна ячменя (создавали искусственный инфекционный фон) по методике Euroblight¹⁰.

В июле и августе 2021 года наблюдалась жаркая погода. Однако даже при небольшом количестве осадков в июне — августе отмечалось сильное поражение растений альтернариозом. Через неделю после создания искусственного инфекционного фона провели первую защитную обработку против альтернариоза — 07.07, вторую — 20.07, третью — 3.08, четвертую — 17.08. Проведение защитных обработок позволило сдерживать развитие болезни по сравнению с незащищенным контролем (рис. 1).

В период вегетации растений проводили сравнительную оценку эффективности различных схем защиты картофеля от альтернариоза (учитывали развитие двух патогенов в комплексе — *Alternaria solani* и *Alternaria alternata*).

Рис. 1. Динамика альтернариоза картофеля сорта Удача в сравниваемых вариантах опыта (ВНИИФ «Раменская Горка», 2021 г.)

Fig. 1. Dynamics of potato alternariasis of the Udacha variety in the compared variants of the experiment (VNIIF "Ramenskaya Gorka", 2021)



На основании полученных данных и по принятой методике рассчитывали интегральный показатель развития болезни — площадь под кривой (AUDPC) (рис. 2).

По результатам оценки, AUDPC в контроле (без обработок) составила 2267 ед., в варианте 7, где трижды обрабатывали растения «ЭкселГроу», наблюдалось снижение AUDPC на 707 ед. В вариантах 1, 3, 5, где применяли фунгициды соло «Миравис» (483 ед.), «Ревус Топ» (650 ед.), «Сигнум» (607 ед.), в вариантах 2, 4, 6, где применяли фунгициды с «ЭкселГроу», наблюдалось достоверное снижение интегрального показателя развития болезни: «Миравис» + «ЭкселГроу» (251 ед.), «Ревус Топ» + «ЭкселГроу» (480 ед.), «Сигнум» + «ЭкселГроу» (402 ед.), НСР_{0,95} = 75 (рис. 2).

Биологическая эффективность защиты в зависимости от варианта составила: «Миравис» — 79%, «Миравис» + «ЭкселГроу» — 83%, «Ревус Топ» — 71%, «Ревус Топ» + «ЭкселГроу» — 79%, «Сигнум» — 73%, «Сигнум» + «ЭкселГроу» — 82%.

Таким образом, применение «ЭкселГроу» на фоне химических защитных обработок картофеля продемонстрировало достоверное снижение вредоносности болезни по сравнению с вариантами только химической защиты без применения «ЭкселГроу».

Удалось продемонстрировать, что трехкратная обработка растений восприимчивого к альтернариозу сорта Удача биогрическим удобрением «ЭкселГроу» в норме 1 л/га способствовала активному развитию растений и в меньшей степени поражению альтернариозом по сравнению с контролем (без обработки).

Прибавка урожая в варианте, где применяли только «ЭкселГроу», по сравнению с контролем составила 17 ц/га (рис. 3).

В варианте «Миравис» + «ЭкселГроу» прибавка урожайности составила 33 ц/га по сравнению с вариантом, где применялся только фунгицид «Миравис» без биологического препарата. В варианте «Ревус Топ» + «ЭкселГроу» прибавка составила 29 ц/га в сравнении с вариантом применения фунгицида «Ревус Топ» соло, а в варианте «Сигнум» + «ЭкселГроу» — 31 ц/га в сравнении с вариантом, где применялся только фунгицид «Сигнум».

Обработка растений фунгицидами «Миравис», «Ревус Топ» и «Сигнум» с «ЭкселГроу» обеспечила высокую эффективность защиты от альтернариоза, что позволило продлить период вегетации растений и тем самым обеспечить более высокий урожай картофеля с высокой товарностью клубней по сравнению с контролем (без обработки).

В вариантах 2, 4 и 6 наблюдалось повышение товарности клубней на 20–22% по сравнению с контролем без проведения обработок (рис. 4) Так, в вариантах с применением различных фунгицидов совместно с бистимулятором-антистрессантом процент товарности клубней картофеля составлял 90%.

На основании полученных данных рекомендуется проводить защиту растений от альтернариоза фунгицидами в сочетании с трехкратной обработкой растений «ЭкселГроу» в норме расхода 1 л/га.

Выводы/Conclusion

Впервые было изучено совместное действие фунгицидов и биопрепарата на основе водорослей *Ascophyllum nodosum* и проведена оценка влияния этих обработок на снижение вредоносности альтернариоза картофеля. Установлено, что «ЭкселГроу» обеспечивал

Рис. 2. Площадь под кривой, описывающая динамику развития альтернариоза (AUDPC), (ед.) в сравниваемых вариантах опыта (НСР_{0,95} = 65) (сорт Удача, ВНИИФ, 2021 г.)

Fig. 2. The area under the disease progress curve (AUDPC), illustrating the dynamics of the early blight severity over time (AUDPC Values) in the experimental variants of the trial (LSD_{0,95} = 65) (cv. Udacha, All-Russian Research Institute of Phytopathology, 2021)

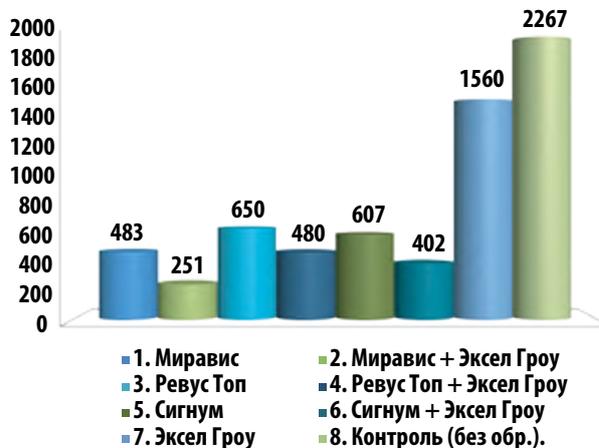


Рис. 3. Урожайность картофеля (сорт Удача, ВНИИФ, 2021 г.) (НСР_{0,95} = 19)

Fig. 3. Potato tuber yield (cv. Udacha, All-Russian Research Institute of Phytopathology, 2021) (LSD_{0,95} = 19)

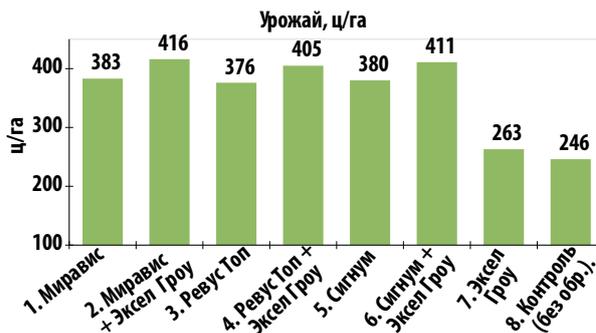


Рис. 4. Товарность клубней картофеля (сорт Удача, ВНИИФ, 2021 г.) (НСР_{0,95} = 2)

Fig. 4. Marketable potato tuber fraction (cv. Udacha, All-Russian Research Institute of Phytopathology, 2021) (LSD_{0,95} = 2)



существенное снижение пораженности альтернариозом в вариантах, где применялся совместно с фунгицидами. Так, пораженность картофеля альтернариозом: в варианте «Миравис» — 38%, «ЭкселГроу» + «Миравис» — 20%, «Ревус Топ» — 43%, «Ревус Топ» + «ЭкселГроу» — 32%, «Сигнум» — 42%, «Сигнум» + «ЭкселГроу» — 30%.

В вариантах, где применяли фунгициды в комплексе с «ЭкселГроу», наблюдалось достоверное снижение интегрального показателя развития болезни.

Применение «ЭкселГроу» на фоне химических защитных обработок картофеля продемонстрировало достоверное снижение вредоносности по сравнению с вариантами только химической защиты без применения

«ЭкселГроу», о чем свидетельствуют данные биологической эффективности. Была получена прибавка урожая в вариантах совместного использования фунгицидов с биопрепаратом «ЭкселГроу», которая варьировала от 29 до 33 ц/га по вариантам. Установлено, что в вариантах с применением «ЭкселГроу» наблюдалось повышение товарности клубней на 20–22%.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGGU-2022-0007.

FUNDING

The study was carried out within the framework of State assignment No. FGGU-2022-0007.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Еланский С.Н. (ред.). Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: *Картофелевод*. 2009; 270. ISBN 978-5-903906-02-4 <https://www.elibrary.ru/qladmr>
- Захаренко В.А. Проблема резистентности вредных микроорганизмов к пестицидам — мировая проблема. *Вестник защиты растений*. 2001; (1): 13–17.
- Зейрук В.Н., Анисимов Б.В., Васильева С.В. Подготовка и посадка семенного материала картофеля. *Защита и карантин растений*. 2020; (1): 32–35. <https://www.elibrary.ru/anuvnx>
- Иванцова Е.А., Калуженкова Ю.В. Экологические проблемы применения пестицидов. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2008; (1): 41–46. <https://www.elibrary.ru/mqpxqr>
- Кузнецова М.А., Рогожин А.Н., Спиглазова С.Ю., Сметанина Т.И., Деренко Т.А., Филиппов А.В. Применяйте на картофеле биологическое удобрение «Изабион» в смеси с фунгицидами. *Картофель и овощи*. 2012; (5): 28–29. <https://www.elibrary.ru/pbfakn>
- Пшеченков К.А., Зейрук В.Н., Еланский С.Н., Мальцев С.В. Технологии хранения картофеля. М.: *Картофелевод*. 2007; 191. <https://www.elibrary.ru/fnphuc>
- Савина О.В., Афиногенова С.Н. Влияние некорневых подкормок комплексными микроудобрениями и гуматом на биометрические параметры роста и развития растений картофеля. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2001; 13(1): 59–66. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.009>
- Скрябин И.А., Скрябин А.А., Елисеев С.Л. Влияние некорневых подкормок комплексными водорастворимыми удобрениями на урожайность картофеля разных групп спелости в Среднем Предуралье. *Пермский аграрный вестник*. 2023; (1): 72–78. <https://www.elibrary.ru/ibvxkd>
- Старовойтова О.А. и др. Конкуренентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля. М.: *Росинформагротех*. 2018; 236. ISBN: 978-5-7367-1433-9 <https://www.elibrary.ru/xwsugd>
- Спиридонов А.М., Бронштейн П.М. Оценка влияния новых видов удобрений на районированные сорта картофеля отечественной селекции в условиях северо-запада РФ. *Известия Санкт-Петербургского аграрного университета*. 2020; 58: 76–82. <https://www.elibrary.ru/otztlb>
- Самсонова Н.Е. Удобрение сельскохозяйственных культур в Центральном Нечерноземье. Смоленск: *Смоленская ГСХА*. 2014; 104.
- Potin P., Bouarab K., Küpper F., Kloareg B. Oligosaccharide recognition signals and defence reactions in marine plant-microbe interactions. *Current Opinion in Microbiology*. 1999; 2(3): 276–283. [https://doi.org/10.1016/s1369-5274\(99\)80048-4](https://doi.org/10.1016/s1369-5274(99)80048-4)
- Shukla P.S., Borza T., Critchley A.T., Prithiviraj B. Carrageenans from Red Seaweeds As Promoters of Growth and Elicitors of Defense Response in Plants. *Frontiers in Marine Science*. 2016; 3: 81. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00081>
- Abkhoo J., Sabbag S.K. Control of *Phytophthora melonis* damping-off, induction of defense responses, and gene expression of cucumber treated with commercial extract from *Ascophyllum nodosum*. *Journal of Applied Phycology*. 2016; 28(2): 1333–1342. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0693-3>
- Panjehkeh N., Abkhoo J. Influence of Marine Brown Alga Extract (Dalgin) on Damping-off Tolerance of Tomato. *Journal of Materials and Environmental Science*. 2016; 7(7): 2369–2374.
- Subramanian S. et al. Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal of Plant Pathology*. 2011; 131(2): 237–248. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9802-6>

REFERENCES

- Elansky S.N. (ed.). Potato protection from diseases, pests and weeds. Moscow: *Kartofelevod*. 2009; 270 (in Russian). ISBN 978-5-903906-02-4 <https://www.elibrary.ru/qladmr>
- Zakharenko V.A. Pesticide resistance in pests as a major problem throughout the world. *Plant Protection News*. 2001; (1): 13–17 (in Russian).
- Zeiruk V.N., Anisimov B.V., Vasilyeva S.V. Preparation and planting of potato seed material. *Plant protection and quarantine*. 2020; (1): 32–35 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/anuvnx>
- Ivantsova E.A., Kaluzhenkova Yu.V. Ecological problems of pesticide application. *Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2008; (1): 41–46 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mqpxqr>
- Kuznetsova M.A., Rogozhin A.N., Spiglazova S.Yu., Smetanina T.I., Derenko T.A., Filippov A.V. Efficiency of the foliar nutrition of potato with the "Izabion" fertilizer. *Potato and Vegetables*. 2012; (5): 28–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pbfakn>
- Pshechenkov K.A., Zeiruk V.N., Elansky S.N., Maltsev S.V. Potato storage technologies. Moscow: *Kartofelevod*. 2007; 191 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/fnphuc>
- Savina O.V., Afinogenova S.N. The effect of topdressing with integrated fertilizers and humate on biometric parameters of growth and development of potato plants. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2001; 13(1): 59–66 (in Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.009>
- Scriabin I.A., Scriabin A.A., Eliseev S.L. The influence of foliar fertilization with complex water-soluble fertilizers on the yield of potatoes of different groups of ripeness in the Middle Preduralie. *Perm agrarian journal*. 2023; (1): 72–78 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ibvxkd>
- Starovoytova O.A. et al. Competitive technologies for seed growing, production and storage of potatoes. Moscow: *Rosinformagrotech*. 2018; 236 (in Russian). ISBN: 978-5-7367-1433-9 <https://www.elibrary.ru/xwsugd>
- Spiridonov A.M., Bronshtein P.M. Assessment of the impact of new types of fertilizers on zoned potato varieties of domestic selection in the north-west of the Russian Federation. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2020; 58: 76–82 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/otztlb>
- Samsonova N.E. Application of fertilizers for agricultural crops in the central Non-Black Soil Region. Smolensk: *Smolensk State Agricultural Academy*. 2014; 104 (in Russian).
- Potin P., Bouarab K., Küpper F., Kloareg B. Oligosaccharide recognition signals and defence reactions in marine plant-microbe interactions. *Current Opinion in Microbiology*. 1999; 2(3): 276–283. [https://doi.org/10.1016/s1369-5274\(99\)80048-4](https://doi.org/10.1016/s1369-5274(99)80048-4)
- Shukla P.S., Borza T., Critchley A.T., Prithiviraj B. Carrageenans from Red Seaweeds As Promoters of Growth and Elicitors of Defense Response in Plants. *Frontiers in Marine Science*. 2016; 3: 81. <https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00081>
- Abkhoo J., Sabbag S.K. Control of *Phytophthora melonis* damping-off, induction of defense responses, and gene expression of cucumber treated with commercial extract from *Ascophyllum nodosum*. *Journal of Applied Phycology*. 2016; 28(2): 1333–1342. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0693-3>
- Panjehkeh N., Abkhoo J. Influence of Marine Brown Alga Extract (Dalgin) on Damping-off Tolerance of Tomato. *Journal of Materials and Environmental Science*. 2016; 7(7): 2369–2374.
- Subramanian S. et al. Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal of Plant Pathology*. 2011; 131(2): 237–248. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9802-6>

17. Jayaraj J., Wan A., Rahman M., Punja Z.K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Protection*. 2008; 27(10): 1360–1366. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.005>

18. Shukla P.S., Mantin E.G., Adil M., Bajpai S., Critchley A.T., Prithiviraj B. Ascophyllum nodosum-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*. 2019; 10: 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>

19. Kumar R. *et al.* Assessment of Antifungal Efficacy and Release Behavior of Fungicide-Loaded Chitosan-Carrageenan Nanoparticles Against *Phytopathogenic Fungi*. *Polymers*. 2022; 14(1): 41. <https://doi.org/10.3390/polym14010041>

20. Saxena S., Pandey A.K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2001; 55(4): 395–403. <https://doi.org/10.1007/s002530000517>

21. Czaja K. *et al.* Biopesticides — towards increased consumer safety in the European Union. *Pest Management Science*. 2021; 71(1): 3–6. <https://doi.org/10.1002/ps.3829>

ОБ АВТОРАХ

Анастасия Юрьевна Уколова

аспирант
anukolova@mail.ru

Мария Алексеевна Кузнецова

кандидат биологических наук, заведующая отделом болезней картофеля и овощных культур
mari.kuznetsova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9880-5995>

Татьяна Ивановна Сметанина

научный сотрудник
smetaneinatatyana@yandex.ru

Валентина Николаевна Демидова

кандидат биологических наук, научный сотрудник
devalya82@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0390-4043>

Мария Дмитриевна Ерохова

научный сотрудник
maria.erokhova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5258-9326>

Александр Николаевич Рогожин

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела картофеля и овощных культур
alexran53@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0863-4441>

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
ул. Институт, 5, пос. Большие Вязёмы, Московская обл., 143050, Россия

17. Jayaraj J., Wan A., Rahman M., Punja Z.K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Protection*. 2008; 27(10): 1360–1366. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2008.05.005>

18. Shukla P.S., Mantin E.G., Adil M., Bajpai S., Critchley A.T., Prithiviraj B. Ascophyllum nodosum-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*. 2019; 10: 655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>

19. Kumar R. *et al.* Assessment of Antifungal Efficacy and Release Behavior of Fungicide-Loaded Chitosan-Carrageenan Nanoparticles Against *Phytopathogenic Fungi*. *Polymers*. 2022; 14(1): 41. <https://doi.org/10.3390/polym14010041>

20. Saxena S., Pandey A.K. Microbial metabolites as eco-friendly agrochemicals for the next millennium. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2001; 55(4): 395–403. <https://doi.org/10.1007/s002530000517>

21. Czaja K. *et al.* Biopesticides — towards increased consumer safety in the European Union. *Pest Management Science*. 2021; 71(1): 3–6. <https://doi.org/10.1002/ps.3829>

ABOUT THE AUTHORS

Anastasia Yurievna Ukolova

Graduate Student
anukolova@mail.ru

Maria Alekseevna Kuznetsova

Candidate of Biological Sciences, Head of the Potato and Vegetable Diseases Department
mari.kuznetsova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9880-5995>

Tatyana Ivanovna Smetanina

Research Associate
smetaneinatatyana@yandex.ru

Valentina Nikolaevna Demidova

Candidate of Biological Sciences, Researcher
devalya82@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0390-4043>

Maria Dmitrievna Erokhova

Research Associate
maria.erokhova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5258-9326>

Alexander Nikolaevich Rogozhin

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Potato and Vegetable Diseases Department
alexran53@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0863-4441>

All-Russian Research Institute of Phytopathology,
5 Institute Str., Bolshie Vyazemy, Moscow region, 143050, Russia



Подпишитесь на Telegram канал ИД «Аграрная наука»



Ежедневно вы будете получать свежие новости АПК и сельского хозяйства, анонсы отраслевых событий, знакомиться с результатами научных исследований, репортажами и интервью.



Оформите подписку на информационные e-mail рассылки



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик будут приходить уведомления о топовых событиях АПК, аналитика, прогнозы, приглашения на выставки и конференции.

Через наши рассылки вы можете познакомиться со своими товарами и услугами потенциальных клиентов.

Связаться с редакцией:
Тел. +7 (495) 777 67 67
(доб. 1453)
agrovetpress@inbox.ru

УДК 543.54:547.973

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103

А. Гузеева¹И.А. Капитова¹К.В. Павлов¹Ф.Ф. Сазонов¹В.В. Захарычев² ✉¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Москва, Россия²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия✉ kiastandard@mail.ru

Поступила в редакцию: 02.08.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Гузеева А., Капитова И.А., Павлов К.В., Сазонов Ф.Ф., Захарычев В.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103

Alla Guzeeva¹Irina A. Kapitova¹Konstantin V. Pavlov¹Fedor F. Sazonov¹Vladimir V. Zakharychev² ✉¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia²Dmitry Mendeleev University, Moscow, Russia✉ kiastandard@mail.ru

Received by the editorial office: 02.08.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

©Guzeeva A., Kapitova I.A., Pavlov K.V., Zakharychev V.V., Sazonov F.F.

Содержание антоцианов в свежих и длительно замороженных плодах смородины черной (*Ribes nigrum* L.) сортов селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства

РЕЗЮМЕ

В статье представлена информация о видах, составе и свойствах антоцианов, их функциях в растительном и животном мире, проанализированы направления и механизм полезного воздействия антоцианов на растения и организм человека. Дано понятие о природе химических процессов, происходящих с участием антоцианов. Определено суммарное содержание антоцианов в ягоде сырье различных видов хранения, полученном из ягод 12 сортов смородины черной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Выделены сорта с высоким и устойчивым содержанием антоцианов для дальнейшего их использования в селекции. Оценено влияние длительной заморозки на содержание антоцианов. Среднее содержание антоцианов в свежих плодах по результатам двухлетних испытаний составило $1234,1 \pm 86$ млн⁻¹, в хранившихся при 75 °С в течение 7 мес. — 1069 ± 74 млн⁻¹. Наибольшая концентрация антоцианов — 1860 ± 130 млн⁻¹ обнаружена в свежих плодах сорта Дебрянск, наименьшая — 950 ± 95 млн⁻¹ у сорта Стрелец. Сорта Дебрянск, Фаворит, Бармалей, Миф были выделены как наиболее ценные для использования в качестве функциональной добавки к продуктам питания и для дальнейшего использования как источников антиоксидантов. Влияние длительной заморозки ягод смородины черной позволило оценить количественные изменения в содержании антоцианов, выделить сорта с более стабильным содержанием антоцианов продукции и сделать выводы об условиях хранения ягод смородины черной для более эффективного дальнейшего использования в качестве антиокислительных компонентов.

Ключевые слова: антоцианы, окислительный стресс, смородина черная, антиоксиданты, спектрофотометрия

Для цитирования: Гузеева А., Капитова И.А., Павлов К.В., Сазонов Ф.Ф., Захарычев В.В. Содержание антоцианов в свежих и длительно замороженных плодах смородины черной (*Ribes nigrum* L.) сортов селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 99–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103>

Anthocyanin content in fresh and long-term frozen black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred by the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery

ABSTRACT

The article provides information on the species, composition and properties of anthocyanins, their functions in the plant and animal world, analyzed the directions and mechanism of the beneficial effect of anthocyanins on plants and the human body. The concept of the nature of chemical processes occurring with the participation of anthocyanins. The total content of anthocyanins in berry raw materials of various types of storage obtained from berries of 12 varieties of black currant of the Federal State Budgetary Scientific and Scientific Center of Horticulture was determined by pH differential spectrophotometry. Varieties with high and stable anthocyanin content have been identified for their further use in breeding. The effect of long-term freezing on the anthocyanin content was estimated. According to the results of two-year tests, the average anthocyanin content in fresh fruit was 1234.1 ± 86 ppm, in fruit stored at -75 °C for 7 months was 1069 ± 74 ppm. The highest concentration of anthocyanins 1860 ± 130 ppm was found in fresh fruit of the Debryansk variety, the lowest 950 ± 95 ppm was in the Strelets variety. The varieties Debryansk, Favorite, Barmaley, and Myth were identified as the most valuable for use as a functional additive to food and for further use as sources of antioxidants. The effect of prolonged freezing of black currant berries made it possible to assess quantitative changes in the content of anthocyanins, as well as to identify varieties with a more stable content of product anthocyanins and draw conclusions about the storage conditions of black currant berries for more effective further use as antioxidant components.

Key words: anthocyanins, oxidative stress, black currant, antioxidants, spectrophotometry

For citation: Guzeeva A., Kapitova I.A., Pavlov K.V., Zakharychev V.V., Sazonov F.F. Anthocyanin content in fresh and long-term frozen black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred by the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 99–103 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-99-103>

Введение/Introduction

Высокие нагрузки способствуют ускорению окислительных процессов в организме человека, образованию свободных радикалов, что негативно сказывается на здоровье и продолжительности жизни, приводит к преждевременному старению организма [1–5]. Замедлению окислительных процессов в организме человека способствуют вещества антиоксидантной природы, которые могут быть перехватчиками этих свободных радикалов, в том числе антоцианы.

Антоцианы — это окрашенные гликозиды гидроксипроизводных 2-фенилхромена, относящиеся к флавоноидам, широко распространенные у растений. Их регулярное употребление в пищу приносит пользу для здоровья человека, главным образом благодаря их способности нейтрализовать свободные радикалы, которые способствуют окислительным процессам в организме [6–8].

Регулярное употребление продуктов, богатых антоцианами, приносит ряд преимуществ для здоровья человека. Эти способности могут противодействовать уровням окислительного стресса, предотвращать развитие воспалительных процессов, защищать органы человека и клеточные компоненты от повреждений и, таким образом, обеспечивать защиту на различных уровнях. Антоцианы являются природными соединениями, обладающими разнообразными фармакологическими эффектами [9–13].

Положительное влияние антоцианов на организм человека способствовало разработке различных биологически активных добавок на их основе [9, 10]. Выявлены группы антоцианов и антоцианидинов (дельфинидин и его антоциан дельфинидин-3-О-рутинозид, дельфинидин-3-О-глюкозид, цианидин-3-О-глюкозид), обладающих наибольшей антиоксидантной активностью [16].

Использование антоцианов как важных компонентов пищевых, косметических и фармацевтических продуктов ограничивается их чистотой и сохранением биологической активности в процессе производства и хранения. Поэтому в настоящее время является актуальным поиск сырья, в том числе ягодного, с высоким содержанием антоцианов и способностью сохранять антиокислительные свойства при переработке и длительном хранении. Важным параметром является экономическая эффективность производства различных добавок из растительного сырья на основе ягод.

Результаты многочисленных исследований показали, что ягоды смородины черной (*Ribes nigrum* L.) содержат в биохимическом составе целый комплекс витаминов, что позволяет использовать их как лечебно-профилактический продукт питания. Наличие флавоноидов в ягодах смородины черной обеспечивает им высокие антиоксидантные свойства, а их употребление защищает от вредного воздействия окружающей среды и оказывает в целом положительное воздействие на организм [17–19]. Причем по содержанию антоцианов плоды черной смородины являются одним из лидеров среди плодово-ягодных культур (до 180 мг / 100 г съедобной части), что позволяет использовать ягодное сырье для производства фармацевтических препаратов [20]. Включение в рацион питания ягод смородины черной способствует регенеративным процессам в организме, укреплению иммунитета [21, 22].

В настоящее время актуальны исследования по отбору наиболее перспективных сортов смородины черной с высоким содержанием антоциановых пигментов для возделывания в промышленных масштабах и разработка технологических решений по их максимальному сохранению при переработке ягодного сырья. Температура является критическим параметром промышленной обработки пищевых продуктов, который влияет на пищевую ценность, особенно воздействуя на термочувствительные соединения, в том числе антоцианы.

Необходимы дальнейшие исследования термостабильности антоцианов, определения их устойчивости при заморозке (нагревании) как в экстрактах, так и в реальных пищевых матрицах.

Цели исследования — определение суммарного содержания антоцианов в ягодах смородины черной различных сортов в сыром виде и после их длительного хранения в замороженном виде, выделение сортов с высоким содержанием антоцианов, оценка их стабильности в течение двух сезонов, рекомендация сортов для использования в качестве источников антиоксидантов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Выбранные сорта обладают ценными хозяйственными признаками в 2021 и 2022 гг. Они отличаются зимостойкостью, устойчивы к болезням и вредителям и внесены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных для производственного использования в Российской Федерации. Исключение составляет новый крупноплодный сорт Фаворит (патент № 13486¹), который проходит государственные испытания в системе ГСИ.

Исследования суммарного содержания антоцианов проведены в лаборатории репродуктивной биотехнологии ФГБНУ ФНЦ Садоводства в соответствии с ГОСТ 32709-2014² методом pH-дифференциальной спектрофотометрии [23].

В работе использовались стандартные методы для отбора проб по ГОСТ 26313-2014³ и пробоподготовки по ГОСТ 26671-2014⁴.

Отобранные ягоды смородины черной были поделены на две пробы от каждого сорта: первая проба была сразу исследована на антоцианы, а вторая — помещена на длительное хранение в кельвинатор U535 Innova (Eppendorf, Германия) с температурой ниже -70 °С для дальнейшего эксперимента по определению антоцианов.

Для реализации метода предварительно были приготовлены два буферных раствора: pH 1,0 (25 см³ 1,5%-ного раствора хлорида калия смешивали с 67 см³ 0,2 М раствора соляной кислоты) и pH 4,5 (1,64 г уксуснокислого натрия 3-водного в 100 см³ воды), значение pH доводили до номинального добавлением концентрированной соляной кислоты.

Отбирали пробы ягод массой 1,0 г (погрешность 0,1 г), затем гомогенизировали, центрифугировали с ускорением не менее 900 g в течение 20 мин. при 4 °С. Надосадочную жидкость переносили в мерные колбы вместимостью 50 см³ каждая и доводили до метки буферными растворами с pH 1,0 и 4,5 (рис. 1). При высокой концентрации антоцианов пробу дополнительно

¹ Патент на селекционное достижение № 13486. Смородина черная *Ribes nigrum* L. Фаворит. По заявке № 77686 с датой приоритета 14.12.2018 / Ф.Ф. Сазонов, заявитель ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Зарегистрировано 17.04.2024. 1 с.

² ГОСТ 32709-2014 Межгосударственный стандарт продукция соковая. Методы определения антоцианов.

³ ГОСТ 26671-2014 Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторных анализов.

⁴ ГОСТ 26313-2014 Продукты переработки фруктов и овощей. Правила приемки и методы отбора проб.

разбавляли. Коэффициент разбавления учитывали при расчете конечной концентрации антоцианов.

Раствор выдерживали в течение 15 мин. и проводили измерение оптической плотности подготовленных проб на спектрофотометре ПЭ-5400УФ («Экрос Хим», Россия) при длинах волн 510 и 700 нм (рис. 2).

Измерения оптической плотности проб проводили в двух повторностях, разность оптической плотности ΔA вычисляли как разность оптических плотностей растворов при разных длинах волн и разных значениях pH по ГОСТ 32709-2014.

Окончательные результаты оформляли согласно ГОСТ ИСО/МЭК 17025⁵ с указанием погрешности метода:

$C_{cp} \pm 0,01 \times \delta \times C_{cp}$, в условиях погрешности, млн⁻¹,

где: C_{cp} — среднее значение концентрации антоцианов, млн⁻¹; δ — границы относительной погрешности измерений, %, согласно ГОСТ 32709-2014².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основными факторами, влияющими на извлечение антоцианов из ягод и фруктовых остатков, являются характеристики образца (такие, как активность воды в образце, жесткость клеточной стенки растения). В литературе описаны различные методы выделения антоцианов из растительного сырья и оценки их содержания, предлагаются новые и совершенствуются известные методы спектрометрии [23, 24].

Для исследования были отобраны сорта смородины черной селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства, отличающиеся высокой урожайностью, стойкостью к стрессовым факторам и болезням и активно возделываемые в Центральной полосе Российской Федерации. Представляло интерес оценить эти сорта как перспективные источники функциональных добавок к продуктам питания, определить влияние условий хранения на сохранение антиоксидантной активности ягодного сырья.

По результатам оценки содержания антоцианов в ягодах смородины черной за 2021 г. были выделены сорта, имеющие высокий уровень содержания антоцианов (более 1400 млн⁻¹). Такими сортами оказались Бармалей, Дебрянск, Миф, Фаворит.

Самый высокий показатель суммы антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид в 2021 г. отмечен в плодах крупноплодного сорта Дебрянск (1860 ± 130 млн⁻¹), а самый низкий — у десертного сорта Брянский агат (1010 ± 70 млн⁻¹).

Оценка содержания антоцианов за 2022 г. показала, что сорта Дебрянск и Миф были лидерами по накоплению антоцианов. Самый высокий показатель суммы антоцианов в 2022 г. отмечен у сорта Дебрянск (1730 ± 121 млн⁻¹), а самый низкий — у сорта Стрелец (950 ± 95 млн⁻¹). По результатам оценки среднего показателя содержания антоцианов в ягодах смородины черной за 2021–2022 гг. были выделены сорта с высоким уровнем их содержания (Бармалей, Дебрянск, Миф, Фаворит).

Рис. 1. Осветленная проба в двух пробирках с буферным раствором pH 1,0 и 4,5. Фото автора

Fig. 1. The clarified sample in two tubes with buffer solution pH 1.0 and 4.5. Author's photo



Рис. 2. Измерение оптической плотности подготовленных проб на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Фото автора

Fig. 2. Measurement of absorbance of the prepared samples using a PE-5400UF spectrophotometer. Author's photo



Самый высокий средний показатель суммы антоцианов в ягодах отмечен у сорта Дебрянск (1795 ± 125 млн⁻¹), а самый низкий — у сорта Брянский агат (985 ± 98 млн⁻¹) (табл. 1).

Для оценки возможности использования ягод смородины черной после длительного хранения в замороженном виде в качестве источника антиоксидантов проведены исследования содержания суммы антоцианов в ягодах, хранящихся в замороженном виде при -75 °C в течение 7 мес.

По результатам оценки суммы антоцианов установлено, что в плодах сортов Бармалей, Брянский агат, Дебрянск, Миф, Чародей, Гамаюн, Вера, Фаворит, Каскад и Подарок ветеранам количество антоцианов снизилось (от 5,4 до 52,1%), а в ягодах сортов Стрелец и Кудесник — увеличилось (0,4–5,7%) (рис. 3).

Таблица 1. Содержание антоцианов в ягодах смородины черной

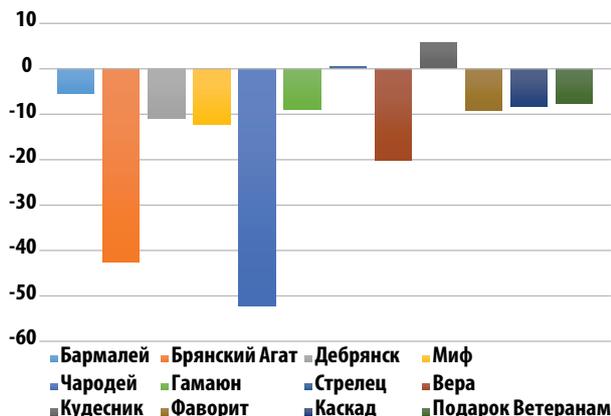
Table 1. Anthocyanin content in blackcurrant berries

Сорт	Сумма антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, млн ⁻¹			
	2021 г.	2022 г.	Средний показатель содержания антоцианов	Пробы, хранившиеся 7 мес. при -75 °C
Бармалей	1400 ± 98	1350 ± 94	1375 ± 96	1302 ± 91
Брянский агат	1010 ± 70	960 ± 88	985 ± 98	566 ± 56
Дебрянск	1860 ± 130	1730 ± 121	1795 ± 125	1597 ± 111
Миф	1480 ± 103	1390 ± 97	1435 ± 100	1260 ± 88
Чародей	1050 ± 73	1010 ± 70	1030 ± 72	493 ± 49
Гамаюн	1190 ± 83	1300 ± 91	1245 ± 87	1133 ± 79
Стрелец	1060 ± 74	950 ± 95	1005 ± 70	1010 ± 70
Вера	1160 ± 81	1220 ± 85	1190 ± 83	950 ± 95
Кудесник	1290 ± 73	1120 ± 78	1205 ± 84	1279 ± 89
Фаворит	1450 ± 101	1300 ± 91	1375 ± 96	1250 ± 87
Каскад	1020 ± 71	1140 ± 79	1080 ± 75	990 ± 90
Подарок ветеранам	1060 ± 76	1120 ± 78	1090 ± 76	1005 ± 70
Средний показатель содержания антоцианов	1252,5 ± 87	1215,8 ± 85	1234,1 ± 86	1069 ± 74

⁵ ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

Рис. 3. Оценка изменения содержания суммы антоцианов (%) в замороженных ягодах смородины при длительном хранении и низких температурах

Fig. 3. Evaluation of changes in the content of anthocyanins (%) in frozen currant berries during long-term storage and low temperatures



Подобное отклонение (до 7%) как в сторону увеличения, так и уменьшения укладывается в погрешность метода, однако резкое снижение количества антоцианов (сорт Брянский агат, Чародей) может быть связано с разрушением оболочек клеток, из-за чего произошло взаимодействие антоцианов с внешней средой, низким содержанием аскорбиновой кислоты или других антиоксидантов, пониженной общей кислотностью.

На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности использования ягодного сырья

смородины черной в качестве перспективного источника антоцианов, обладающих выраженной антиоксидантной активностью.

Выводы/Conclusions

Проведенные исследования позволили установить возможность использования ягод смородины черной в качестве источника антоцианов, определили возможные технологические условия сохранения антиоксидантных свойств ягодного сырья при переработке и длительном хранении.

Оценка суммарного содержания антоцианов в ягодах смородины черной в течение двух лет, количества антоцианов в плодах после их длительного хранения в замороженном виде позволила выделить сорта Дебрянск, Фаворит, Бармалей, Миф как наиболее ценные для использования в качестве функциональной добавки к продуктам питания и для дальнейшего использования как продуктов — источников антиоксидантов.

Оценка влияния длительной заморозки ягод смородины черной позволила выявить снижение количества антоцианов в плодах, что необходимо учитывать при хранении данной продукции и изготовлении на их основе биологически активных добавок.

Обеспечение надлежащих термических условий для обработки продуктов, богатых антоцианами, позволит разработать рациональный дизайн для будущего производства стабильных функциональных продуктов, в значительной степени сохраняющих биологическую активность и их функциональные возможности.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием по теме ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2022-0001 «Воспроизводство и сохранение ценных генотипов плодовых и ягодных культур методами новых биотехнологий».

FUNDING

The research was carried out in part to carry out the work provided for by the state assignment on the topic Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery FGUW-2022-0001 "Reproduction and preservation of valuable genotypes of fruit and berry crops using new biotechnology methods."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Imran M. *et al.* Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 1–27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
- Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
- Thiruvengadam M. *et al.* Bioactive Compounds in Oxidative Stress-Mediated Diseases: Targeting the NRF2/ARE Signaling Pathway and Epigenetic Regulation. *Antioxidants*. 2021; 10(12): 1859. <https://doi.org/10.3390/antiox10121859>
- Mitra S. *et al.* Potential health benefits of carotenoid lutein: an updated review. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 154: 112328. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112328>
- Bouyahya A. *et al.* Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 118: 519–538. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.017>
- Колдаев В.М., Кропотов А.В. Антоцианы в практической медицине. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2021; (3): 24–28. <https://elibrary.ru/tidsba>
- Thorntwaite J.T., Thibado S.P., Thorntwaite K.A. Bilberry anthocyanins as agents to address oxidative stress. Preedy V.R. (ed.). *Pathology. Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. Academic Press. 2020; 179–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815972-9.00017-2>
- Aly A.A., Ali H.G.M., Eliwa N.E.R. Phytochemical screening, anthocyanins and antimicrobial activities in some berries fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019; 13(2): 911–920. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0005-0>
- Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(2): 56–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>
- Акимов М.Ю. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства. *Вопросы питания*. 2020; 89(4): 220–232. <https://elibrary.ru/uoaqlm>

REFERENCES

- Imran M. *et al.* Lycopene as a natural antioxidant used to prevent human health disorders. *Antioxidants*. 2020; 9(8): 1–27. <https://doi.org/10.3390/antiox9080706>
- Ahmed S. *et al.* Therapeutic potentials of crocin in medication of neurological disorders. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 145: 111739. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111739>
- Thiruvengadam M. *et al.* Bioactive Compounds in Oxidative Stress-Mediated Diseases: Targeting the NRF2/ARE Signaling Pathway and Epigenetic Regulation. *Antioxidants*. 2021; 10(12): 1859. <https://doi.org/10.3390/antiox10121859>
- Mitra S. *et al.* Potential health benefits of carotenoid lutein: an updated review. *Food and Chemical Toxicology*. 2021; 154: 112328. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112328>
- Bouyahya A. *et al.* Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 118: 519–538. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.017>
- Koldaev V.M., Kropotov A.V. Anthocyanins in practical medicine. *Pacific Medical Journal*. 2021; (3): 24–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/tidsba>
- Thorntwaite J.T., Thibado S.P., Thorntwaite K.A. Bilberry anthocyanins as agents to address oxidative stress. Preedy V.R. (ed.). *Pathology. Oxidative Stress and Dietary Antioxidants*. Academic Press. 2020; 179–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815972-9.00017-2>
- Aly A.A., Ali H.G.M., Eliwa N.E.R. Phytochemical screening, anthocyanins and antimicrobial activities in some berries fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019; 13(2): 911–920. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-0005-0>
- Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhananova E.V. Role of Fruits and Berries in Providing Human with Vital Biologically Active Substances. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(2): 56–60 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>
- Akimov M.Yu. *et al.* Biological value of fruits and berries of Russian production. *Problems of Nutrition*. 2020; 89(4): 220–232 (in Russian). <https://elibrary.ru/uoaqlm>

11. Ma Y., Ding S., Fei Y., Liu G., Jang H., Fang J. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*. 2019; 106: 106712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106712>
12. Юдина Р.С., Гордеева Е.И., Шоева О.Ю., Тихонова М.А., Хлесткина Е.К. Антоцианы как компоненты функционального питания. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021; 25(2): 178–189. <https://doi.org/10.18699/VJ21.022>
13. Tena N., Martín J., Asuero A.G. State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*. 2020; 9(5): 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
14. Krga I., Milenkovic D. Anthocyanins: From Sources and Bioavailability to Cardiovascular-Health Benefits and Molecular Mechanisms of Action. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019; 67(7): 1771–1783. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06737>
15. Zhang L., Wu G., Wang W., Yue J., Yue P., Gao X. Anthocyanin profile, color and antioxidant activity of blueberry (*Vaccinium ashei*) juice as affected by thermal pretreatment. *International Journal of Food Properties*. 2019; 22(1): 1035–1046. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1625366>
16. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2020; 25(17): 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
17. Сазонов Ф.Ф. Роль генотипа и погодных условий в формировании хозяйственно ценных признаков интродуцированных сортов черной смородины. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (11): 61–70. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-61-70>
18. Jayarathne S., Stull A.J., Park O.-H., Kim J.H., Thompson L., Moustaid-Moussa N. Protective Effects of Anthocyanins in Obesity-Associated Inflammation and Changes in Gut Microbiome. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2019; 63(20): 1900149. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900149>
19. Яшин А.Я., Веденин А.Н., Яшин Я.И., Немзер Б.В. Ягоды: химический состав, антиоксидантная активность. Влияние потребления ягод на здоровье человека. *Аналитика*. 2019; 9(3): 222–231. <https://elibrary.ru/pmakyj>
20. Сазонов Ф.Ф. Оценка интродуцированных сортов смородины черной для использования в производстве и селекции. *Садоводство и виноградарство*. 2022; (4): 16–26. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-16-26>
21. 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>
22. Šimerdová B., Bobříková M., Lhotská I., Kaplan J., Křenová A., Šatínský D. Evaluation of Anthocyanin Profiles in Various Blackcurrant Cultivars over a Three-Year Period Using a Fast HPLC-DAD Method. *Foods*. 2021; 10(8): 1745. <https://doi.org/10.3390/foods10081745>
23. Zhang J., Singh R., Quek S.Yu. Extraction of Anthocyanins from Natural Sources — Methods and Commercial Considerations. Brooks M.S.-L., Celli G.B. (eds.). *Anthocyanins from Natural Sources: Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. *Royal Society of Chemistry*. 2019; 77–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.103>
24. Cvjetko Bubalo M., Vidović S., Radojčić Redovniković I., Jokić S. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*. 2018; 109: 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>
11. Ma Y., Ding S., Fei Y., Liu G., Jang H., Fang J. Antimicrobial activity of anthocyanins and catechins against foodborne pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*. 2019; 106: 106712. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106712>
12. Yudina R.S., Gordeeva E.I., Shoeva O.Yu., Tikhonova M.A., Khlestkina E.K. Anthocyanins as functional food components. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25(2): 178–189 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ21.022>
13. Tena N., Martín J., Asuero A.G. State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*. 2020; 9(5): 451. <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
14. Krga I., Milenkovic D. Anthocyanins: From Sources and Bioavailability to Cardiovascular-Health Benefits and Molecular Mechanisms of Action. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019; 67(7): 1771–1783. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06737>
15. Zhang L., Wu G., Wang W., Yue J., Yue P., Gao X. Anthocyanin profile, color and antioxidant activity of blueberry (*Vaccinium ashei*) juice as affected by thermal pretreatment. *International Journal of Food Properties*. 2019; 22(1): 1035–1046. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1625366>
16. Mattioli R., Francioso A., Mosca L., Silva P. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. *Molecules*. 2020; 25(17): 3809. <https://doi.org/10.3390/molecules25173809>
17. Sazonov F.F. The genotype and weather conditions role in shaping economically valuable features of introduced black currant varieties. *Bulletin of KrasGAU*. 2021; (11): 61–70 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-61-70>
18. Jayarathne S., Stull A.J., Park O.-H., Kim J.H., Thompson L., Moustaid-Moussa N. Protective Effects of Anthocyanins in Obesity-Associated Inflammation and Changes in Gut Microbiome. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2019; 63(20): 1900149. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900149>
19. Yashin A.Ya., Vedenin A.N., Yashin Ya.I., Nemzer B.V. Berries: chemical composition, antioxidant activity. Impact of consumption of berries on health of the person. *Analytics*. 2019; 9(3): 222–231 (in Russian). <https://elibrary.ru/pmakyj>
20. Sazonov F.F. Evaluation of introduced blackcurrant varieties for production and breeding. *Horticulture and viticulture*. 2022; (4): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2022-4-16-26>
21. Mikhailova I.V., Filipova 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>
22. Šimerdová B., Bobříková M., Lhotská I., Kaplan J., Křenová A., Šatínský D. Evaluation of Anthocyanin Profiles in Various Blackcurrant Cultivars over a Three-Year Period Using a Fast HPLC-DAD Method. *Foods*. 2021; 10(8): 1745. <https://doi.org/10.3390/foods10081745>
23. Zhang J., Singh R., Quek S.Yu. Extraction of Anthocyanins from Natural Sources — Methods and Commercial Considerations. Brooks M.S.-L., Celli G.B. (eds.). *Anthocyanins from Natural Sources: Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. *Royal Society of Chemistry*. 2019; 77–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.103>
24. Cvjetko Bubalo M., Vidović S., Radojčić Redovniković I., Jokić S. New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*. 2018; 109: 52–73. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.03.001>

ОБ АВТОРАХ

Алла Гузеева¹

аспирант
alla1988.88@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4654-8413>

Ирина Александровна Капитова¹

кандидат химических наук, старший научный сотрудник
kiastandart@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3629-4461>

Фёдор Фёдорович Сазонов¹

доктор сельскохозяйственных наук,
доцент, ведущий научный сотрудник
sazon-f@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1760-5992>

Константин Витальевич Павлов¹

кандидат химических наук, старший научный сотрудник
pavlovkonsta@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-4445-6314>

Владимир Владимирович Захарычев²

кандидат химических наук, доцент кафедры
zakharichev.v.v@muctr.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2142-4822>

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства) Загорьевская ул., 4, Москва, 115598, Россия

²Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Миусская пл., 9, Москва, 125047, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alla Guzeeva¹

Graduate Student
alla1988.88@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4654-8413>

Irina Aleksandrovna Kapitova¹

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher
kiastandart@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3629-4461>

Fyodor Fedorovich Sazonov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher
sazon-f@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1760-5992>

Konstantin Vitalievich Pavlov¹

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher
pavlovkonsta@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0004-4445-6314>

Vladimir Vladimirovich Zakharychev²

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department
zakharichev.v.v@muctr.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2142-4822>

¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorievskaya Str., Moscow, 115598, Russia

²Dmitry Mendeleev University, 9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia

И.А. Павлова ✉
 Е.А. Луцкая
 А.С. Абдурашитова
 В.П. Клименко
 М.И. Григоренко

Всероссийский национальный
 научно-исследовательский институт
 виноградарства и виноделия «Магарач»
 Российской академии наук, Ялта, Россия

✉ biogen@magarach-institut.ru

Поступила в редакцию: 12.04.2024
 Одобрена после рецензирования: 02.10.2024
 Принята к публикации: 17.10.2024

© Павлова И.А., Луцкая Е.А., Абдурашитова А.С.,
 Клименко В.П., Григоренко М.И.

Оптимизация углеводного питания для сохранения генетических ресурсов винограда в системе *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В институте «Магарач» создана «Вегетирующая коллекция растений *in vitro* перспективных сортов, гибридов и клонов винограда». Актуальными являются исследования по изучению возможности использования питательных сред как с повышенной концентрацией сахарозы, так и без содержания данного вещества при длительном беспересадочном культивировании растений винограда *in vitro*.

Методы. Цель исследования — изучение влияния углеводного питания для поддержания образцов коллекции растений *in vitro* в условиях замедленного роста и состояния глубокого покоя. Материалом для исследования были растения винограда *in vitro* технических сортов селекции института «Магарач»: Антей магарачский, Гранатовый Магарача, Памяти Голодриги. Культивирование проводили на среде PG, разработанной в институте «Магарач», использовали три варианта среды: без сахарозы, 10 г/л (контроль), 60 г/л.

Результаты. Растения винограда при длительном культивировании *in vitro* на средах без сахарозы, с сахарозой 10 мг/л и 60 мг/л сохраняют жизнеспособность, при этом морфогенетический потенциал проявляется выше на среде без сахарозы. Отсутствие сахарозы в среде не оказалось ограничительным фактором для морфогенеза растений винограда. Использование среды культивирования с сахарозой в концентрации 60 мг/л для культивирования растений в коллекции винограда *in vitro* представляется более перспективным. Для поддержания образцов коллекции может быть использован комбинированный режим, состоящий из двух этапов культивирования: первый — свет интенсивностью 1000 лк в условиях 16-часового фотопериода при температуре +25–27 °С, продолжительность периода — до полного одревеснения побега; второй — при низких положительных температурах +2–4 °С в темноте. Период беспересадочного сохранения в комбинированном режиме будет зависеть от генетической специфичности конкретного сорта.

Ключевые слова: морфогенез, питательная среда, сахароза, сорт, виноград

Для цитирования: Павлова И.А., Луцкая Е.А., Абдурашитова А.С., Клименко В.П., Григоренко М.И. Оптимизация углеводного питания для сохранения генетических ресурсов винограда в системе *in vitro*. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 104–108.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-104-108>

Optimization of carbohydrate nutrition in order to protect grapevine genetic resources in the system *in vitro*

ABSTRACT

Relevance. Vegetative collection of *in vitro* plants of promising varieties, hybrids and clones of grapes was created in the Institute Magarach. Now it is relevant to study the possibility of using nutrient media, both with an increased concentration of sucrose and sucrose-free, for long-term non-replanting cultivation of grape plants *in vitro*.

Methods. *The aim of the study* is to study the effect of carbohydrate nutrition for maintaining plant collection samples *in vitro* in conditions of slow growth and deep rest.

Study materials were grape plants *in vitro* of wine varieties of the Institute Magarach breeding: Antei Magarachskiy, Granatoviy Magaracha, Pamyati Golodrigi. Cultivation was carried out on PG medium developed at the Institute Magarach; three medium variants were used: sucrose-free, 10 g/l (as a control), 60 g/l.

Results. Grape plants, when cultivated *in vitro* for a long time on a sucrose-free, 10 mg/l and 60 mg/l sucrose media, retain their viability, while morphogenetic potential is better manifested on a sucrose-free medium. The absence of sucrose in the medium is not a limiting factor for morphogenesis of grape plants. It seems more promising to use a medium with sucrose concentration 60 mg/l for cultivating grape plants in the collection *in vitro*. To maintain the samples of the collection, a combined mode can be used, consisting of two stages of cultivation: the first is light with an intensity of 1000 lux under conditions of a 16-hour photoperiod at a temperature of +25–27 °C, the duration of the period is until the shoot is completely lignified; the second is at low positive temperatures of +2–4 °C in the dark. The period of non-replanting protection in a mixed regime will depend on the genetic specificity of a particular variety.

Key words: morphogenesis, nutrient medium, sucrose, variety, grape

For citation: Pavlova I.A., Lushchay E.A., Abdurashitova A.S., Klimenko V.P., Grigorenko M.I. Optimization of carbon nutrition in order to protect grapevine genetic resources in the system *in vitro*. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 104–108 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-104-108>

Irina A. Pavlova ✉
 Ekaterina A. Lushchay
 Anife S. Abdurashitova
 Viktor P. Klimenko
 Maria I. Grigorenko

All-Russian National Research Institute
 of Viticulture and Winemaking "Magarach"
 of the Russian Academy of Sciences, Yalta,
 Russia

✉ biogen@magarach-institut.ru

Received by the editorial office: 12.04.2024
 Accepted in revised: 02.10.2024
 Accepted for publication: 17.10.2024

© Pavlova I.A., Lushchay E.A., Abdurashitova A.S.,
 Klimenko V.P., Grigorenko M.I.

Введение/Introduction

В связи с изменением климата, техногенными катастрофами, урбанизацией, сокращением возделываемых площадей исчезают или стоят на грани исчезновения редкие автохтонные и селекционные сорта винограда [1–4]. Полевые коллекции занимают значительные площади и требуют значительных затрат на проведение агротехнических операций. Становится актуальным создание коллекций культурных растений, культивируемых в контролируемых условиях *in vitro* [5–9].

Использование методов *in vitro* для сохранения и поддержания генофонда винограда имеет некоторые преимущества. Значительно уменьшаются потребности в площади, экономятся ресурсы, снижаются производственные затраты [7, 10–13].

В институте «Магарач» создана «Вегетирующая коллекция растений *in vitro* перспективных сортов, гибридов и клонов винограда»¹. Основную часть коллекции составляют растения автохтонных крымских сортов и селекционных сортов института «Магарач». Разработаны режимы для поддержания образцов вегетирующей коллекции в условиях активного и замедленного роста и в условиях глубокого покоя [14].

Методики, обеспечивающие медленный рост, основаны на снижении температуры и освещенности, модификации среды, добавления веществ ингибирующего действия.

Углеводы — незаменимые компоненты для культивирования изолированных клеток и тканей, так как в большинстве случаев последние не способны к автотрофному питанию. Чаще всего в качестве источника углеводов используют сахарозу или глюкозу в концентрациях 20–40 г на 1 л раствора.

Сахароза — основной энергетический материал растений, образующийся в процессе фотосинтеза [15]. Повышенная концентрация сахарозы в питательной среде задерживает рост клеток, не вызывая токсического эффекта, поэтому может быть использована для поддержания культур в состоянии покоя в течение длительного периода [6, 16, 17]. Кроме того, высокий уровень сахарозы (аналогично действию пролина) обеспечивает растительным клеткам возможность без повреждения переносить температуру ниже 0 °C [18].

Актуальными являются исследования по изучению возможности использования питательных сред как с повышенной концентрацией сахарозы, так и без содержания данного вещества для культивирования растений винограда в вегетирующих коллекциях *in vitro*.

Авторами установлено, что предельная для сохранения гармоничного роста морфогенных структур растений винограда *in vitro* концентрация сахарозы в среде культивирования составляет 60 г/л [18].

Цель исследования — оптимизирование углеводного питания растений для поддержания образцов коллекции в условиях замедленного роста и состояния глубокого покоя.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в лаборатории генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда Всероссийского национального научно-исследовательского института виноградарства и виноделия «Магарач» РАН в 2022–2023 гг.

Материалом для исследования служили растения винограда технических сортов селекции института «Магарач» Антей магарачский, Гранатовый Магарача, Памяти Голодриги, культивируемые в условиях *in vitro*. В процессе исследований использовали методы, разработанные в институте «Магарач»² [19].

Культивирование проводили на среде PG (Plant growth, 1995 г.) [19]. В исследовании использовали три варианта среды: без сахарозы, 10 г/л (контроль), 60 г/л [18]. В стерильных условиях растения *in vitro* черенковали на двухглазковые экспланты и высаживали в пробирки диаметром 20 мм на питательные среды.

Культивирование растений осуществляли на свету при 16-часовом фотопериоде интенсивностью 1000 люкс и температуре +25–27 °C.

Растения анализировали по морфометрическим показателям (длина побега, количество корней и междоузлий), приживаемость и вызревание побега — через 4 и 10 месяцев после начала культивирования.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Microsoft Excel (США).

Различия между вариантами считали статистически значимыми при уровне достоверности $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Приживаемость по всем средам 100% была только у эксплантов сорта Памяти Голодриги. Анализ развития морфологических структур через 4 месяца культивирования показал, что морфометрические показатели экспериментальных растений были ниже, чем у контроля, при этом сохранялся гармоничный рост осевых органов (табл. 1).

Показатель длина корня по всем сортам был выше на среде без сахарозы. Для растений сортов Антей магарачский и Гранатовый Магарача на контрольной среде показатели «длина побега» и «количество

Таблица 1. Морфометрические показатели растений *in vitro* через 4 месяца после начала культивирования

Table 1. Morphometric parameters of plants *in vitro* 4 months after the start of cultivation

Название сорта	Концентрация сахарозы, г/л	Приживаемость, %	Длина побега, см	Кол-во корней, шт.	Кол-во междоузлий, шт.	Вызревание побега, %
Антей магарачский	0	80	7,04 ± 0,83	5,50 ± 1,77	13,00 ± 2,27	–
	10	30	12,06 ± 2,13	4,25 ± 1,28	15,38 ± 1,55	–
	60	100	8,81 ± 3,31	3,00 ± 1,56	10,14 ± 2,45	32,12
Гранатовый Магарача	0	100	8,83 ± 4,04	5,57 ± 1,10	11,33 ± 4,04	–
	10	90	15,31 ± 4,33	2,00 ± 1,94	15,63 ± 2,28	–
	60	50	9,37 ± 1,11	1,60 ± 0,84	13,00 ± 1,15	47,28
Памяти Голодриги	0	100	12,30 ± 1,92	3,60 ± 2,99	14,00 ± 1,25	–
	10	100	10,94 ± 0,59	2,20 ± 1,10	16,60 ± 2,07	–
	60	100	8,68 ± 2,50	1,90 ± 1,29	12,70 ± 1,34	55,24

¹ <https://docs.cntd.ru/document/436761964/titles/8QM0M7>

² Голодрига П.Я., Зленко В.А., Чекмарев Л.А., Бутенко Р.Г., Левенко Б.А., Пивень Н.М. Методические рекомендации по клональному микроразмножению винограда. Ялта: ВНИИВиП. 1986; 56.

междоузлий» были выше, чем на опытных средах (рис. 1). Это указывает на замедление ростовых процессов, что важно для сохранения растительного материала.

Показатель «вызревание лозы» у растений, культивируемых на среде с сахарозой 60 мг/л, варьировал по сортам. Иная картина по определяемым показателям у растений сорта Памяти Голодриги. Показатель «длина побега» выше на среде без сахарозы, что при меньшем количестве междоузлий (по сравнению с

Рис. 1. Развитие побега у растений винограда *in vitro* на средах с различной концентрацией сахарозы
Fig. 1. Shoot development in grape plants *in vitro* on media with a low concentration of sucrose

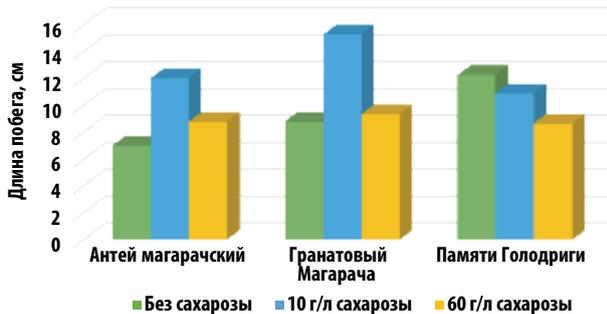
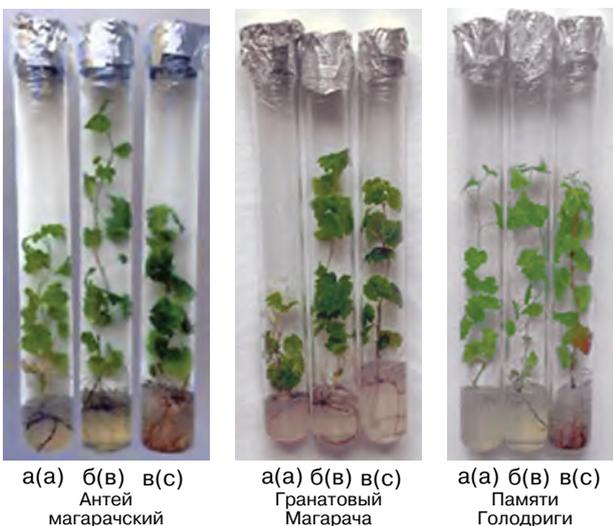


Рис. 2. Количество междоузлий у растений винограда *in vitro* на средах с различной концентрацией сахарозы
Fig. 2. The number of internodes in grape plants *in vitro* on media with different concentrations of sucrose



Рис. 3. Растения винограда *in vitro* через 4 месяца на средах с различной концентрацией сахарозы: а — без сахарозы; б — концентрация сахарозы 10 г/л (контроль); в — концентрация сахарозы 60 г/л. Автор фото — А.С. Абдурашитова
Fig. 3. Grape plants *in vitro* after 4 months on media with different sucrose concentrations: a — without sucrose; b — sucrose concentration of 10 g/l (control); c — sucrose concentration of 60 g/l. The author of the photo is A.S. Abdurashitova



контролем) указывает на рост побега за счет растяжения (рис. 1, 2).

Выявлена сортовая специфичность по наличию хлорофилла в листьях у растений, предназначенных для сохранения на свету при пониженном освещении и по степени вызревания побега у растений, в будущем сохраняемых при низких положительных температурах в темноте (рис. 3).

У растений сорта Гранатовый Магарача были отмечены низкая приживаемость эксплантов на среде без сахарозы и частичное отсутствие хлорофилла в листьях, что не было характерным для других сортов.

Через 10 месяцев культивирования (рис. 4) провели анализ развития морфологических структур по показателям «длина побега», «количество междоузлий» (рис. 5).

Растения всех сортов на среде без сахарозы при заданных условиях продолжали развиваться и по показателям «длина побега» и «количество междоузлий» превышали контроль. По показателю «количество междоузлий» растения всех сортов на среде с

Рис. 4. Растения винограда *in vitro* на средах с различной концентрацией сахарозы через 10 месяцев культивирования: а — без сахарозы; б — концентрация сахарозы 10 г/л (контроль); в — концентрация сахарозы 60 г/л. Автор фото — А.С. Абдурашитова
Fig. 4. Grape plants *in vitro* on media with different sucrose concentrations after 10 months of cultivation: a — without sucrose; b — sucrose concentration of 10 g/l (control); c — sucrose concentration of 60 g/l. The author of the photo is A.S. Abdurashitova

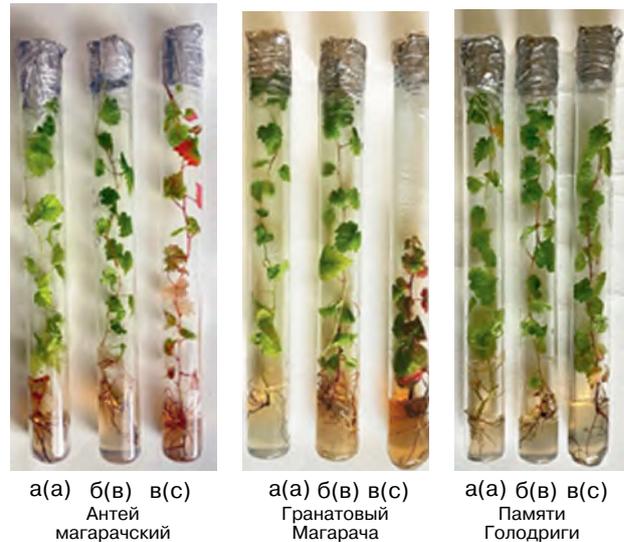
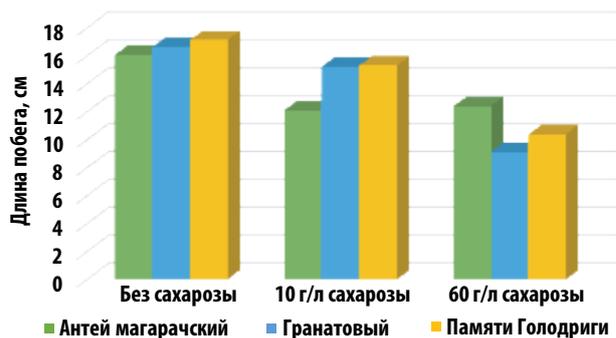


Рис. 5. Развитие побега у растений винограда *in vitro* на средах с различной концентрацией сахарозы
Fig. 5. Shoot development in grape plants *in vitro* on media with different concentrations of sucrose



сахарозой в концентрации 60 мг/л превышали контроль (рис. 6).

Можно заключить, что на среде с сахарозой 60 мг/л морфогенез побега проходил за счет верхушечного роста. При повышенной концентрации сахарозы побег полностью одревеснел, проявилась осенняя окраска листьев, при этом признаков увядания не наблюдалось.

Таким образом, растения винограда при длительном культивировании *in vitro* на средах без сахарозы, с сахарозой 10 мг/л и 60 мг/л сохраняют жизнеспособность, при этом показатель «длина побега» у растений выше на среде без сахарозы. Видимо, фотосинтез листового аппарата достаточно обеспечивает энергией для гармоничного роста, что в данном случае ограничивает период беспересадочного поддержания растений *in vitro*.

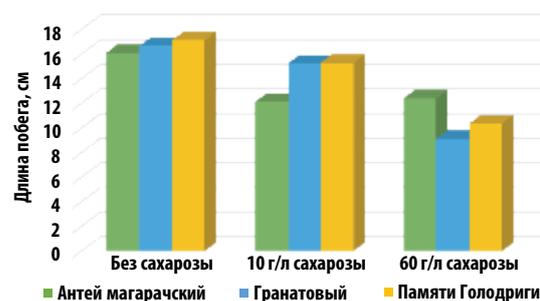
Выводы/Conclusion

Установлено, что по всем исследуемым в эксперименте сортам (Антей магарачский, Гранатовый Магарача, Памяти Голодриги) на среде 60 мг/л сохраняется гармоничный рост, наблюдается одревеснение лозы, что может благоприятно влиять на сохранение образцов при пониженной положительной температуре.

Для поддержания образцов коллекции может быть использован комбинированный режим, состоящий из

Рис. 6. Количество междоузлий у растений винограда *in vitro* на средах с различной концентрацией сахарозы

Fig. 6. The number of internodes in grape plants *in vitro* on media with different concentrations of sucrose



двух этапов культивирования: первый — свет интенсивностью 1000 лк в условиях 16-часового фотопериода при температуре +25–27 °С, продолжительность периода — до полного одревеснения побега; второй — при низких положительных температурах +2–4 °С в темноте.

Продолжительность беспересадочного сохранения в комбинированном режиме зависит от генетической специфичности конкретного сорта, физиологического состояния растения и условий культивирования.

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

- Makuev G.A., Isrigova T.A., Mukailov M.D., Salmanov M.M., Magomedov M.G. Technological assessment of native grapes varieties for winemaking in the conditions of southern Dagestan. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference*. IOP Publishing Ltd. 2022; 979: 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012018>
- Gorbunov I.V., Mikhailovskiy S., Byhalova O. Wild grapes of Kuban, their ecological and biological features of growth. *International Scientific Online-Conference "Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops" 2020*. EDP Sciences. 2020; 25: 02007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202502007>
- Gorbunov I.V., Lukyanov A.A. New studies of wild-growing grapes of Kuban: ecology, morphology, variability. *E3S Web of Conferences. Series: International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021*. EDP Sciences. 2021; 254: 01021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401021>
- Feyzullaev B.A. Agrobiological and phenological characteristics of Dagestan aboriginal grape varieties in the conditions of the Krasnodar region. *International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023)*. Les Ulis. 2024; 494: 4015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404015>
- Решетников В.Н., Спиридович Е.В., Носов А.М. Биотехнология растений и перспективы ее развития. *Физиология растений и генетика*. 2014; 46(1): 3–18. <https://elibrary.ru/tijhov>
- Митрофанова И.В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур. Киев: *Аграрна наука*. 2011; 344.
- Cruz-Cruz C.A., González-Arno M.T., Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity. *Resources*. 2013; 2(2): 73–95. <https://doi.org/10.3390/resources2020073>
- Новикова Т.И. Использование биотехнологических подходов для сохранения биоразнообразия растений. *Растительный мир Азиатской России*. 2013; (2): 119–128. <https://elibrary.ru/rivuxz>
- Плаксина Т.В., Пшечева Г.Н. Биотехнология в селекции, размножении и сохранении растений. *Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН*. 2014; 12: 22–30. <https://elibrary.ru/tbpupt>
- Дорошенко Н.П. Оздоровление, клональное микроразмножение и депонирование винограда в культуре *in vitro*. «Магарач». *Виноградарство и виноделие*. 2015; (3): 49–51. <https://elibrary.ru/ugxknr>

REFERENCES

- Makuev G.A., Isrigova T.A., Mukailov M.D., Salmanov M.M., Magomedov M.G. Technological assessment of native grapes varieties for winemaking in the conditions of southern Dagestan. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture. International Scientific and Practical Conference*. IOP Publishing Ltd. 2022; 979: 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012018>
- Gorbunov I.V., Mikhailovskiy S., Byhalova O. Wild grapes of Kuban, their ecological and biological features of growth. *International Scientific Online-Conference "Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and Reproduction of Perennial Crops" 2020*. EDP Sciences. 2020; 25: 02007. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202502007>
- Gorbunov I.V., Lukyanov A.A. New studies of wild-growing grapes of Kuban: ecology, morphology, variability. *E3S Web of Conferences. Series: International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations", FARBA 2021*. EDP Sciences. 2021; 254: 01021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401021>
- Feyzullaev B.A. Agrobiological and phenological characteristics of Dagestan aboriginal grape varieties in the conditions of the Krasnodar region. *International Conference on Ensuring Sustainable Development: Ecology, Energy, Earth Science and Agriculture (AEES2023)*. Les Ulis. 2024; 494: 4015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449404015>
- Reshetnikov V.N., Spiridovich E.V., Nosov A.M. Plant biotechnology and perspectives of its development. *Plant physiology and genetics*. 2014; 46(1): 3–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/tijhov>
- Mitrofanova I.V. Somatic embryogenesis and organogenesis as the basis of biotechnology for the production and preservation of perennial garden crops. Kyiv: *Agrarna nauka*. 2011; 344 (in Russian).
- Cruz-Cruz C.A., González-Arno M.T., Engelmann F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity. *Resources*. 2013; 2(2): 73–95. <https://doi.org/10.3390/resources2020073>
- Novikova T.I. Use of biotechnological approaches for the conservation of plant biodiversity. *Flora and vegetation of Asian Russia*. 2013; (2): 119–128 (in Russian). <https://elibrary.ru/rivuxz>
- Plaksina T.V., Pishcheva G.N. Biotechnology in breeding, propagation and conservation of plants. *Byulleten' Botanicheskogo sada-instituta DVO RAN*. 2014; 12: 22–30 (in Russian). <https://elibrary.ru/tbpupt>
- Doroshenko N.P. Healthy, clonal micro reproduction and deposition of grapes in culture *in vitro*. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2015; (3): 49–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/ugxknr>

11. Молканова О.И., Коновалова Л.Н., Стахеева Т.С. Особенности размножения и сохранения ценных и редких видов растений в условиях *in vitro*. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2016; 120: 17–23. <https://elibrary.ru/wjugwz>

12. Дунаева С.Е., Орлова С.Ю., Тихонова О.А., Гавриленко Т.А. Образцы ягодных и плодовых культур и их дикорастущих родичей в коллекции *in vitro* ВИР. *Биотехнология и селекция растений*. 2018; 1(1): 43–51. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2018-1-43-51>

13. Tehrim S., Sajid G.M. *In vitro* Establishment, Conservation and its Implications for Grape Germplasm Biodiversity. *Romanian Biotechnological Letters*. 2011; 16(6): 6781–6789.

14. Pavlova I.A., Klimenko V.P., Zlenko V.A., Lusichay E.A., Abdurashitova A.S., Grigorenko M.I. Conservation of grape genetic resources in the system *in vitro*. *BIO Web of Conferences*. 2023; 78: 02005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237802005>

15. Матушкина О.В., Пронина И.Н. Роль углеводов при клональном микропомножении садовых растений. *Ягодководство и пловодство России*. 2018; 54: 106–110. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-106-110>

16. Дорошенко Н.П., Куприкова А.С., Пузырнова В.Г. Влияние сахарозы на замедление роста и сохранение растений винограда в коллекции *in vitro*. *Пловодство и виноградарство юга России*. 2017; 46: 33–44. <https://elibrary.ru/yzjxnp>

17. Пузырнова В.Г., Дорошенко Н.П. Особенности применения углеводов для создания коллекции винограда *in vitro*. «Магарач». *Виноградарство и виноделие*. 2023; 25(1): 14–23. <https://doi.org/10.34919/IM.2023.25.1.002>

18. Павлова И.А. Оптимизация среды культивирования для поддержания вегетирующей коллекции растений винограда *in vitro*. *Актуальные проблемы биотехнологии: оздоровление и размножение плодовых, ягодных, дикорастущих культур и винограда. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Махачкала: АЛЕФ. 2019; 66–71. <https://elibrary.ru/czivsx>

19. Zlenko V.A., Troshin L.P., Kotikov I.V. An optimized medium for clonal micropropagation of grapevine. *Vitis*. 1995; 34(2): 125–126. <https://doi.org/10.5073/vitis.1995.34.125-126>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Александровна Павлова

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологий селекции и размножения винограда pavlovairina1965@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0818-8215>

Екатерина Александровна Лушчай

младший научный сотрудник лаборатории биотехнологий селекции и размножения винограда lea_rs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5695-5936>

Анифе Смаиловна Абдурашитова

младший научный сотрудник лаборатории биотехнологий селекции и размножения винограда abdurashitova97@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2419-6477>

Виктор Павлович Клименко

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологий селекции и размножения винограда vikklim@magarach-institut.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7452-0776>

Мария Игоревна Григоренко

младший научный сотрудник лаборатории биотехнологий селекции и размножения винограда grigorenkomary17@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8565-0082>

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук, ул. им. Кирова, 31, Ялта, 298600, Россия

11. Molkanova O.I., Konovalova L.N., Stakheeva T.S. Propagation and conservation characteristics of valuable and rare species collection *in vitro*. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2016; 120: 17–23 (in Russian). <https://elibrary.ru/wjugwz>

12. Dunaeva S.E., Orlova S.Yu., Tikhonova O.A., Gavrilenko T.A. *In vitro* collection of berry and fruit crops and their wild relatives at VIR. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2018; 1(1): 43–51 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2018-1-43-51>

13. Tehrim S., Sajid G.M. *In vitro* Establishment, Conservation and its Implications for Grape Germplasm Biodiversity. *Romanian Biotechnological Letters*. 2011; 16(6): 6781–6789.

14. Pavlova I.A., Klimenko V.P., Zlenko V.A., Lusichay E.A., Abdurashitova A.S., Grigorenko M.I. Conservation of grape genetic resources in the system *in vitro*. *BIO Web of Conferences*. 2023; 78: 02005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237802005>

15. Matushkina O.V., Pronina I.N. The role of carbohydrates in clonal micropropagation of horticultural plants. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2018; 54: 106–110 (in Russian). <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-106-110>

16. Doroshenko N.P., Kuprikova A.S., Puzyrnova V.G. Effect of sucrose on retardation of growth and preservation of grape plants in the collection *in vitro*. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2017; 46: 33–44 (in Russian). <https://elibrary.ru/yzjxnp>

17. Puzirnova V.G., Doroshenko N.P. Application features of using carbohydrates to create a collection of grapes *in vitro*. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023; 25(1): 14–23 (in Russian). <https://doi.org/10.34919/IM.2023.25.1.002>

18. Pavlova I.A. A vegetating collection of grape plants *in vitro*: storage conditions. *Actual problems of biotechnology: health improvement and reproduction of fruit, berry, wild crops and grapes. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference*. Makhachkala: ALEF. 2019; 66–71 (in Russian). <https://elibrary.ru/czivsx>

19. Zlenko V.A., Troshin L.P., Kotikov I.V. An optimized medium for clonal micropropagation of grapevine. *Vitis*. 1995; 34(2): 125–126. <https://doi.org/10.5073/vitis.1995.34.125-126>

ABOUT THE AUTHORS

Irina Alexandrovna Pavlova

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biotechnology of Grape Breeding and Propagation pavlovairina1965@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0818-8215>

Ekaterina Alexandrovna Lushchay

Junior Researcher at the Laboratory of Biotechnology of Grape Breeding and Propagation lea_rs@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5695-5936>

Anife Smailovna Abdurashitova

Junior Researcher at the Laboratory of Biotechnology of Grape Breeding and Propagation abdurashitova97@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2419-6477>

Viktor Pavlovich Klimenko

Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biotechnology of Grape Breeding and Propagation vikklim@magarach-institut.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7452-0776>

Maria Igorevna Grigorenko

Junior Researcher at the Laboratory of Biotechnology of Grape Breeding and Propagation grigorenkomary17@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8565-0082>

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking “Magarach” of the Russian Academy of Sciences, 31 Kirov Str., Yalta, 298600, Russia

УДК 635.21:632.4:631.524:577.21

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-109-116

О.Г. Казаков¹О.Б. Поливанова^{1, 2} ✉М.К. Деревягина¹В.А. Бирюкова¹¹Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха, Красково, Московская обл., Россия²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ polivanovaoks@gmail.com

Поступила в редакцию: 15.08.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Казаков О.Г., Поливанова О.Б., Деревягина М.К., Бирюкова В.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-109-116

Oleg G. Kazakov¹Oksana B. Polivanova^{1, 2} ✉Marina K. Derevyagina¹Victoria A. Biryukova¹¹Russian Potato Research Centre, Kraskovo, Moscow region, Russia²Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ polivanovaoks@gmail.com

Received by the editorial office: 15.08.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Kazakov O.G., Polivanova O.B., Derevyagina M.K., Biryukova V.A.

Выявление перспективных гибридов *Solanum tuberosum* с высоким уровнем устойчивости к фитофторозу

РЕЗЮМЕ

Изучение генетического разнообразия картофеля на основе использования традиционных и современных молекулярно-генетических методов идентификации ценных генов позволяет ускорить выделение нужных генотипов с комплексом хозяйственно полезных признаков для использования в селекции. В данной работе по результатам многолетнего изучения 200 образцов питомника фитофтороустойчивых гибридов из генетической коллекции был выделен 31 образец со стабильно высоким проявлением признака по годам. Оценка производилась в полевых условиях и методом искусственного заражения клубней и листьев. Было определено наличие маркеров генов устойчивости методом ПЦР. По результатам проведенных испытаний данные образцы отличались высоким уровнем устойчивости листьев и клубней, характеризуются высоким уровнем ряда других селекционно значимых признаков. При этом отобранные образцы имели до 4 маркеров *Rpi*-генов, обуславливающих вертикальную устойчивость генотипов. Выявленные образцы могут быть использованы в селекционном процессе в качестве доноров высокого уровня устойчивости к фитофторозу.

Ключевые слова: картофель, фитофтороз, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, горизонтальная устойчивость, *Rpi*-гены, молекулярные маркеры, генетическая коллекция

Для цитирования: Казаков О.Г., Поливанова О.Б., Деревягина М.К., Бирюкова В.А. Выявление гибридов *Solanum tuberosum* с высоким уровнем устойчивости к фитофторозу. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 109–116.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-109-116>

Identification of promising *Solanum tuberosum* hybrids with high resistance to late blight

ABSTRACT

The study of potato genetic diversity using traditional and modern molecular genetic methods for identifying valuable genes allows for faster selection of desired genotypes with a set of economically important traits for use in breeding programs. In this research, based on the results of a long-term study of 200 nursery samples of late blight-resistant hybrids from the genetic collection, 31 samples with a consistently high manifestation of the trait over the years were selected. The assessment was carried out in the field and by the method of artificial infection of tubers and leaves. The presence of markers of resistance genes was determined by PCR. According to the results of the tests, these samples were characterized by a high level of stability of leaves and tubers, and are characterized by a high level of a number of other selection-significant features. At the same time, the selected samples had up to 4 markers of *Rpi* genes, which determine the vertical resistance of genotypes. The identified samples can be used in the breeding process as donors of a high level of resistance to late blight.

Key words: potato, late blight, *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, horizontal resistance, *Rpi*-genes, molecular markers, genetic collection

For citation: Kazakov O.G., Polivanova O.B., Derevyagina M.K., Biryukova V.A. Identification of promising *Solanum tuberosum* hybrids with high resistance to late blight. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 109–116 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-109-116>

Введение/Introduction

Проблема контроля распространения фитофтороза, возбудителем которого является оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, в производственных посадках картофеля не теряет своей остроты с момента фиксации первых эпифитотий болезни. История знает немало примеров, когда этот патоген сыграл трагическую роль в жизни людей. В 1843 году фитофтороз вызвал значительные поражения картофеля в США, а уже в 1845-м начал распространяться по территории Европы, что привело к голоду и массовой эмиграции из Ирландии, где картофель был основным продуктом питания [1].

В современную технологию возделывания картофеля интегрированы и постоянно совершенствуются различные комплексные меры предупреждения данного заболевания, которые применяются практически на всех этапах производственного цикла, включая хранение, подготовку к посадке, уход и уборку.

При благоприятных условиях для развития фитофтороза без своевременного применения химических препаратов большинство сортов подвержены сильному поражению. В настоящее время потери урожая из-за фитофтороза оцениваются в 10–15% от общего мирового годового производства картофеля. Экономическая стоимость потерянного урожая в совокупности с расходами на защиту растений составляет более 10 млрд долл. США в год [2]. Стоимость пестицидов для контроля фитофтороза может составлять от 10 до 25% рыночной стоимости урожая картофеля в развитых странах [3]. Поэтому наличие высокой генетически обусловленной устойчивости к фитофторозу — один из основных критериев при подборе исходных родительских форм для использования в селекции и одна из важнейших характеристик сорта. В связи с этим необходимо на этапе предселекции не только отбирать высокоустойчивые к патогену формы, но и на их основе создавать новые генетические источники, которые характеризуются высоким уровнем и стабильностью проявления хозяйственно ценных признаков.

Оценку устойчивости картофеля к фитофторозу проводят непосредственно в поле и при помощи искусственного заражения в лабораторных и полевых условиях. Естественные эпифитотии *P. infestans* могут быть использованы для скрининга картофеля на устойчивость к фитофторозу. Но такая оценка не может быть точной, так как на развитие эпифитотий значительное влияние оказывают факторы внешней среды, такие как температура, относительная влажность и осадки.

Таким образом, степень проявления инфекции в поле может варьироваться от года к году. Использование искусственной инокуляции дает более надежные результаты оценки устойчивости. Надежно выявить генетические источники, обладающие высоким уровнем фитофтороустойчивости, позволяет совмещение лабораторных тестов и скрининга в полевых условиях. Лабораторное заражение создает максимально благоприятные условия для развития инфекции, и, в отличие от заражения в поле, результат не определяется условиями окружающей среды. При искусственном заражении в лаборатории можно оценить устойчивость к широкому спектру рас патогена, которые могут быть нетипичными для отдельных территорий. При искусственном заражении создается повышенная вирулентность среды, что позволяет более точно оценить уровень как горизонтальной (при использовании сложного инокулянта), так и вертикальной устойчивости.

Сочетание полевого скрининга и искусственного заражения в лаборатории позволяет ускорить отбор устойчивых генотипов в самом начале селекционного процесса. При этом лабораторный скрининг, включающий искусственное заражение отдельных клубней и листьев, дает результаты, сопоставимые с оценкой в полевых условиях в период естественных эпифитотий фитофтороза, и позволяет выявить устойчивые гибриды [4].

Горизонтальная (полевая) устойчивость к фитофторозу относится к аддитивно наследуемым полигенным признакам. Вертикальная (расоспецифическая) устойчивость определяется наличием доминантных *Rpi*-генов (генов устойчивости к *P. infestans*), которые были выявлены у диких видов картофеля. Для поражения растений картофеля *P. infestans* использует эффекторный белки, многие из которых содержат мотив RXLR. R-белки растений, кодируемые генами *Rpi*, распознают эффекторный белки RXLR, что останавливает прогрессирование инфекции. Данная система ответа объясняет специфическую устойчивость определенных генотипов хозяина к различным штаммам патогенов [5].

Выявление устойчивых к фитофторозу генотипов *Solanum demissum* из Мексики способствовало селекции культурного картофеля в Европе в начале XX века. Однако внедрение генов *Rpi* из *S. demissum* оказалось малоэффективным — в большинстве случаев *P. infestans* смогла преодолеть устойчивость, так как R-гены обеспечивают защиту от определенных рас *P. infestans*, и некоторые расы патогена оказались вирулентными по отношению ко всем изначально идентифицированным и внедренным от диких видов R-генам [6].

На современном этапе селекционерами в кооперации со специалистами по защите растений, генетиками, молекулярными биологами непрерывно ведется поиск новых генетических источников устойчивости к *P. infestans* среди большого разнообразия ранее не задействованных в селекционном процессе видов картофеля.

К настоящему времени идентифицированы более 70 *Rpi*-генов у 32 видов *Solanum*. При этом у диких видов могут встречаться как единичные *Rpi*-гены, так и несколько генов одновременно. Например, *S. huancabambense*, *S. pinnatisectum*, *S. schenckii* и *S. tarijense* имеют по 2 функциональных *Rpi*-гена, *S. hjertingii* и *S. chacoense* — 3, *S. edinense*, *S. venturii* и *S. stoloniferum* — 4, *S. berthaultii* и *S. bulbocastanum* — 5, *S. demissum* — 14.

Rpi-гены были картированы кластерами на I, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X и XI хромосомах картофеля [7]. Все вышеперечисленные виды могут быть потенциальными донорами новых *Rpi*-генов и, таким образом, более широко включаться в программы скрещиваний. Использование надежных молекулярных маркеров, сцепленных с *Rpi*-генами, в рамках маркер-опосредованной селекции ускоряет процесс отбора растений, несущих данные гены. Такой подход для широкого скрининга перспективных форм картофеля является наиболее информативным для их изучения и дальнейшего использования.

Остро стоит проблема преодоления устойчивости к фитофторе у вновь создаваемых сортов и гибридов. Наличие нескольких *Rpi*-генов одновременно может способствовать сохранению устойчивости [7].

В ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха значительное внимание уделяется оценке и созданию генотипов картофеля с высокой устойчивостью к фитофторозу. В генетической коллекции картофеля сформирована группа образцов (питомник фитофтороустойчивых форм), которые наряду с комплексом хозяйственно ценных признаков характеризуются устойчивостью к фитофторозу на уровне,

сопоставимом с лучшими мировыми стандартами. Многолетнее их изучение по признаку устойчивости к фитофторозу позволило выделить формы, отличающиеся стабильно высоким уровнем этого признака.

Цель работы — выявить перспективные гибриды с высоким уровнем устойчивости к *P. infestans*, используя данные многолетней комплексной оценки генетической коллекции картофеля.

Для осуществления поставленной цели проводили многолетнюю лабораторную оценку фитофтороустойчивости клубней и листьев, скрининг в полевых условиях в отсутствие искусственного заражения, выявление молекулярных маркеров *Rpi*-генов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены на базе опытного поля ЭБ «Коренево» ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха» (Московская обл., Люберецкий р-н) с 2015 по 2023 год. Агротехника общепринятая, без искусственного орошения. Обработку фунгицидными препаратами не проводили. Материалом для исследований стали гибриды картофеля из генетической коллекции, сформированной в ФИЦ, полученные в ходе реализации собственных селекционных программ.

Ежегодно (начиная с 2015 года) для поддержания коллекции гибриды высаживались однорядковыми 10-клубневыми деланками в однократной повторности по схеме 70 x 30 см с расстоянием между разными образцами 1,5 м.

Оценка и отбор гибридного материала по комплексу хозяйственно полезных признаков и устойчивости проводились в соответствии с методическими указаниями по технологии селекционного процесса картофеля¹, методикой исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету².

Для оценки лабораторной устойчивости наиболее типичные развитые листья собирали со средней части стебля. При искусственном заражении в условиях лаборатории использовали инокулюм, состоящий из 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7...хуз рас фитофтороза. Для заражения готовили суспензию, содержащую 25 конидий (× 120), что соответствует наличию 30–35 тыс. зооспор в 1 мл. Период инфицирования составлял 24 часа.

Первый учет пораженности проводили через трое суток после инокуляции, второй учет — через сутки после предыдущего. Завершали учет на 5–6-е сутки, степень поражения каждого листа оценивали по девятибалльной шкале: 9 — поражение отсутствует (высокая устойчивость), 1 — поражена вся поверхность. При оценке учитывались выраженность развития мицелия и пораженная доля площади листа.

При оценке устойчивости клубней для заражения использовали целые клубни, которые выдерживали в суспензии с концентрацией 20–25 зооспорангий в поле зрения микроскопа (при 120-кратном увеличении) в течение 3 мин. После этого клубни помещали в камеру, в которой поддерживали влажность 80–90% и температуру 18–20 °С. Камеру периодически проветривали. Учет производили на 15-е сутки с момента заражения. Определяли степень поражения поверхности клубня и глубину проникновения некроза путем разреза через пятно. Оценка производилась по девятибалльной шкале с учетом этих двух показателей.

Таблица 1. Критерии визуальной полевой оценки восприимчивости к фитофторозу растений картофеля

Table 1. Criteria for visual field assessment of susceptibility to late blight of potato plants

Балл	Описание
9 баллов	Полное отсутствие признаков поражения фитофторозом
8 баллов	Наличие отдельных пятен
7 баллов	Поражено до ¼ поверхности листьев
5 баллов	Поражено до ½ поверхности
3 балла	Поражена вся поверхность листа

Визуальную полевую оценку наличия и степени поражения растений картофеля фитофторозом проводили в два этапа — при появлении первых признаков болезни на неустойчивых формах и через 7–10 дней после. Руководствовались девятибалльной шкалой (табл. 1).

Картофель сорта Жуковский ранний (восприимчивый) был использован в качестве отрицательного контроля. Картофель сорта Sarpo Mira (устойчивый) использовался в качестве положительного контроля, так как у него подтверждено наличие 5 генов устойчивости к фитофторозу [8].

Выявление молекулярных маркеров генов устойчивости методом ПЦР

В исследовании были использованы ранее опубликованные молекулярные SCAR-маркеры *Rpi*-генов (*R1*, *R2/Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *Rpi-blb1 = Rpi-sto1*) [9–13]. Выделение ДНК в соответствии с методом СТАВ.

ПЦР проводили по стандартному протоколу [9]. Объем реакционной смеси составил 25 мкл. В состав реакционной смеси входили следующие компоненты: однократный буфер, 1 единица активности Taq-полимеразы, 5 mM хлорида магния, 0,25 mM смеси дезоксинуклеотидтрифосфатов, 0,2 μM каждого из праймеров, геномная ДНК. Амплификация производилась в приборе Thermo Fisher (США) при температуре отжига, соответствующей каждой паре праймеров (*R1*, *Rpi-blb1 = Rpi-sto1* — 65 °С; *R3a*, *R3b* — 64 °С, *R2* — 54 °С).

Разделение ПЦР-продуктов производили методом электрофореза в агарозном геле (концентрация агарозы — 1,5%).

Полученные данные обрабатывали статистически при помощи Microsoft Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Генетически обусловленная высокая устойчивость картофеля к фитофторозу — один из основных критериев подбора исходных родительских форм для скрещиваний и одна из важнейших характеристик сорта. При этом наиболее селекционно ценными являются формы, сохраняющие долговременную устойчивость к патогену в широком диапазоне изменчивости внешних факторов, которые существенно варьируют по годам, во многом определяя развитие растений и реализацию их генетического потенциала.

С 2015 по 2023 год проведена лабораторная оценка устойчивости к фитофторозу 207 образцов из генетической коллекции картофеля. В результате выделен ряд генотипов (31 образец), характеризующихся стабильно высоким проявлением изучаемого признака по годам. Данные их лабораторной оценки по устойчивости листьев и клубней представлены в таблице 2.

¹ Методическими указаниями по технологии селекционного процесса картофеля // Е.А. Симаков, Н.П. Складова, И.М. Яшина. М.: Достижения науки и техники АПК. 2006; 70.

² Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. М., 1995; 108.

Таблица 2. Лабораторная оценка фитофтороустойчивости листьев и клубней гибридов картофеля по годам
Table 2. Laboratory evaluation of late blight resistance of leaves and tubers of potato hybrids by years

№	Селекционный номер	Происхождение	Лабораторная оценка устойчивости к фитофторозу, балл										
			листья						клубни				
			2015 г.	2016 г.	2017 г.	2021 г.	2022 г.	Средний балл	2015 г.	2016 г.	2021 г.	2022 г.	Средний балл
1	Sarpo mira	76.Р0.12.14.268 x D187	8,0	8,0	8,9	4,7	6,7	7,3	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
2	Жуковский ранний	Ягодка x Гидра	н	4,0	н	2,2	5,2	3,8	н	3,0	8,3	3,0	4,8
3	4700-81	Луговской x Русский сувенир	7,8	8,0	9,0	7,4	8,3	8,1	9,0	9,0	8,2	9,0	8,8
4	4691-2	Никулинский x 91.7-26	7,5	7,0	8,8	н	8,5	8,0	9,0	9,0	н	9,0	9,0
5	4700-84	Луговской x Русский сувенир	7,5	8,0	9,0	8,4	6,0	7,8	8,5	8,5	9,0	9,0	8,8
6	2406-39	Никулинский x Петербургский	8,2	8,0	9,0	8,3	5,7	7,8	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
7	2707-12	2308-11 x Rosalind	7,5	8,0	8,3	7,5	7,6	7,8	8,5	8,5	5,6	7,6	7,6
8	2778-45	Никулинский x Аврора	6,5	7,0	н	8,0	8,7	7,7	9,0	9,0	8,2	6,3	8,1
9	2651-6	Никулинский x 1976-36	7,5	7,5	6,0	8,5	9,0	7,7	7,8	7,8	6,0	9,0	7,7
10	2674-8	2374-22 x Русский сувенир	8,0	8,0	9,0	4,2	8,8	7,6	9,0	9,0	н	н	9,0
11	4705-46	Крепыш x Русский сувенир	7,7	7,3	9,0	4,5	8,8	7,4	9,0	9,0	9,0	6,7	8,4
12	2727-29	Герань x Ягодка	8,0	8,0	5,7	н	8,0	7,4	9,0	9,0	9,0	6,3	8,3
13	2775-35	2331-4 x Брянский надежный	н	8,0	8,2	6,2	7,0	7,4	н	9,0	9,0	9,0	9,0
14	2584-29	Никулинский x Аусония	8,0	8,0	6,7	7,3	6,0	7,2	9,0	9,0	9,0	6,3	8,3
15	Русский сувенир	281m-2 x 9к-29	7,0	6,0	8,5	6,0	6,8	6,9	8,8	8,8	6,4	6,3	7,6
16	4609-15	Колобок x Аврора	7,4	7,3	5,8	8,1	6,2	6,9	8,1	8,1	9,0	7,3	8,1
17	4700-82	Луговской x Русский сувенир	8,0	8,0	7,1	5,0	5,5	6,7	8,0	8,0	9,0	5,3	7,6
18	2651-21	Никулинский x 1976-31	5,2	4,3	7,7	7,5	9,0	6,7	8,0	8,0	9,0	н	8,3
19	2791-22	2652-2 x Русский сувенир	6,5	7,0	9,0	2,7	5,2	6,1	8,8	8,8	9,0	6,3	8,2
20	4432-1	92.7-26 x Аврора	7,0	7	5,9	2,0	9,0	6,0	6,0	6,0	8,2	7,6	7,0
21	4676-98	Сказка x 128-6	6,7	7,0	6,7	4,3	5,0	5,9	8,5	8,5	8,2	7,3	8,1
22	2747-25	Вектор x Романо	6,4	6,0	5,6	н	5,1	5,8	1,0	1,0	8,2	7,6	4,5
23	2714-71	Жуковский ранний x Белоусовский	5,0	4,0	8,7	2,7	5,5	5,2	8,4	8,4	5,0	3,6	6,4
24	4428-14	Наяда x 88.17/72	5,5	6,0	н	2,5	6,3	5,1	9,0	9,0	4,6	1,0	5,9
25	350-7	90-15 x Sarpo mira	н	н	8,6	1,5	5,1	5,1	н	н	9,0	9,0	9,0
26	4609-14	Колобок x Аврора	5,5	6,0	6,1	2,3	5,5	5,1	7,6	7,6	9,0	8,3	8,1
27	2587-13	Сиреневый туман x Россиянка	5,0	5,0	н	3,4	6,8	5,0	5,9	5,9	н	7,6	6,5
28	2791-117	2652-2 x Русский сувенир	5,0	5,0	5,1	4,4	5,5	5,0	7,9	7,9	3,0	4,0	5,7
29	2765-11	Василек x 88.34/14	5,3	4,6	5,7	3,7	5,5	4,8	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
30	2719-15	2714-73 x Кондор	4,4	4,4	5,6	4,0	5,3	4,7	8,0	8,0	6,6	н	7,5
31	323-1	Голубой Дунай x Манифест	н	н	7	3,0	5,5	4,3	н	н	9,0	7,6	8,3

По результатам лабораторного скрининга листьев в группу высокоустойчивых выделены 13 образцов со средней оценкой 7,1–8,0 баллов, 5 образцов отнесены в группу устойчивых с оценкой 6,1–7,0 баллов, среднюю устойчивость с оценкой 5,1–6,0 баллов показали 7 образцов, 6 образцов с оценкой менее 5 баллов — низкоустойчивые или восприимчивые.

Следует отметить, что лабораторная оценка складывается как средняя между двумя учетами. В ходе первого учета оценивается степень проникновения патогена. Спустя 24 часа определяют динамику распространения патогена в растительной ткани [14].

Гибриды с итоговой оценкой менее 5,0 баллов характеризуются средней устойчивостью к проникновению патогена и интенсивным распространением со значительными участками поражения на поверхности листа. При выращивании таких гибридов требуется обработка пестицидами.

Устойчивые и среднеустойчивые генотипы имеют оценку в интервале 5,0–7,0 баллов. На начальном этапе заражения гибриды этой группы имели большую степень проникновения инфекции, но динамика ее дальнейшего распространения была сдержанной.

Высокоустойчивые генотипы демонстрируют реакцию на заражение по типу сверхчувствительности.

Такие гибриды хорошо сопротивляются как проникновению, так и распространению патогена в ткани листа.

Другая важная составляющая характеристики фитофтороустойчивости гибридов — это устойчивость их клубней. Из 32 отобранных по результатам лабораторной оценки листьев образцов 24 имеют высокоустойчивые к фитофторозу клубни (табл. 2). В этом ряду обращают на себя внимание генотипы 27-65-11, 27-19-15, 323-1, которые сочетают низкую устойчивость ботвы (4,8, 4,7, 4,3 балла соответственно) и высокоустойчивые клубни (9,0, 7,5 и 8,3 балла соответственно).

Ранее опубликованные данные показывают, что в ответ на заражение фитофторой в клубнях и листьях активируются различные наборы генов, что говорит об органоспецифической реакции. Тем не менее удалось идентифицировать консервативные паттерны ответной реакции, связанные со стрессом и метаболизмом этилена, общие как для клубней, так и для листьев [15].

Полевая оценка устойчивости ботвы к фитофторозу велась среди генотипов, показавших высокую устойчивость листьев и клубней по результатам лабораторной оценки. Отобранные образцы были охарактеризованы фенотипически по комплексу хозяйственно полезных признаков (табл. 3). У всех генотипов была отмечена

Таблица 3. Хозяйственно-биологическая характеристика генетических источников устойчивости к фитофторозу

Table 3. Economic and biological characteristics of genetic sources of resistance to late blight

Селекционный номер	Происхождение	Ягодообразование	Морфологические признаки				Крахмалистость, %	Вкус, балл	Консистенция мякоти	Продуктивность, г/куст (средняя за 2020, 2022 и 2023 гг.)	Устойчивость, балл						
			Форма клубней	Глубина глазка	Окраска кожуры клубня	Цвет мякоти клубня					к фитофторозу листьев	к вирусам					
												полевая (средняя за 2020, 2022 гг.)	визуальная оценка в поле	ИФА, 2023 г.			
											X			S	Y	L	
1	4700-81	Луговской х Русский сувенир	+	ок	8	ф	б	14,5	4,2	муч.	560,0	9,0	6	1	0	0	0
2	4691-2	Никулинский х 91.7-26	+	ок	8	б	б	18,18	-	-	823,0	8,0	8	0	0	0	0
3	4700-84	Луговской х Русский сувенир	-	оо	6	ж	св.-ж	14,1	4,3	воск.	794,3	9,0	7	н	н	н	н
4	2406-39	Никулинский х Петербургский	-	ок	9	б	б	15,4	4,6	муч.	513,4	9,0	7	н	н	н	н
5	2707-12	2308-11 х Розалинда	+	оо	8	ж	б	12,0	3,3	воск.	552,8	9,0	7	0	0	0	0
6	2778-45	Никулинский х Аврора	-	оо	7	б	б	12,9	3,3	воск.	484,3	9,0	7	1	1	0	0
7	2651-6	Никулинский х 1976-36	+	ок	8	ж	б	15,5	3,7	воск.	361,2	9,0	7	0	0	0	0
8	2674-8	2374-22 х Русский сувенир	+	-	-	-	-	22,9	-	-	547,1	9,0	9	0	0	0	0
9	4705-46	Крепыш х Русский сувенир	+	ок	9	б	б	10,3	4,0	воск.	638,1	9,0	6	0	0	0	0
10	2727-29	Герань х Ягодка	-	ок	7	р	св.-ж	14,7	3,0	воск.	472,8	9,0	5	1	0	0	0
11	2775-35	2331-4 х Брянский надежный	+	оо	7	р	б	13,5	3,2	муч.	458,8	9,0	8	н	н	н	н
12	Sarpo mira	76.Р0.12.14.268 х D187	-	ов	7	р	б	13,0	4,0	сл. расс.	593,7	9,0	9	0	0	1	0
13	2584-29	Никулинский х Аусония	-	ов	8	ж	б	10,2	4,6	муч.	697,9	8,5	8	н	н	н	н
14	Русский сувенир	281m-2 х 9к-29	-	-	7	-	ж	13,1	4,0	муч.	692,7	8,0	7	0	0	0	0

Примечание: форма клубней: ок — округлая, оо — округло-овальная, ов — овальная; ягодообразование: - (минус) отсутствует, + (плюс) присутствует; окраска клубней и мякоти: б — белая, ж — желтая, ф — фиолетовая, св.-ж — светло-желтая, р — розовая.

устойчивость в интервале 8,0–9,0 баллов, что характеризует их как очень высокоустойчивые.

В то же время многими экспериментальными данными оценки гибридных популяций при искусственном заражении отделенных листьев и в полевых условиях в период эпифитотий фитофтороза подтверждается их идентичность [16].

В полевых условиях достоверно оценить фитофтороустойчивость можно только в годы эпифитотий болезни, но и в этом случае возможно получить данные по устойчивости лишь к ограниченному числу распространенных в конкретной местности рас патогена. Условия окружающей среды оказывают значительное влияние — температура, осадки и относительная влажность связаны со степенью воздействия патогена на организм растения в полевых условиях.

Различные расы *P. infestans* могут обладать иными характеристиками в полевых условиях по сравнению с лабораторными. В то же время применение в лабораторных тестах сложного инокулюма, содержащего несколько рас *P. infestans*, в совокупности с идеальной средой для проникновения и распространения инфекции может давать результаты, не сопоставимые с визуальной оценкой в естественных условиях [17].

Отобранные по результатам лабораторной и полевой оценки формы картофеля были протестированы по шести маркерам, определяющим наличие пяти R-генов устойчивости к фитофторозу.

В таблице 4 представлены результаты ДНК маркирования генов устойчивости к фитофторозу.

Маркеры генов *R1*, *R2*, *R3a*, *R3b* ассоциированы с *S. demissum*. Наиболее редкими в изучаемой выборке являются маркеры гена *Rpi-blb1 = Rpi-sto1* (они отмечены у двух образцов с полевыми номерами 4609-15 и 4609-14) (табл. 5). Оба генотипа имеют общее происхождение и были отобраны в потомстве от скрещивания сортов Колобок и Аврора. Допускается, что

в родословной этих гибридов могут присутствовать дикие виды *S. bulbocastanum* и *S. stoloniferum*, которые, вероятно, являются донорами этих генов. *Rpi-blb1* относят к группе наиболее древних, медленно эволюционирующих генов устойчивости [18].

Ген *Rpi-blb1* рассматривают как ген широкого спектра действия, определяющего высокую нерасспецифическую устойчивость к фитофторозу. Этот ген и его аналоги считаются наиболее перспективными для использования в селекции на устойчивость к фитофторозу. Однако их интрогрессия в селекционный материал сильно затруднена из-за жестких межвидовых барьеров между культурным картофелем и мексиканскими дикими видами картофеля. Введение этого гена в геном *S. tuberosum* успешно осуществляется посредством соматической гибридизации [19]. Наличие этого гена в культурной геноплазме, несомненно, делает его носителей ценными для селекционного использования, хотя и предполагается, что его экспрессия не достигает уровня, наблюдаемого у диких видов — доноров гена.

По количеству ассоциированных с R-генами маркеров получены следующие результаты: 5 генотипов (2584-29, 4700-81, 2778-45, 4609-15, 4691-2) имеют 4 маркера генов устойчивости, 8 генотипов — 3 маркера, 9 генотипов — 2 маркера, 6 генотипов — 1 маркер. У 3 генотипов, включая отрицательный контроль, не было определено ДНК-маркеров.

Наиболее распространенным маркером, выявленным среди изучаемых образцов, является *R3b*. Он присутствует в генотипе 21 гибрида, преимущественно в сочетании с маркерами других генов. *R3b* и *R3a* — расспецифические гены устойчивости, первоначально идентифицированные у *S. demissum*. Данные гены являются членами сложного локуса R3 на хромосоме XI. При этом гены *R3b* и *R3a* функционально различимы и распознают разные эффекторы. *R3a* относится к быстро эволюционирующим генам [19].

Таблица 4. Наличие маркеров устойчивости к фитофторозу у отобранных коллекционных образцов

Table 4. Presence of markers of resistance to late blight in selected collection samples

Селекционный номер	Происхождение	Маркеры генов устойчивости к фитофторозу					
		R1-1250	R2-686	Blb-820	Rpi-sto-890	R3a-1380	R3b-378
		ген R1	ген R2	ген Rpi-blb1 = Rpi-sto1	ген R3a	ген R3b	
Жуковский ранний	Жуковский ранний	-	-	-	-	-	-
4428-14	Наяда x 88.17/72	-	-	-	-	-	+
Сарпо Мира	Сарпо Мира	-	-	-	-	+	+
2587-13	Сиреневый туман x Россиянка	+	-	-	-	+	+
Русский сувенир	Русский сувенир	-	+	-	-	-	+
4700-84	Луговской x Русский сувенир	-	+	-	-	-	-
2714-71	Жуковский ранний x Белоусовский	-	-	-	-	-	-
2584-29	Никулинский x Аусония	+	+	-	-	+	+
2791-22	2652-2 x Русский сувенир	-	+	-	-	-	-
2747-25	Вектор x Романо	+	-	-	-	+	+
2406-39	Никулинский x Петербургский	+	+	-	-	-	+
4676-98	Сказка x 128-6	+	+	-	-	-	-
2765-11	Василек x 88.34/14	+	+	-	-	-	-
4705-46	Крепыш x Русский сувенир	-	+	-	-	-	-
2707-12	2308-11 x Розалинда	-	+	-	-	-	-
2719-15	2714-73 x Кондор	-	-	-	-	-	-
350-7	90-15 x Сарпо мира	+	-	-	-	+	+
4432-1	92.7-26 x Аврора	-	+	-	-	-	-
2727-29	Герань x Ягодка	-	+	-	-	-	+
2775-35	2331-4 x Брянский надежный	-	+	-	-	-	+
4700-81	Луговской x Русский сувенир	+	+	-	-	+	+
4700-82	Луговской x Русский сувенир	-	-	-	-	+	+
2651-21	Никулинский x 1976-31	-	+	-	-	+	+
323-1	Голубой Дунай x Манифест	-	-	-	-	+	+
2778-45	Никулинский x Аврора	+	+	-	-	+	+
4609-14	Колобок x Аврора	-	-	+	+	-	+
4609-15	Колобок x Аврора	+	-	+	+	-	+
2651-6	Никулинский x 1976-36	-	+	-	-	+	+
2791-117	2652-2 x Русский сувенир	-	-	-	-	+	+
2674-8	2374-22 x Русский сувенир	+	+	-	-	-	+
4691-2	Никулинский x 91.7-26	+	+	-	-	+	+

В других исследованиях по генотипированию коллекций картофеля было продемонстрировано, что наличие маркеров генов устойчивости к фитофторе значительно коррелировало с лабораторной устойчивостью [20–22], что согласуется с полученными данными авторов. Генотипы, несущие по 4 гена, характеризовались высоким уровнем устойчивости к искусственному заражению. Таким образом, сочетание различных генов устойчивости может оказывать аддитивный эффект на горизонтальную устойчивость к *P. infestans* [22].

Уровень устойчивости может быть связан с комбинацией R-генов. Некоторые исследователи отмечают, что наличие маркера гена R1 высоко коррелирует с устойчивостью, в то время как наличие маркеров R2 или R3a не демонстрирует значимых корреляций [22].

Несмотря на наличие маркеров генов устойчивости почти у всех отобранных образцов, всегда можно установить прямую зависимость лабораторной устойчивости листьев и клубней от наличия маркеров *Rpi*-генов и их количества. Так, образцы 2714-71, 2584-29

Таблица 5. Частота встречаемости генотипов в исследуемой выборке

Table 5. Frequency of occurrence of genotypes in the studied sample

Генотип	Количество образцов	Частота встречаемости
R2	5	0,16129032
R3b	1	0,03225806
R1 R2	2	0,06451613
R2 R3b	3	0,09677419
R3a R3b	4	0,12903226
R1 R2 R3b	2	0,06451613
R1 R3a R3b	3	0,09677419
R2 R3a R3b	2	0,06451613
R3b Rpi-blb1 Rpi-sto1	1	0,03225806
R1 R2 R3a R3b	4	0,12903226
R1 Rpi-blb1 Rpi-sto1 R3b	1	0,03225806
Маркеры отсутствуют	3	0,09677419

характеризуются как устойчивые, несмотря на отсутствие соответствующих маркеров. В группе, где выявлен только один маркер генов устойчивости, из 6 образцов 3 были описаны как высокоустойчивые, 2 — устойчивые, 1 — среднеустойчивый. При этом только у среднеустойчивого присутствует ген *R3b*, остальные несут ген *R2*.

Для повышения эффективности отбора в процессе селекции необходимо, чтобы выделенный генетический источник высокого уровня целевого признака (фитофтороустойчивости) не только мог передавать свой высокий уровень наибольшему количеству гибридов, но наряду с этим обладал бы нужным уровнем дру-

гих хозяйственно ценных признаков, то есть он должен быть комплексным. В связи с этим необходимо на этапе предселекции не только отбирать высокоустойчивые к патогену формы, но и на их основе создавать новые генетические источники, которые характеризуются высоким уровнем и стабильностью проявления хозяйственно ценных признаков.

В таблице 3 представлена характеристика выделенных по высокой фитофтороустойчивости форм картофеля по параметрам клубней, продуктивности, содержанию крахмала, органолептическим показателям. Из данных видно, что образцы отличаются высокой вирусостойкостью, средним и высоким содержанием крахмала (более 16%), хорошими вкусовыми качествами клубней.

Селекционная ценность любого генетического источника по-настоящему может быть определена по результатам его использования для создания исходной формы или нового сорта. Получение этой информации требует значительного периода времени — от скрещивания и выращивания сеянцев до конца селекционного цикла.

Выводы/Conclusions

Использование в лабораторных тестах рас фитофтороза, не характерных для полевых популяций данного региона (с учетом возможности потенциальной миграции патогена), позволяет вести отбор устойчивых генотипов на перспективу.

На данном этапе не представляется возможным делать отбор фитофтороустойчивых генотипов, основываясь только на молекулярных маркерах. С одной стороны, необходимо повысить точность такого отбора за счет увеличения количества идентифицируемых генов, с другой — наблюдается большой вклад полигенного контроля устойчивости. Тем не менее сочетание традиционной и молекулярной составляющей оценки позволит пирамидировать гены в одном генотипе.

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.

С использованием молекулярных маркеров в сочетании с лабораторной и полевой оценкой в рамках данной работы был выделен 31 гибрид, несущий R-гены, отличающийся высокой фитофтороустойчивостью клубней и ботвы и обладающий комплексом хозяйственно полезных признаков. Такие генотипы могут оказаться перспективными для выведения новых сортов картофеля. Они могут быть использованы в различных программах селекции для получения устойчивых к фитофторозу форм.

Таким образом, сформирована коллекционная группа генотипов, гибриды которой наряду с комплексом хозяйственно ценных параметров обладают устойчивостью к фитофторозу на уровне или превышающей лучшие мировые стандарты. Выделившиеся генетические источники высокой устойчивости к фитофторозу рекомендованы для использования в селекции.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра картофеля им. А.Г. Лорха согласно тематическому плану НИР по теме FGGM-2024-0014 «Формирование, изучение и сохранение генетических признаков коллекций картофеля для повышения эффективности селекционного процесса при селекции новых высокопродуктивных сортов с комплексной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам».

FUNDING

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Russian Potato Research Center in accordance with the thematic plan of research on the topic FGGM-2024-0014 "Formation, study and preservation of genetic trait collections of potatoes to improve the efficiency of the breeding process in the selection of new highly productive varieties with complex resistance to biotic and abiotic stressors".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ristaino J.B. Tracking historic migrations of the Irish potato famine pathogen, *Phytophthora infestans*. *Microbes and Infection*. 2002; 4(13): 1369–1377. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(02\)00010-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(02)00010-2)
- Dong S.-m., Zhou S.-q. Potato late blight caused by *Phytophthora infestans*: From molecular interactions to integrated management strategies. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022; 21(12): 3456–3466. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.060>
- Kamoun S. et al. The Top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2015; 16(4): 413–434. <https://doi.org/10.1111/mpp.12190>
- Karki H.S., Halterman D.A. *Phytophthora infestans* (Late blight) Infection Assay in a Detached Leaf of Potato. *Bio-protocol*. 2021; 11(4): e3926 <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3926>
- Lin X. et al. A potato late blight resistance gene protects against multiple *Phytophthora* species by recognizing a broadly conserved RXLR-WY effector. *Molecular Plant*. 2022; 15(9): 1457–1469. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.07.012>
- Stewart H.E., Bradshaw J.E., Pande B. The effect of the presence of R-genes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) of potato (*Solanum tuberosum*) on the underlying level of field resistance. *Plant Pathology*. 2003; 52(2): 193–198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00811.x>
- Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta*. 2022; 255(6): 127. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03910-6>
- Blatnik E., Horvat M., Berne S., Humar M., Dolničar P., Meglič V. Late Blight Resistance Conferred by *Rpi-Smira2/R8* in Potato Genotypes *In Vitro* Depends on the Genetic Background. *Plants*. 2022; 11(10): 1319. <https://doi.org/10.3390/plants11101319>
- Sokolova E. et al. SCAR markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 309–312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
- Kim H.-J. et al. Broad spectrum late blight resistance in potato differential set plants MaR8 and MaR9 is conferred by multiple stacked R genes. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012; 124(5): 923–935. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1757-7>
- Wang M., Allefs S., van den Berg R.G., Vleeshouwers V.G.A.A., van der Vossen E.A.G., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of *Rpi-b1b1* are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008; 116(7): 933–943. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0725-3>
- Rietman H. et al. Qualitative and Quantitative Late Blight Resistance in the Potato Cultivar Sarpo Mira Is Determined by the Perception of Five Distinct RXLR Effectors. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2012; 25(7): 910–919. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-12-0010-R>
- Zhu S., Li Y., Vossen J.H., Visser R.G.F., Jacobsen E. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgenic Research*. 2012; 21(1): 89–99. <https://doi.org/10.1007/s11248-011-9510-1>

REFERENCES

- Ristaino J.B. Tracking historic migrations of the Irish potato famine pathogen, *Phytophthora infestans*. *Microbes and Infection*. 2002; 4(13): 1369–1377. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(02\)00010-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(02)00010-2)
- Dong S.-m., Zhou S.-q. Potato late blight caused by *Phytophthora infestans*: From molecular interactions to integrated management strategies. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022; 21(12): 3456–3466. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.060>
- Kamoun S. et al. The Top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 2015; 16(4): 413–434. <https://doi.org/10.1111/mpp.12190>
- Karki H.S., Halterman D.A. *Phytophthora infestans* (Late blight) Infection Assay in a Detached Leaf of Potato. *Bio-protocol*. 2021; 11(4): e3926 <https://doi.org/10.21769/BioProtoc.3926>
- Lin X. et al. A potato late blight resistance gene protects against multiple *Phytophthora* species by recognizing a broadly conserved RXLR-WY effector. *Molecular Plant*. 2022; 15(9): 1457–1469. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.07.012>
- Stewart H.E., Bradshaw J.E., Pande B. The effect of the presence of R-genes for resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) of potato (*Solanum tuberosum*) on the underlying level of field resistance. *Plant Pathology*. 2003; 52(2): 193–198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00811.x>
- Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. Late blight resistance genes in potato breeding. *Planta*. 2022; 255(6): 127. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03910-6>
- Blatnik E., Horvat M., Berne S., Humar M., Dolničar P., Meglič V. Late Blight Resistance Conferred by *Rpi-Smira2/R8* in Potato Genotypes *In Vitro* Depends on the Genetic Background. *Plants*. 2022; 11(10): 1319. <https://doi.org/10.3390/plants11101319>
- Sokolova E. et al. SCAR markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 309–312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
- Kim H.-J. et al. Broad spectrum late blight resistance in potato differential set plants MaR8 and MaR9 is conferred by multiple stacked R genes. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012; 124(5): 923–935. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1757-7>
- Wang M., Allefs S., van den Berg R.G., Vleeshouwers V.G.A.A., van der Vossen E.A.G., Vosman B. Allele mining in *Solanum*: conserved homologues of *Rpi-b1b1* are identified in *Solanum stoloniferum*. *Theoretical and Applied Genetics*. 2008; 116(7): 933–943. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0725-3>
- Rietman H. et al. Qualitative and Quantitative Late Blight Resistance in the Potato Cultivar Sarpo Mira Is Determined by the Perception of Five Distinct RXLR Effectors. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 2012; 25(7): 910–919. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-12-0010-R>
- Zhu S., Li Y., Vossen J.H., Visser R.G.F., Jacobsen E. Functional stacking of three resistance genes against *Phytophthora infestans* in potato. *Transgenic Research*. 2012; 21(1): 89–99. <https://doi.org/10.1007/s11248-011-9510-1>

14. Королева А.К., Деревягина М.К., Бiryukova В.А., Поливанова О.Б., Казаков О.Г. Оценка устойчивости перспективных гибридов цветного картофеля к фитофторозу. *Аграрный вестник Урала*. 2024; 24(3): 319–337. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-319-337>

15. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS ONE*. 2016; 11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>

16. Фади́на О.А. и др. Упреждающая селекция: использование молекулярных маркеров при создании доноров устойчивости картофеля (*Solanum tuberosum* L.) к фитофторозу на основе сложных межвидовых гибридов. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(1): 84–94. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.84rus>

17. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. Phenotypic Stability and Correlation for Late Blight Resistance in Advanced Potato Clones Under Field and Controlled Conditions. *American Journal of Potato Research*. 2022; 99(2): 150–159. <https://doi.org/10.1007/s12230-022-09861-8>

18. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene *RB/Rpi-blb1*. *American Journal of Potato Research*. 2023; 100(3): 240–246. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>

19. Rakosy-Tican E. et al. Introgression of Two Broad-Spectrum Late Blight Resistance Genes, *Rpi-Blb1* and *Rpi-Blb3*, From *Solanum bulbocastanum* Dun Plus Race-Specific *R* Genes Into Potato Pre-breeding Lines. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 699. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00699>

20. Gebhardt C., Ballvora A., Walkemeier B., Oberhagemann P., Schüller K. Assessing genetic potential in germplasm collections of crop plants by marker-trait association: a case study for potatoes with quantitative variation of resistance to late blight and maturity type. *Molecular Breeding*. 2004; 13(1): 93–102. <https://doi.org/10.1023/B:MOLB.0000012878.89855.df>

21. Соколова Е.А., Бекетова М.П., Хавкин Э.Е. ДНК-маркеры генов *R1* и *R3* как предикторы устойчивости к фитофторозу картофеля. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2010; (5): 15–16. <https://elibrary.ru/lmyvfe>

22. Sharma R. et al. Identification of elite potato genotypes possessing multiple disease resistance genes through molecular approaches. *Scientia Horticulturae*. 2014; 179: 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.018>

14. Koroleva A.K., Derevyagina M.K., Biryukova V.A., Polivanova O.B., Kazakov O.G. Resistance assessment of promising colored potato hybrids to late blight. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24(3): 319–337 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-319-337>

15. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS ONE*. 2016; 11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>

16. Fadina O.A. et al. Anticipatory breeding: molecular markers as a tool in developing donors of potato (*Solanum tuberosum* L.) Late blight resistance from complex interspecific hybrids. *Agricultural Biology*. 2017; 52(1): 84–94. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.84eng>

17. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. Phenotypic Stability and Correlation for Late Blight Resistance in Advanced Potato Clones Under Field and Controlled Conditions. *American Journal of Potato Research*. 2022; 99(2): 150–159. <https://doi.org/10.1007/s12230-022-09861-8>

18. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene *RB/Rpi-blb1*. *American Journal of Potato Research*. 2023; 100(3): 240–246. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>

19. Rakosy-Tican E. et al. Introgression of Two Broad-Spectrum Late Blight Resistance Genes, *Rpi-Blb1* and *Rpi-Blb3*, From *Solanum bulbocastanum* Dun Plus Race-Specific *R* Genes Into Potato Pre-breeding Lines. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 11: 699. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00699>

20. Gebhardt C., Ballvora A., Walkemeier B., Oberhagemann P., Schüller K. Assessing genetic potential in germplasm collections of crop plants by marker-trait association: a case study for potatoes with quantitative variation of resistance to late blight and maturity type. *Molecular Breeding*. 2004; 13(1): 93–102. <https://doi.org/10.1023/B:MOLB.0000012878.89855.df>

21. Sokolova E.A., Beketova M.P., Khavkin E.E. DNA markers of the *R1* and *R3* genes as predictors of potato late blight resistance. *Russian Agricultural Sciences*. 2010; 36(5): 334–337. <https://doi.org/10.3103/S1068367410050058>

22. Sharma R. et al. Identification of elite potato genotypes possessing multiple disease resistance genes through molecular approaches. *Scientia Horticulturae*. 2014; 179: 204–211. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.018>

ОБ АВТОРАХ

Олег Геннадьевич Казаков¹

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
kazakov-og@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4131-3965>

Оксана Борисовна Поливанова^{1,2}

кандидат биологических наук, научный сотрудник^{1,2}
polivanovaoks@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3992-5452>

Марина Константиновна Деревягина¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
vzeyruk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4131-3965>

Виктория Александровна Бiryukova¹

кандидат биологических наук, ведущий сотрудник
vika_biryukova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7521-6883>

¹Федеральный исследовательский центр картофеля
им. А.Г. Лорха,
ул. Лорха, 23В, дач. пос. Красково, г. о. Люберцы, Московская
обл., 140051, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА
им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Oleg Gennadievich Kazakov¹

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Research
kazakov-og@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4131-3965>

Oksana Borisovna Polivanova^{1,2}

Candidate of Biological Sciences, Researcher^{1,2}
polivanovaoks@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3992-5452>

Marina Constantinovna Derevyagina¹

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
vzeyruk@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4131-3965>

Victoria Alexandrovna Biryukova¹

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
vika_biryukova@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7521-6883>

¹Russian Potato Research Centre,
23B Lorkh Str., Kraskovo village, Lyubertsy, Moscow region, 140051,
Russia

²Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural
Academy,
49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

УДК 631.523:633.854.78

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121

А.В. Головатская ✉

С.З. Гучетль

Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, Краснодар, Россия

✉ annamoon11@gmail.com

Поступила в редакцию: 06.07.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Головатская А.В., Гучетль С.З.

Оценка генетического разнообразия линий подсолнечника селекции ВНИИМК на основе мультиплексного микросателлитного анализа

РЕЗЮМЕ

Создание сорта, гибрида любой культуры, в том числе и подсолнечника, предполагает большие материальные и временные затраты. В связи с этим для развития отечественных селекционных программ и увеличения эффективности селекционного процесса необходимо привлечение вспомогательных инструментов. Для этих целей наиболее эффективными и распространенными являются микросателлитные ДНК-маркеры. С использованием разработанной авторами мультиплексной системы микросателлитных ДНК маркеров удалось в короткие сроки идентифицировать и оценить генетическое разнообразие 28 линий подсолнечника селекции «Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта». Изученные в данной работе линии были созданы в разных экологических зонах возделывания. ДНК выделена из осевых органов зародыша сухой семянки с применением набора реагентов «МагноПрайм ФИТО». Образцы генотипированы с использованием 4 мультиплексных систем, состоящих из 4–5 пар праймеров. Продукты полимеразной цепной реакции разделяли методом капиллярного электрофореза в денатурирующих условиях на генетическом анализаторе Нанофор-05. Отобранные 18 пар праймеров продуцировали 130 аллелей, в среднем 7,22 аллеля на локус. Эффективное число аллелей находилось в пределах от 2,47 до 6,87. Частота всех аллелей полиморфных локусов изменялась от 0,036 до 0,571. Индекс PIC составил от 0,59 до 0,86. Все исследованные в данной работе маркеры обладали высоким дискриминационным потенциалом. Анализ коллекции показал значительное генетическое разнообразие и дистанции между линиями. Кластерный анализ отразил 100%-ную уникальность исследуемых генотипов селекции ВНИИМК. Для линий прослеживалась структурированность, заключающаяся в том, что отцовские и материнские формы гибридов распределились в разные группы по степени генетического родства.

Ключевые слова: подсолнечник, *Helianthus annuus*, SSR-маркеры, генетическое разнообразие, генотипирование, система мультиплексов, микросателлиты

Для цитирования: Головатская А.В., Гучетль С.З. Оценка генетического разнообразия линий подсолнечника селекции ВНИИМК на основе мультиплексного микросателлитного анализа. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 117–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121

Anna V. Golovatskaya ✉

Saida Z. Guchetl

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russia

✉ annamoon11@gmail.com

Received by the editorial office: 06.07.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Golovatskaya A.V., Guchetl S.Z.

Assessment of the genetic diversity of sunflower lines of VNIIMK breeding based on multiplex microsatellite analysis

ABSTRACT

The development of a variety, a hybrid, involves a significant investment of time and money. In this regard, for the development of domestic breeding programmes and to increase the efficiency of the breeding process, it is necessary to attract additional tools. For these purposes, the most effective and widely used are microsatellite DNA markers. Using the multiplex system of microsatellite DNA markers developed by us, it was possible to identify and evaluate the genetic diversity of 28 sunflower lines of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in a short time. The lines studied in this work were developed in different ecological zones of cultivation. DNA was isolated from the axial organs of the dry seed germ using the reagent kit "MagnoPrime Phyto". Samples were genotyped using 4 multiplex systems consisting of 4–5 primer pairs. Polymerase chain reaction products were separated by capillary electrophoresis under denaturing conditions on a NanoFor-05 genetic analyzer. The selected 18 primer pairs produced 130 alleles, with an average of 7.22 alleles per locus. The effective number of alleles ranged from 2.47 to 6.87. The frequency of all alleles of the polymorphic loci varied from 0.036 to 0.571. The PIC index ranged from 0.59 to 0.86. All the markers studied in this work had high discriminatory potential. The collection of lines showed significant genetic diversity and distances between them. Cluster analysis reflected 100% uniqueness of the studied genotypes bred at V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops. Structuredness of the lines was observed in the way that paternal and maternal forms of hybrids were placed in different groups according to the degree of genetic affinity.

Key words: sunflower, *Helianthus annuus*, SSR markers, genetic diversity, genotyping, multiplex system, microsatellite

For citation: Golovatskaya A.V., Guchetl S.Z. Assessment of the genetic diversity of sunflower lines of VNIIMK breeding based on multiplex microsatellite analysis. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 117–121 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-117-121>

Введение/Introduction

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) входит в список основных масличных культур Российской Федерации. Содержание масла в его семенах достигает 60% и составляет 90% сырья, перерабатываемого масложировой промышленностью. Подсолнечное масло отличается высокими вкусовыми качествами и используется непосредственно в пищевой промышленности. Жмых и шрот, обмолоченные корзинки, являются ценным источником корма для скота [1]. Данная сельскохозяйственная культура обеспечивает не только внутреннее потребление, но и занимает второе место по экспорту масличного сырья, уступая сое. Показатель экспорта подсолнечного масла за 2023 год составил 67,5%¹.

В Федеральном научном центре «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта (ВНИИМК)» селекция подсолнечника осуществляется уже более 100 лет. Становление подсолнечника как масличной культуры, нашедшей широкое распространение сначала в нашей стране, а затем и во многих странах мира, связано с именем выдающегося ученого-селекционера В.С. Пустовойта. Фактически под его руководством создана новая техническая культура, пригодная для промышленного производства.

Селекционерами ВНИИМК созданы сорта и гибриды подсолнечника разных групп спелости с высокой продуктивностью, обладающие устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессорам. Успешно ведется работа по селекции данной культуры на крупноплодность, устойчивость к гербицидам, изменение жирнокислотного состава масла семян [2].

Ряд сортов, созданных селекционерами (ВНИИМК 1646, ВНИИМК 6540, Армавирский 3497, ВНИИМК 8883, Передовик, Смена, ВНИИМК 8931, Первенец и др.), распространились по всему миру, включая свою историческую родину — Северную Америку, и служат источниками таких важных хозяйственно ценных признаков, как высокая масличность, высокая продуктивность, низкая лужистость, высокое содержание олеиновой кислоты в масле семян, устойчивость к патогенам [3].

ВНИИМК ведет селекционные программы подсолнечника, адаптированного к выращиванию в разных регионах, на трех основных опытных станциях: Центральная экспериментальная база (ЦЭБ) ВНИИМК, г. Краснодар, Россия; Армавирская опытная станция (АОС) ВНИИМК, г. Армавир, Краснодарский край, Россия; Донская опытная станция (ДОС) ВНИИМК, пос. Опорный, Ростовская обл., Россия.

Накоплен значительный исходный селекционный материал подсолнечника, куда вошли, кроме сортов, коммерческие линии и гибриды, образцы, являющиеся донорами хозяйственно ценных признаков.

За 2022 год доля высеянных семян подсолнечника отечественной селекции составила всего 22%². Существует потребность увеличения темпов импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности России. Создание качественных, высокопродуктивных сортов и гибридов предполагает большие материальные затраты и длительность процесса. В связи с этим для развития отечественных селекционных программ и увеличения эффективности селекционного процесса необходимо привлечение современных технологий генотипирования, обеспечивающих

изучение генетического разнообразия и идентификацию селекционного материала. Для этих целей наиболее эффективным и распространенным инструментом являются микросателлитные ДНК-маркеры (SSR, Simple Sequence Repeats) — простые тандемные повторы фрагментов ДНК [4].

На протяжении нескольких десятков лет в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта»» изучалось молекулярно-генетическое разнообразие генотипов подсолнечника отечественной и иностранной селекции. Основным методом исследования являлась идентификация генотипов с помощью микросателлитных локусов ДНК. Однако генотипирование 54 линий подсолнечника коллекции ВНИИМК с помощью 12 SSR маркеров выявило лишь их умеренное генетическое разнообразие [4], хотя охарактеризованные при помощи других типов маркеров 186 линий селекции ВНИИМК показали значительную гетерогенность [5].

Использованные SSR-маркеры не позволили оценить всё генетическое разнообразие изучаемой коллекции линий, поскольку не все из них обладали достаточной информативностью. Следует иметь в виду, что значительно ускоряет и удешевляет процесс генотипирования растений мультиплексный анализ микросателлитных локусов, при котором разные SSR-праймеры помещаются в одну и ту же реакционную смесь [6]. Для разработки эффективной системы идентификации подсолнечника был осуществлен поиск более информативных микросателлитных маркеров из опубликованных литературных источников. Приемлемыми для генотипирования подсолнечника оказались только три локуса (ORS78, ORS815, ORS243) с тринуклеотидными повторами мотивов [7].

В связи с этим необходимо было подобрать систему микросателлитных маркеров, способную выявить всё разнообразие коллекции селекционных линий ВНИИМК.

Цели исследования — генотипирование и оценка генетического разнообразия линий подсолнечника селекции ВНИИМК на основе мультиплексных систем новых микросателлитных локусов ДНК.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Данная работа проводилась в 2023 году в лаборатории молекулярно-генетических исследований Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта.

В качестве материала для исследований использовали 28 линий селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Генотипы представлены 13 материнскими и 15 отцовскими формами, стерильными линиями (А формы) и закрепителями стерильности (Б формы) (табл. 1).

ДНК выделяли из осевых органов зародыша сухой семянки подсолнечника с помощью набора реагентов «МагноПрайм ФИТО» («НекстБио», Россия) с применением автоматической станции для экстракции и очистки нуклеиновых кислот Auto-pure 96 (Allsheng, КНР).

Качественная и количественная оценка экстрагированной ДНК осуществлялась методом спектрофотометрии на спектрофотометре Nano-300 (Allsheng, КНР).

¹ United States Department of Agriculture. Oilseeds and Products Annual. Nicaragua. 2023.

² Семена государственной важности. К 2030 году Россия должна закрыть отечественной продукцией 75% от потребности для сева. Агроинвестор. Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/38226-semena-gosudarstvennoy-vazhnosti-k-2030-godu-rossiya-dolzha-zakrytotechestvennoy-produktsiyey-75-ot/> (дата обращения: 27.12.2022).

Для проведения реакции амплификации использовали 25 мкл реакционной смеси следующего состава: 67 мМ трис-НСI, рН 8,8; 16,6 мМ сульфата аммония; 2,5 мМ MgCl₂; 0,01% Tween 20; по 0,2 мМ каждого dNTP; по 10 пМ каждого праймера; 20 нг матричной ДНК и 1 ед. рекомбинантной термостабильной ДНК полимеразы (НПО «Сибэнзим», Россия).

Амплификацию выполняли в термоциклере MiniAmp Plus (Thermo Scientific, США) при следующих температурно-временных режимах: начальная денатурация при 96 °С в течение 2 мин., затем 30–35 циклов: денатурация при 94 °С — 30 сек., отжиг при 60 °С — 40 сек., элонгация при 70 °С — 1 мин., финальная элонгация при 70 °С — 2 мин.

Для анализа использовали 16 маркеров микросателлитных локусов (МН1, МН2, МН3, МН4, МН5, МН6, МН7, МН8, МН9, МН10, МН11, МН12, МН13, МН14, МН15, МН16), разработанных авторами исследования, и 2 маркера, отобранных из источников литературы ORS78, ORS815 [8].

Разделение продуктов амплификации, полученных с использованием пары праймеров, один из которых флуоресцентно меченый (FAM, R6G, TAMRA или ROX), осуществляли методом капиллярного электрофореза в денатурирующих условиях на генетическом анализаторе «Нанофор-05» (ИАП РАН, РФ). Размер фрагментов определяли относительно размерного стандарта СД-600 меченым флуоресцентным красителем (Dy-632) с помощью GeneMarker software version 3.0.1. (State College, PA).

Анализ информативности микросателлитных локусов включал определение количества аллелей (Na), эффективного числа аллелей (Ne) и индекса полиморфного информационного содержания (PIC). Вычисления проводили с помощью компьютерного программного обеспечения GenAIEx 6.5 (Peakall and Smouse, Australia) [9].

Определение генетических взаимоотношений между линиями в изучаемой коллекции основывалось на функции стандартного программного пакета Stats для языка программирования R версии 4.3.2 (R Core Team, 2023) по методу ward.D2 [10].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Согласно результатам прошлых исследований, выявлены два микросателлитных локуса (ORS78, ORS815), подходящих для генотипирования подсолнечника селекции ВНИИМК [7].

Маркеры микросателлитных локусов показали высокий дискриминационный потенциал, кодоминантное наследование и специфичность к целевому локусу. На основе отобранных из литературных источников и новых разработанных авторами микросателлитных маркеров были созданы 4 системы для мультиплексной ПЦР, состоящие из 4–5 пар праймеров.

Характеристики использованных в данной работе микросателлитных локусов представлены в таблице 2.

У изученных линий были обнаружены 130 аллелей, в среднем 7,22 аллеля на локус. Эффективное число аллелей находилось в пределах от 2,47 до 6,87 при среднем значении 4,45.

По результатам фрагментного анализа 28 линий были определены размеры ампликонов по каждому микросателлитному локусу. Размер аллелей находился в диапазоне от 153 до 536 п. н. Индекс PIC составил от 0,59 до 0,86, в среднем 0,75.

Таблица 1. Характеристика родительских форм гибридов, включенных в исследование

Table 1. Characteristics of the parental lines of hybrids included in the study

Происхождение	Материнские формы	Отцовские формы	
ДОС ВНИИМК	ЭД127	ВД541	
	ЭД33	ЭД155	
	ЭД399	ЭД193В	
	ЭД65А	ЭД110	
	ЭД73		
	ЭД45		
	ЭД47		
АОС ВНИИМК	ВА760А	ВА384	
		ВА389	
		ВА737	
		ВА337	
		ВА568	
		ВА820	
ЦЭБ ВНИИМК	ВК678	ВК195	
		ВК1 клп	ВК21 клп
		ВК680	ВК580
		ВК1 сур	ВК301
		ВК101Б	ВК21 сур

Таблица 2. Характеристика микросателлитных локусов ДНК

Table 2. Characteristics of DNA microsatellite loci

Название праймера	Мотив	Хромосомная локализация	Количество аллелей
Мультиплексная система № 1			
МН5	(TAA)21	12	5
ORS78	(AAG)10	10	3
МН6	(ATT)23	12	4
ORS815	(CTT)8	10	3
МН9	(TAA)12	15	4
Мультиплексная система № 2			
МН7	(TAT)18	16	4
МН10	(TCT)10	1	3
МН4	(AAT)23(TAT)18	17	4
МН11	(TGT)10 (GTT)6	2	3
Мультиплексная система № 3			
МН15	(AAT)17	3	4
МН2	(TTA)26	15	4
МН8	(TAA)10	1	4
МН3	(TAT)18	16	4
Мультиплексная система № 4			
МН12	(ATA)21	2	5
МН13	(AAT)19	3	5
МН14	(ATA)23	2	4
МН1	(ATT)33	10	3
МН16	(TAA)10TT(TAA)5	1	6

Наиболее полиморфными были маркеры МН6 и МН12. Их индекс PIC составил 0,85 и 0,86 соответственно. Наименее полиморфными оказались ORS78, ORS815 (PIC 0,60 и 0,59 соответственно).

Значения показателей информативности каждого микросателлитного локуса продемонстрированы в таблице 3.

Выводы/Conclusion

По результатам исследования с применением разработанных авторами мультиплексных систем микросателлитных ДНК-маркеров удалось в короткие сроки идентифицировать и оценить генетическое разнообразие 28 линий подсолнечника селекции ВНИИМК.

Все использованные в данной работе маркеры обладали высоким дискриминационным потенциалом (значение PIC выше 0,5) и оказались результативными для изучения генетического разнообразия, определения генетических дистанций между линиями.

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.

У 11 линий были выявлены уникальные аллели. Наибольшее их количество наблюдалось по локусам МН12 и МН16 (8 и 6 соответственно). В изученной коллекции частота аллелей полиморфных локусов изменялась от 0,036 до 0,571. Коллекция линий показала значительное генетическое разнообразие и дистанции между ними. Кластерный анализ отразил 100%-ную уникальность исследуемых генотипов селекции ВНИИМК.

Для коллекции линий прослеживается структурированность, заключающаяся в том, что отцовские и материнские формы гибридов распределились в разные группы генетического родства.

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

- Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower Hybrid Breeding: From Markers to Genomic Selection. *Frontiers in Plant Science*. 2018; 8: 2238. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02238>
- Лукомец В.М., Бочкарев Н.И., Трунова М.В. ВНИИМК — 110 лет на страже масличной отрасли России. *Масличные культуры*. 2022; (1): 97–102. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-1-189-97-102>
- Лукомец В.М., Бочкарев Н.И. К 100-летию Государственного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур им. В.С. Пустовойта Российской академии сельскохозяйственных наук. *Масличные культуры*. 2012; (1): 3–8. <https://www.elibrary.ru/pbmqmn>
- Гучетль С.З., Головатская А.В., Рамазанова С.А., Волошко А.А. Генетическое разнообразие линий подсолнечника российской селекции, выявленное с помощью анализа микросателлитных локусов. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(2): 173–186. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.173-186>
- Goryunova S.V. et al. Genetic and Phenotypic Diversity of the Sunflower Collection of the Pustovoit All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). *Helia*. 2019; 42(70): 45–60. <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0021>
- Guo L. et al. Multiplex SSR: A pipeline for developing multiplex SSR-PCR assays from resequencing data. *Ecology and Evolution*. 2020; 10(6): 3055–3067. <https://doi.org/10.1002/ece3.6121>
- Головатская А.В., Гучетль С.З. Скрининг микросателлитных ДНК маркеров для разработки эффективной системы идентификации подсолнечника. *Кормопроизводство*. 2023; (S11): 48–51. <https://doi.org/10.25685/KRM.2023.11.2023.007>
- Duca M., Port A., Cucereavii A., Şestacova T. SSR Markers Assessment in Estimation of Genetic Polymorphism in Sunflower. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2015; 2(1): 70–77.
- Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research — an update. *Bioinformatics*. 2012; 28(19): 2537–2539. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460>
- Murtagh F., Legendre P. Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering Method: Which Algorithms Implement Ward's Criterion? *Journal of Classification*. 2014; 31(3): 274–295. <https://doi.org/10.1007/s00357-014-9161-z>
- Ramya K.T., Vishnuvardhan Reddy A., Sujatha M. Agromorphological and molecular analysis discloses wide genetic variability in sunflower breeding lines from USDA, USA. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2019; 79(2): 444–452.
- Taheri S. et al. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants. *Molecules*. 2018; 23(2): 399. <https://doi.org/10.3390/molecules23020399>

ОБ АВТОРАХ

Анна Владимировна Головатская
младший научный сотрудник
annamoon11@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8355-3150>

Саида Заурбиевна Гучетль
кандидат биологических наук, заведующая лабораторией
saida.guchetl@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2193-5230>

Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта,
ул. им. Филатова, 17, Краснодар, 350038, Россия

REFERENCES

- Dimitrijevic A., Horn R. Sunflower Hybrid Breeding: From Markers to Genomic Selection. *Frontiers in Plant Science*. 2018; 8: 2238. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02238>
- Lukomets V.M., Bochkaryov N.I., Trunova M.V. VNIIMK has been guarding the oilseed industry of Russia for 110 years. *Oil Crops*. 2022; (1): 97–102 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-1-189-97-102>
- Lukomets V.M., Bochkaryov N.I. To the 100th anniversary of the State Scientific Institution of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit of the Russian Academy of Agricultural Sciences. *Oil Crops*. 2012; (1): 3–8 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pbmqmn>
- Guchetl S.Z., Golovatskaya A.V., Ramazanova S.A., Voloshko A.A. Genetic diversity of the Russian sunflower breeding lines revealed by microsatellite loci analysis. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(2): 173–186 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.173-186>
- Goryunova S.V. et al. Genetic and Phenotypic Diversity of the Sunflower Collection of the Pustovoit All-Russia Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). *Helia*. 2019; 42(70): 45–60. <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0021>
- Guo L. et al. Multiplex SSR: A pipeline for developing multiplex SSR-PCR assays from resequencing data. *Ecology and Evolution*. 2020; 10(6): 3055–3067. <https://doi.org/10.1002/ece3.6121>
- Golovatskaya A.V., Guchetl S.Z. Screening of microsatellite DNA markers for effective sunflower identification. *Fodder Production*. 2023; (S11): 48–51 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2023.11.2023.007>
- Duca M., Port A., Cucereavii A., Şestacova T. SSR Markers Assessment in Estimation of Genetic Polymorphism in Sunflower. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2015; 2(1): 70–77.
- Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research — an update. *Bioinformatics*. 2012; 28(19): 2537–2539. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460>
- Murtagh F., Legendre P. Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering Method: Which Algorithms Implement Ward's Criterion? *Journal of Classification*. 2014; 31(3): 274–295. <https://doi.org/10.1007/s00357-014-9161-z>
- Ramya K.T., Vishnuvardhan Reddy A., Sujatha M. Agromorphological and molecular analysis discloses wide genetic variability in sunflower breeding lines from USDA, USA. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2019; 79(2): 444–452.
- Taheri S. et al. Mining and Development of Novel SSR Markers Using Next Generation Sequencing (NGS) Data in Plants. *Molecules*. 2018; 23(2): 399. <https://doi.org/10.3390/molecules23020399>

ABOUT THE AUTHORS

Anna Vladimirovna Golovatskaya
Junior Research Assistant
annamoon11@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8355-3150>

Saida Zaurbievna Guchetl
Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory
saida.guchetl@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2193-5230>

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops,
17 Filatov Str., Krasnodar, 350038, Russia

Ю.В. Афанасьева

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства (ФГБНУ ФНЦ Садоводства), Москва, Россия

✉ yuliya_afanaseva_90@bk.ru

Поступила в редакцию: 24.08.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Афанасьева Ю.В.

Research article

Yulia V. Afanasyeva

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

✉ yuliya_afanaseva_90@bk.ru

Received by the editorial office: 24.08.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Afanasyeva Yu.V.

Оценка устойчивости коллекционных образцов озимой пшеницы к стрессовым факторам зимнего периода

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Озимая пшеница является основной зерновой продовольственной культурой Центрального Черноземья. Ежегодно в регионе посевы культуры занимают 2,2–2,5 млн га, что составляет около 20% всех посевных площадей в Российской Федерации. В результате изменчивости климатических условий региона, отрицательно влияющих на количественные и качественные показатели производства зерна озимой пшеницы, урожайность и валовый сбор могут значительно изменяться по годам. В зависимости от сочетания температуры, влажности почвы и воздуха, снежного покрова и его состояния формируется комплекс условий перезимовки пшеницы. **Цели исследований** — изучение и выделение зимостойких и устойчивых к повреждающим факторам холодного времени года образцов мягкой озимой пшеницы в условиях Московской области.

Методы. Исследования проводили в 2021–2023 гг. в п. Михнево Московской области на полях отделения генофонда и биоресурсов растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Объектами исследований являлись образцы озимой пшеницы из мировой коллекции ВИР отечественной и зарубежной селекции, которые были поделены на 13 групп в зависимости от эколого-географического происхождения.

Результаты. В 2021–2023 гг. сложились недостаточно благоприятные условия для перезимовки озимой мягкой пшеницы, устойчивость в среднем по питомнику составила 5,3 балла (50–70% выживаемости). Высокий уровень перезимовки был отмечен у групп сортов: Беларусь (5,7 балла), Латвия (5,9 балла), Финляндия (5,6 балла). Наименее устойчивыми к условиям перезимовки показали сорта селекции Дания (4,3 балла). Высокий уровень устойчивости к снежной плесени отмечен у образцов из Беларуси, Дании, Норвегии, России и Финляндии (от 7,0 до 9,0 баллов).

Ключевые слова: озимая пшеница, перезимовка, снежная плесень, устойчивость, урожайность

Для цитирования: Афанасьева Ю.В. Оценка устойчивости коллекционных образцов озимой пшеницы к стрессовым факторам зимнего периода. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 122–128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-122-128>

Evaluation of resistance of collection samples of winter wheat to stress factors of the winter period

ABSTRACT

Relevance. The main grain food crop of the Central Black Earth Region is winter wheat. Annually, the crop occupies 2.2–2.5 million ha in the crops of the region, which is about 20% of all sown areas in the Russian Federation. As a result of the variability of climatic conditions in the region, which adversely affects the quantitative and qualitative indicators of winter wheat grain production, yields and gross grain yields can vary significantly from year to year. Depending on the combination of temperature, soil and air humidity, snow cover and its condition, a set of conditions for overwintering wheat is formed.

The purpose of the research is to study and isolate winter — hardy and resistant to damaging factors of the cold season samples of soft winter wheat in the conditions of the Moscow region.

Methods. The research was carried out in 2021–2023 in the village of Mikhnevo, Moscow region, in the fields of the Department of the gene pool and Plant Bioresources of the Federal State Budgetary Scientific Research Center for Horticulture.

Results. The objects of research were samples of winter wheat from the World Collection of VIR of domestic and foreign breeding, which were divided into 13 groups depending on the ecological and geographical origin. In 2021–2023, there were insufficiently favorable conditions for overwintering winter soft wheat, the average resistance in the nursery was 5.3 points (50–70% survival rate). A high level of overwintering was noted in the groups of varieties: Belarus (5.7 points), Latvia (5.9 points), Finland (5.6 points). The Danish varieties showed the least resistance to overwintering conditions (4.3 points). A high level of resistance to snow mold was noted in samples from Belarus, Denmark, Norway, Russia and Finland (from 7.0 to 9.0 points).

Key words: winter wheat, overwintering, snow mold, resistance, yield

For citation: Afanasyeva Yu.V. Evaluation of resistance of collection samples of winter wheat to stress factors of the winter period. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 122–128 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-122-128>

Введение/Introduction

Важнейшей частью сельскохозяйственного производства является возделывание зерновых культур. Особое место среди них занимает озимая пшеница, ее роль в продовольственном обеспечении России сложно переоценить. Озимые зерновые культуры возделываются практически во всех зерносеющих регионах России.

Озимая пшеница — основная зерновая продовольственная культура Центрального Черноземья (ЦЧЗ) [1]. Ежегодно в посевах региона культура занимает 2,2–2,5 млн га, что составляет около 20% всех посевных площадей в Российской Федерации. Эти показатели не предел, так как посевы пшеницы в последние годы имеют тенденцию к дальнейшему увеличению [2]. Однако урожайность и валовые сборы зерна в ЦЧЗ, особенно на юго-востоке региона, могут значительно изменяться по годам.

Одним из факторов, отрицательно влияющим на количественные и качественные показатели производства зерна озимой пшеницы, являются климатические (гидротермические) условия региона. При этом показатели, их составляющие, — динамическая величина, непостоянная как по годам изучения, так и по фазам развития растений [3].

К числу основных метеорологических факторов, от которых зависит перезимовка озимой пшеницы, относятся температура, влажность почвы и воздуха, снежный покров и его состояние. В зависимости от сочетания этих факторов формируется тот или иной агрометеорологический комплекс условий перезимовки [4]. К повреждающим пшеницу факторам в первую очередь относятся низкие температуры, вызывающие вымерзание растений, резкие колебания температур с глубокими оттепелями, приводящими к образованию притертой ледяной корки. Длительное пребывание озимой пшеницы под глубоким снежным покровом может вызвать поражение ее грибными болезнями и стать причиной выпревания.

Вопрос зимовки растений особенно актуален в свете современных изменений климата. В целом годовые максимумы температуры летом на территории России менее характеризуют глобальное потепление, чем годовые минимумы (зимние экстремумы), то есть статистически значимые изменения температуры воздуха приурочены именно к холодному периоду, а изменение климата в первую очередь сказывается в потеплении зим¹. Именно поэтому изучение агрометеорологических условий зимовки и отклика сельскохозяйственных культур на наблюдаемые изменения климата является актуальной и практически важной задачей [5–7].

Цели исследований — изучение и выделение зимостойких и устойчивых к повреждающим факторам холодного времени года коллекционных образцов мягкой озимой пшеницы из мировой коллекции ВИР в условиях Московской области.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2021–2023 гг. в пос. Михнево Московской области на полях отделения генофонда и биоресурсов растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства.

Объектами исследований являлись образцы озимой пшеницы из мировой коллекции ВИР отечественной и

зарубежной селекции, которые были поделены на 13 групп в зависимости от эколого-географического происхождения (рис. 1).

Стандартом определен сорт озимой пшеницы Московская 39.

Посев проводили по чистому пару на делянках площадью 2 м². Норма высева — 500 шт/м².

Почва участка дерново-подзолистого типа, характеризуется повышенной кислотностью (4,5–5,6), низким содержанием гумуса (2,25%), малой мощностью гумусового горизонта. Содержание доступного фосфора в пахотном горизонте на опытном участке — 18,5–19,5 мг / 100 г воздушно-сухой почвы, щелочно-гидролизуемого азота — 9,29–10,74 мг / 100 г, калия — 17,81–19,78 мг / 100 г [8].

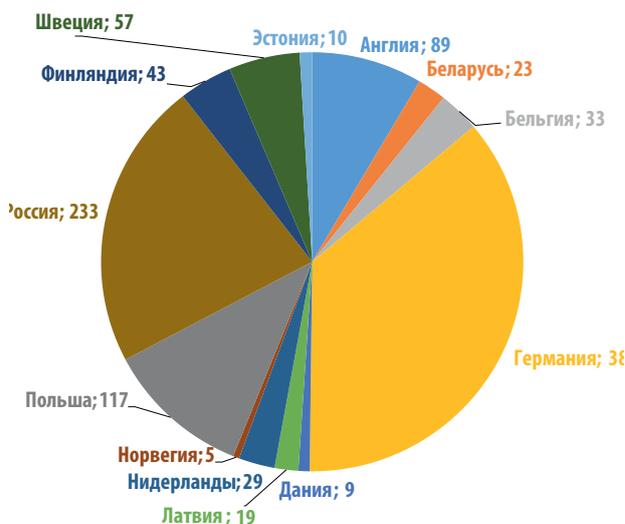
Исследования проводили согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции пшеницы². Шкала оценки перезимовки озимых культур: сохранность растений ниже 30% — очень низкая (1 балл), 51–70% — средняя (5 баллов), 71–90% — высокая (7 баллов), более 90% — очень высокая (9 баллов)².

Устойчивость к снежной плесени (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett (= *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. ex Berl. & Voglino) оценивали после схода снега, используя шкалу В.А. Корнеева и В.М. Берлянд-Коженикова (1980 г.) в модификации отдела пшениц ВИРА²: 9 баллов — высокоустойчивый (0–10% поражения растений), 7 — устойчивый (до 40%), 5 — среднеустойчивый (до 60%), 3 — слабоустойчивый (до 80%), 1 — сильновосприимчивый (до 100%).

В Московской области, по данным метеонаблюдений (Метеостанция «Сокол М» (Россия), ФНЦ Садоводства, пос. Михнево), условия холодного времени года за 2021–2023 гг. исследований были неблагоприятными для хорошей перезимовки озимой пшеницы (рис. 2, 3), регистрация погодных условий велась сотрудниками

Рис. 1. Группы коллекционных образцов пшеницы по происхождению, шт.

Fig. 1. Groups of collectible wheat samples by origin, pcs



¹ Тарасова Л.Л. Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в центральных черноземных областях в условиях климатических изменений [Текст] / Л.Л. Тарасова // ФГБУ «Гидрометцентр России». Труды. Вып. 360. 2016; 26–44.

² Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб: ВИР. 1999; 82.

института.

2020–2021 гг. В 2020 году длительный период без заморозков до конца октября способствовал кущению озимой пшеницы и постепенной акклиматизации зимующих растений. Снежный покров с III декады ноября надежно защищал растения от первых морозов. Он был довольно высоким (34–78 см) в период максимальных морозов (ниже -20°C), которые отмечали в январе (4 дня), феврале (9 дней) и марте (2 дня). Температуру ниже -30°C отмечали только однажды — 16 февраля ($-30,3^{\circ}\text{C}$). Несмотря на оттепели, снежный покров сохранялся в течение зимы и до начала апреля, но в феврале был слишком плотный, с образованием притертой ледяной корки, что является неблагоприятным фактором для перезимовки озимых.

2021–2022 гг. Осень 2021 года (с сентября по I декаду октября) по температурным показателям была холоднее нормы на $1,1^{\circ}\text{C}$, в дальнейшем (во II декаде октября и ноябре) — теплее (на $2,8^{\circ}\text{C}$) по сравнению со средне многолетними значениями. Ночные заморозки отмечали с 18 сентября, а отрицательные среднесуточные температуры — эпизодически, в ноябре.

Температурный минимум осени — $9,8^{\circ}\text{C}$. Превышение нормы по количеству осадков отмечали во II и III декадах сентября, III декаде ноября. К концу осени устойчивый снежный покров не сформировался. Зима 2021–2022 гг. была теплой относительно средне многолетних значений. Морозы ниже -20°C отмечали в декабре — 2 дня (минимум — -25°C). В течение зимних месяцев нередко отмечали положительные дневные температуры воздуха (до $+1^{\circ}\text{C}$). Показатели среднедекадных температур воздуха ($-5,5$ – $6,4^{\circ}\text{C}$) были выше средне многолетних значений (на $1,7$ – $3,0^{\circ}\text{C}$). Обильные осадки отмечали в течение месяца регулярно, они в 2,4 раза превысили норму. Высота снежного покрова к концу месяца увеличилась до 51 см. Из-за оттепелей (до $+1^{\circ}\text{C}$) отмечали уплотнение снежного покрова и образование притертой ледяной корки.

В феврале среднедекадные температуры воздуха ($-0,6$ – $4,8^{\circ}\text{C}$) были выше средне многолетних значений (на $4,0$ – $7,7^{\circ}\text{C}$). С 7 февраля в дневные часы отмечали положительные температуры воздуха (до $+6^{\circ}\text{C}$). Недобор осадков был в 1,6 раза меньше месячной нормы. Высота очень плотного снежного покрова к концу месяца уменьшилась до 26 см.

В марте (в I и III декадах) среднедекадные температуры воздуха были выше средне многолетних значений (на $0,9$ – $1,6^{\circ}\text{C}$). Температура изменялась в широких пределах (от $-15,1$ до $+9,7^{\circ}\text{C}$), ночью была отрицательной, вследствие чего снежный покров переуплотнялся и снижался очень медленно. Высота снега к концу II декады марта составила 20 см, что всего на 6 см ниже, чем в

Рис. 2. Изменение температуры воздуха в Московской области за 2021–2023 гг. (метеостанция «Сокол М», ФНЦ Садоводства, пос. Михнево)

Fig. 2. Air temperature change in the Moscow region in 2021–2023 (“Sokol M” weather station, Federal Research Center for Horticulture, village Mikhnevo)

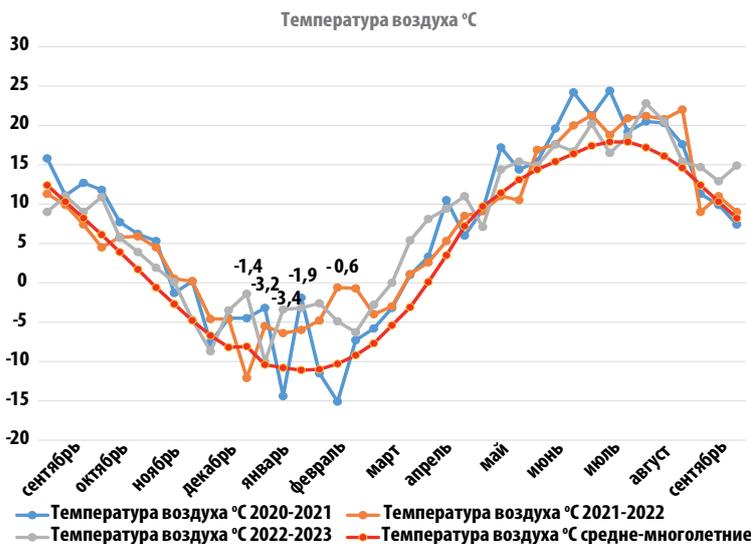
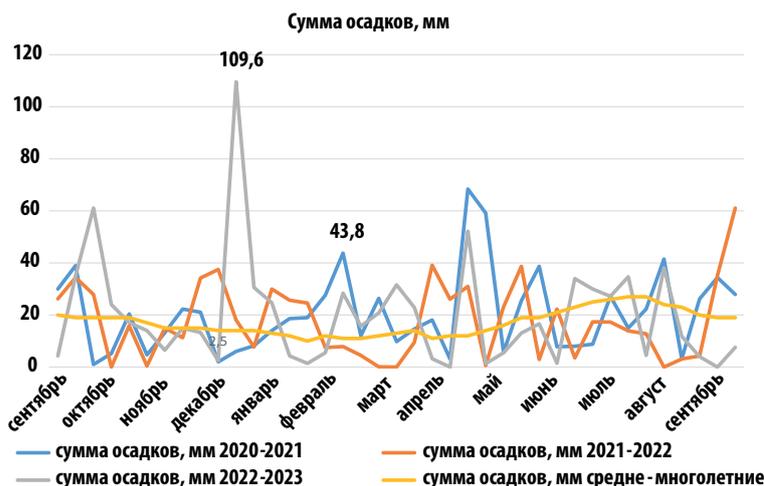


Рис. 3. Распределение суммы осадков по декадам в Московской области за 2021–2023 гг.

Fig. 3. Distribution of precipitation totals by ten-day period in the Moscow region for 2021–2023



конце февраля. С 26 по 31 марта выпало $9,5$ мм осадков в виде снега с дождем, что на $0,4$ мм выше нормы. Общее количество выпавших осадков за март ниже месячной нормы в 2,7 раза. На конец месяца высота снежного покрова составляла 7 см. Снежный покров полностью сошел к концу I декады апреля.

2022–2023 гг. Осень 2022 года отличалась превышением осадков выше нормы (на $32,4$ мм). Среднедекадная температура воздуха превышала средне многолетние значения (на $1,4^{\circ}\text{C}$). Морозный период был прерван кратковременным потеплением 22–23 ноября (до $+0,5^{\circ}\text{C}$), прошел ледяной дождь, а на земле образовалась толстая ледяная корка, которая сохранялась под снежным покровом всю зиму. Высота снежного покрова осенью достигала 10 см.

Зима по большинству показателей среднедекадных температур воздуха была теплее нормального уровня (в среднем на $2,1^{\circ}\text{C}$). Оттепели были непродолжительными (до 4 дней). Температуру воздуха ниже -20°C фиксировали в отдельные часы 6–8 января (минимум — $-25,5^{\circ}\text{C}$). Всю зиму сохранялся снежный

покров, а под ним — толстая ледяная корка, сформировавшаяся в конце осени. Сумма выпавших осадков за зиму превышала норму (в 2,1 раза), но, поскольку была высока доля дождевых осадков, высота снежного покрова составила не более 48 см.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Вопрос перезимовки является важным фактором в исследованиях по созданию зимостойких, продуктивных, высококачественных сортов озимой пшеницы [9].

В 2021–2023 гг. сложились неблагоприятные условия для перезимовки озимой мягкой пшеницы, и зимостойкость в среднем по питомнику составила 5,3 балла (табл. 1).

Оценка результатов исследований коллекционных образцов озимой пшеницы выявила значимые различия по перезимовке у образцов различного эколого-географического происхождения. Высокий уровень перезимовки был отмечен у групп сортов Беларусь (5,7 балла), Латвия (5,9 балла), Финляндия (5,6 балла). Наименее устойчивыми к условиям перезимовки показали сорта селекции Дания (4,3 балла). Высокий уровень устойчивости к снежной плесени отмечен у образцов из Беларуси, Дании, Норвегии, России и Финляндии (от 7,0 до 9,0 баллов).

Основные факторы, влияющие на перезимовку озимой пшеницы: метеорологические условия, зимостойкость культуры, особенности агротехники. Значительными физиологическими причинами повреждения и гибели растений в зимний период являются вымерзание, повреждение притертой к почве ледяной коркой, выпревание, вымокание, выпирание и выдувание растений [9, 10].

В Московской области часто встречаются два типа повреждения озимой пшеницы в зимний период — выпревание и ледяная корка [11]. Ледяная корка образуется при чередовании понижения и повышения температуры воздуха (морозы, оттепели), при недостатке снежного покрова. На поверхности почвы она нарушает процесс воздухообмена у озимых культур и приводит к механическому повреждению растений [12]. Причины гибели растений под ней различны в зависимости от ее положения (нависшая, притертая).

Наибольший вред растениям наносит ледяная корка толщиной более 3 см (рис. 4а,4б), которая лежит на полях более 30 дней и наносит механические повреждения [12].

Притертая ледяная корка наносит повреждения в виде выпирания растений, обрыва корневой системы, механического повреждения узлов кущения (рис. 5).

Условия перезимовки растений в 2021–2022 гг. начались благоприятно, при устойчивом снежном покрове высотой 0,25–0,30 м. Количество выпавших осадков за зиму, несмотря на их недобор в феврале, превышало среднесуточные значения (в 1,4 раза). Снежный покров до 52 см сохранялся в течение зимы. Из-за оттепелей (до +1 °С) отмечали уплотнение снежного покрова и образование притертой ледяной корки. Из-за длительного нахождения растений под притертой ледяной коркой, неблагоприятно отразившегося на жизнеспособности растений озимых зерновых культур, отмечен выпад (до 40%) коллекционных образцов. Перезимовка составила 60%.

По устойчивости к ледяной корке (9 баллов)

Таблица 1. Характеристика групп образцов озимой мягкой пшеницы по зимостойкости и устойчивости к болезням, балл (2021–2023 гг.)

Table 1. Characterizations of groups of winter soft wheat samples on overwintering winter hardiness and resistance to diseases, score (2021–2023)

Группа происхождения	Зимостойкость, балл				Устойчивость к снежной плесени, балл
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средняя	
Англия	6,7	4,3	2,3	4,4	6,9
Беларусь	7,6	4,5	5,0	5,7	7,8
Бельгия	7,8	5,0	1,4	4,7	5,6
Германия	6,9	4,2	2,8	4,6	5,7
Дания	9,0	1,0	3,0	4,3	9,0
Латвия	7,0	5,0	5,8	5,9	3,0
Нидерланды	8,3	4,6	2,2	5,0	5,0
Норвегия	5,0	5,0	4,0	4,7	9,0
Польша	7,8	4,2	4,2	5,4	5,9
Россия	7,8	1,7	5,9	5,2	7,2
Финляндия	6,1	3,7	7,1	5,6	7,8
Швеция	6,6	5,0	4,6	5,4	6,4
Эстония	7,0	1,0	7,0	5,0	5,5
Стандарт	9,0	7,0	9,0	8,3	7,0

Рис. 4. Ледяная корка на посевах озимой пшеницы (зима 2022 г.): а — ледяная корка в разрезе, б — общий вид поля. Фото автора

Fig. 4. Ice crust on winter wheat crops (winter 2022): a — ice crust in section, b — general view of the field. Photo by the author



выделились образцы: Англия — к-45331 Rothwell Perdix; Польша — к-45648 Dankowska biala, к-45649 Chorynska, к-46588 Dankowska jasna; Швеция — к-44859 Sv 59587, к-45003 1-2-9; Германия — к-45702 Meister, к-46607 Sylvia, к-46618 Poros.

Основной повреждающий фактор зимнего периода в Нечерноземной зоне Российской Федерации озимой пшеницы — выпревание. Оно встречается главным

³ Лебедева В.М., Страшная А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Кн. 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. 2012; 45.

Рис. 5: а — конидии гриба *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett (= *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. ex Berl. & Voglino); б, в — внешний вид пораженных генотипов в поле. Михнево. 2021 г. Фото автора

Fig. 5: а — conidia of the fungus *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett (= *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. ex Berl. & Voglino); б, в — the appearance of the affected genotypes in the field. Mikhnevo. 2021. Photo by the author



образом в районах с тяжелыми суглинистыми почвами, плохой водопроницаемостью, где продолжительное время (4–5 месяцев) сохраняется высокий снежный покров при температуре почвы около 0 °С, что приводит к выходу растений из состояния покоя, повышению интенсивности дыхания и расходованию питательных веществ растением. Однако чаще условия выпревания создаются во второй половине зимы, когда растения подвергаются поражению грибковыми заболеваниями³.

Экономический порог вредоносности болезнями выпревания (снежной плесенью и склеротиниозом) составляет 20% пораженных растений (рис. 5в).

Зима 2020–2021 гг. характеризовалась чередованием морозных периодов с оттепелями. Морозы ниже -20 °С отмечали в январе (4 дня) и феврале (9 дней), ниже -30 °С — только 16 февраля (-30,3 °С). В течение зимы сохранялся снежный покров, в январе — феврале он был высокий (до 78 см), плотный, с образованием притертой ледяной корки.

Весной 2021 года на посевах коллекции озимой пшеницы отмечено сильное поражение розовой снежной плесенью (36% образцов) из-за образовавшейся ледяной корки на ушедших под зиму растениях и вследствие неблагоприятной перезимовки генофонда озимых культур. Несмотря на поражение болезнью (в 6,4 балла), полной гибели растений не наблюдалось. Перезимовка составила 80%.

При проведении визуальной оценки был идентифицирован возбудитель болезни *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett (= *Fusarium nivale* (Fr.) Ces. ex Berl. & Voglino). Симптомы болезни: искривление и гибель растений с беловатым налетом, изреживание посевов (рис. 5в) [13].

На поврежденных листьях отмечены водянистые пятна с бело-розовым паутинистым налетом грибницы и конидиального спороношения [13]. Листья склеиваются и отмирают. Затем разрушается узел кушения.

На погибших растениях при микроскопировании можно увидеть сумчатое спороношение гриба в виде красноватых округлых плодовых тел перитециев (рис. 5а). При сильном развитии болезни на посевах образуются пятна с отмершими растениями, захватывающими иногда большие площади (рис. 5б) [14].

Среди изученных 347 коллекционных образцов большинство относились к высокоустойчивым и устойчивым к розовой снежной плесени (9–7 баллов), средней устойчивости (5 баллов) — 61 образец, слабой устойчивости (3 балла) — 64 образца. Полностью погибших образцов не отмечено.

По сочетанию высокой устойчивости к снежной плесени (9 баллов) и высокой урожайности (более 500 г/м²)

Рис. 6. Признаки выпирания на озимой пшенице. Михнево. 2023 г. Фото автора

Fig. 6. Signs of extinction in winter wheat. Mikhnevo. 2023. Photo by the author



выделились следующие образцы: Россия — МРт-833 (к-59228), МГс-2287-т (радиокарлик) (к-60071), МРт-340 (к-59233), Лютесценс 103 (к-55955), М 15/6 остистый (к-59239); Беларусь — Сузорье (к-59245); Дания — Trifolium 33 (к-56290); Польша — Juma (к-64054); Германия — Crieuener 2865/69 (к-52862); Англия — Wizard (к-57229).

Осенне-зимний период 2022–2023 гг. отмечен кратковременным потеплением (+0,5 °С) в конце ноября и осадками в виде дождя, которые сформировали ледяную панцирь на листьях пшеницы, сохранившийся на ушедших под зиму растениях. Последующая смена повышения и понижения температуры на протяжении всего зимнего периода вдобавок привела к образованию ледяной корки. Снежный покров сохранялся до конца марта. К концу весеннего периода отмечено выпирание растений на делянках (рис. 6).

Весной проведена полевая оценка на пораженность снежной плесенью, отмечено поражение образцов (5–7 баллов). Из-за условий перезимовки и последующего поражения коллекционных образцов патогеном отмечена гибель у 16 образцов (4,5%). 86 образцов (24,5%) получили сильные повреждения, но сохранили от 5 до 20% всходов, 248 образцов (71%) перезимовали удовлетворительно. Перезимовка составила 40%.

По совокупности высокой устойчивости к снежной плесени (9 баллов) и высокой урожайности (более 700 г / 2 м²) выделились следующие образцы: Россия — к-53738 Эритроспермум 15746, к-40574 Тормовчанка, к-40641 Красный гибрид, к-40710 Мильтурум 5811;

Финляндия — к-44704 Jo 01177, к-34005 Jtasuomalainen; Германия — к-43054 St 3876 50, к-40658 Dorenburger Silber, к-41230 Schliephakes Dickkopf, к-41237 Hybrid; Польша — к-43183 Wysokolitewka szywnosloma; Латвия — к-41557 Мильтурум 5, к-41559; Швеция — к-43039 Sv 28/1056.

Выводы/Conclusion

Проведена оценка образцов различного эколого-географического происхождения по степени устойчивости к снежной плесени и перезимовке в условиях Московской области. За 2021–2023 гг. изучения перезимовка озимой пшеницы значительно колебалась — от 40% в 2023 г. до 80% в 2021-м. Гибель озимой пшеницы была спровоцирована выпреванием культуры и повреждением ледяной корки в зимний период.

Наиболее адаптированными к выпреванию и устойчивыми к снежной плесени оказались образцы из группы Дания, Англия, Беларусь, Россия, Польша, Финляндия, Швеция, обеспечив перезимовку образцов на уровне 7–9 баллов. По устойчивости к ледяной корке выделились образцы из группы Англия, Польша, Швеция, Германия (9 баллов). Полученные результаты представляют большой интерес для использования в селекционном процессе озимой мягкой пшеницы.

В результате исследований установлено, что тенденция к частым оттепелям в зимний период приводит к увеличению таких явлений, как ледяная корка и выпревание на растениях озимой пшеницы, что провоцирует развитие снежной плесени на растениях и, как следствие, приводит к повреждению растений, а иногда и их полной гибели.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные. Автор несет ответственность за плагиат. Автор объявил об отсутствии конфликта интересов.

The author is responsible for the work and the submitted data. The author is responsible for plagiarism. The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках реализации государственного задания ФГ БНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0003 «Сохранить, пополнить, изучить генетические коллекции сельскохозяйственных растений и создать репозитории плодовых и ягодных культур, заложенные свободными от вредоносных вирусов растениями».

FUNDING

The study was carried out as part of the implementation of the state task of the Federal State Budgetary Institution of the Federal Center for Horticulture No. 0432-2021-0003 "To preserve, replenish, study genetic collections of agricultural plants and create repositories of fruit and berry crops laid down by plants free from harmful viruses."

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалева М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы ее структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021; (3): 17–22. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-17-22>
- Федотов В.А. Озимая мягкая пшеница в Центральном Черноземье России. Монография. Воронеж: *Воронежский ГАУ*. 2016; 415. ISBN 978-5-7267-0888-1 <https://elibrary.ru/uveqpk>
- Дорохов Б.А., Васильева Н.М. Современные погодные условия и их воздействие на хозяйственные показатели озимой пшеницы. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019; (11–2): 106–111. <https://elibrary.ru/hantzа>
- Малкандуева А.Х., Шамурзаев Р.И., Малкандуев Х.А. Перезимовка озимой пшеницы в зависимости от приемов возделывания в условиях вертикальной зональности КБР. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2020; (6): 173–180. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2020-6-98-173-180>
- Туктарова Н.Г. Продуктивность и устойчивость к перезимовке сортов озимой пшеницы в условиях Удмуртской Республики. *Пермский аграрный вестник*. 2018; (2): 95–100. <https://elibrary.ru/ouoifn>
- Вилунов С.Д., Сидоренко В.С., Шапорова М.А., Митюхина Е.В., Глазкова Л.И. Оценка перезимовки озимой пшеницы различными вегетационными индексами. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; (3): 100–105. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-3-100-105>
- Сацок И.В., Шашко К.Г. Влияние сроков сева и норм высева семян на полевую перезимовку и урожайность озимой пшеницы. *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2015; 51: 92–99. <https://elibrary.ru/xypstr>
- Федорин Ю.В., Сотников В.П., Егоренков Л.И. Почвы сельскохозяйственных угодий СССР. М.: *Колос*. 1981; 199.
- Мельникова Т.В. Оценка коллекционного материала озимой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения по устойчивости к перезимовке и болезням. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023; (1): 88–92. <https://elibrary.ru/mbqgkr>
- Дорохов Б.А., Васильева Н.М. Зимостойкость озимой пшеницы в условиях меняющегося климата. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2018; (2): 63–69. <https://elibrary.ru/uwqisu>
- Темирбекова С.К., Черемисова Т.Д., Куликов И.М., Афанасьева Ю.В., Зуев Е.В., Потапова Е.С. Мировая коллекция ВИР — ключ для «идеала» сорта Н.И. Вавилова на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам Центрального региона РФ. М.: ФНЦ «Садоводство». 2020; 108. ISBN 978-5-521-15835-5 <https://elibrary.ru/ghkuql>
- Севостьянов А.К., Ершов В.А. Производственный процесс выращивания озимых культур в России. *Аграрная история*. 2022; (12): 89–98. https://doi.org/10.52270/27132447_2022_12_89

REFERENCES

- Sandukhadze B.I., Mammadov R.Z., Krakhmaleva M.S., Bugrova V.V. Yield of winter soft wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in the conditions of the Non-Chernozem zone. *Legumes and cereals*. 2021; (3): 17–22 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-17-22>
- Fedotov V.A. Winter soft wheat in the Central Black Earth Region of Russia. Monograph. Voronezh: *Voronezh State Agrarian University*. 2016; 415 (in Russian). ISBN 978-5-7267-0888-1 <https://elibrary.ru/uveqpk>
- Dorokhov B.A., Vasilyeva N.M. Modern weather conditions and their impact on economic indicators of winter wheat. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk*. 2019; (11–2): 106–111 (in Russian). <https://elibrary.ru/hantzа>
- Malkandueva A.Kh., Shamurzaev R.I., Malkanduev Kh.A. Overwintering and yield of winter wheat depending on cultivation methods in conditions of vertical zonality of KBR. *News of Kabardino-Balkar scientific center of RAS*. 2020; (6): 173–180 (in Russian). <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2020-6-98-173-180>
- Tuktartova N.G. Productivity and resistance to wintering of winter wheat varieties in the conditions of the Udmurt Republic. *Perm Agrarian Journal*. 2018; (2): 95–100 (in Russian). <https://elibrary.ru/ouoifn>
- Vilyunov S.D., Sidorenko V.S., Shaporova M.A., Mityukhina E.V., Glazkova L.I. Assessment of winter wheat overwintering by different vegetation indices. *Legumes and groat crops*. 2024; (3): 100–105 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2024-3-100-105>
- Satsyuk L.V., Shashko K.G. Influence of sowing terms and seed sowing rates on field overwintering and winter wheat yield. *Arable Farming and Plant Breeding in Belarus*. 2015; 51: 92–99 (in Russian). <https://elibrary.ru/xypstr>
- Fedorin Yu.V., Sotnikov V.P., Egorenkov L.I. Soils of agricultural lands of the USSR. Moscow: *Kolos*. 1981; 199 (in Russian).
- Melnikova T.V. Evaluation of collection material of winter soft wheat of different ecological and geographical origin for resistance to overwintering and diseases. *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*. 2023; (1): 88–92 (in Russian). <https://elibrary.ru/mbqgkr>
- Dorokhov B.A., Vasilyeva N.M. Winter hardiness of winter wheat in the conditions of changing climate. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2018; (2): 63–69 (in Russian). <https://elibrary.ru/uwqisu>
- Temirbekova S.K., Cheremisova T.D., Kulikov I.M., Afanasyeva Yu.V., Zuev E.V., Potapova E.S. The VIR World Collection is the Key to the "Ideal" of N.I. Vavilov's Variety for Resistance to Abiotic and Biotic Stresses in the Central Region of the Russian Federation. Moscow: *Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery*. 2020; 108 (in Russian). ISBN 978-5-521-15835-5 <https://elibrary.ru/ghkuql>
- Sevostyanov A.K., Ershov V.A. The production process of growing winter crops in Russia. *Agrarian History*. 2022; (12): 89–98 (in Russian). https://doi.org/10.52270/27132447_2022_12_89

13. Темирбекова С.К., Куликов И.М., Афанасьева Ю.В., Зуев Е.В., Белешапкина О.О., Дементьев А.В. Исходный материал озимой пшеницы для селекции устойчивых к стрессовым факторам сортов. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; (1): 16–24. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/16-24>

14. Temirbekova S.K. *et al.* Evaluation of Wheat Resistance to Snow Mold Caused by *Microdochium nivale* (Fr) Samuels and I.C. Hallett under Abiotic Stress Influence in the Central Non-Black Earth Region of Russia. *Plants*. 2022; 11(5): 699. <https://doi.org/10.3390/plants11050699>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Владимировна Афанасьева
кандидат сельскохозяйственных наук
Yuliya_afanaseva_90@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2982-919X>

Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства, ул. Загорьевская, 4, Москва, 115598, Россия

13. Temirbekova S.K., Kulikov I.M., Afanasyeva Yu.V., Zuev E.V., Beloshapkina O.O., Demytyev A.V. Source material of a winter wheat for a stress-resistant varieties selection. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; (1): 16–24 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/1/16-24>

14. Temirbekova S.K. *et al.* Evaluation of Wheat Resistance to Snow Mold Caused by *Microdochium nivale* (Fr) Samuels and I.C. Hallett under Abiotic Stress Influence in the Central Non-Black Earth Region of Russia. *Plants*. 2022; 11(5): 699. <https://doi.org/10.3390/plants11050699>

ABOUT THE AUTHORS

Yulia Vladimirovna Afanasyeva
Candidate of Agricultural Sciences
Yuliya_afanaseva_90@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2982-919X>

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 4 Zagorievskaya Str., Moscow, 115598, Russia



PRO
ЯБЛОКО
2025

7-я международная выставка технологий выращивания, хранения и сбыта плодово-ягодной продукции

САДЫ РОССИИ
PRO ЯБЛОКО 2025



www.proyabloko.pro

ГЛАВНАЯ ВЫСТАВКА ДЛЯ САДОВОДОВ

ИЮНЬ 2025

г. Минеральные Воды,
МВЦ МинводыЭКСПО

ОРГАНИЗАТОРЫ ВЫСТАВКИ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



УДК 633.85:631:526.32

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-129-133

Т.Я. Прахова ✉

В.А. Прахов

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ prakhova.tanya@yandex.ru

Поступила в редакцию: 19.09.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Прахова Т.Я., Прахов В.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-129-133

Tatyana Ya. Prahova ✉

Vladimir A. Prakhov

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ prakhova.tanya@yandex.ru

Received by the editorial office: 19.09.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Prahova T.Ya., Prakhov V.A.

Агроэкологическая оценка масличных культур семейства *Asteraceae*

РЕЗЮМЕ

В статье представлена оценка продуктивности и качества семян масличных культур семейства астровых в агроклиматических условиях лесостепи Среднего Поволжья. Экспериментальную работу по оценке продуктивности масличных культур проводили в 2021–2023 годах на опытном поле Пензенского НИИСХ. Объектом исследований являлись сафлор красильный Александрит, гвизоция абиссинская Медея и расторопша пятнистая Аврора. Исследования показали, что урожайность сафлора составила в среднем 1,46 т/га. Наиболее высокая урожайность (1,65 т/га) была получена в 2021 году. У гвизоции наибольшая урожайность достигала 1,59 т/га, у расторопши — 1,37 т/га. Масличность семян расторопши и сафлора составила 27,1% и 23,7% соответственно. Максимальное содержание жира отмечено в семенах гвизоции — 40,6%. Содержание протеина у всех культур было высоким: от 18,9% у расторопши до 21,9% у гвизоции. В среднем за годы исследований все культуры сформировали крупные семена. Масса 1000 семян сафлора в среднем составила 38,2 г, расторопши — 27,6 г, гвизоции — 3,6 г. Семена гвизоции и сафлора характеризуются очень высоким содержанием линолевой кислоты — 73,34% и 80,91% соответственно. Масло расторопши отличалось высоким содержанием линолевой (50,34%) и олеиновой (31,05%) кислот. Все культуры отличались высоким критерием засухоустойчивости. Наиболее высокий показатель отмечен у гвизоции (78,5%). У сафлора и расторопши коэффициент засухоустойчивости составил 72,1% и 74,3% соответственно.

Ключевые слова: масличные культуры, сафлор красильный, расторопша пятнистая, гвизоция абиссинская, урожайность, масличность, жирнокислотный состав

Для цитирования: Прахова Т.Я., Прахов В.А. Агроэкологическая оценка масличных культур семейства *Asteraceae*. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 129–133.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-129-133>

Agroecological assessment of oil seed crops of the *Asteraceae*

ABSTRACT

The article presents an assessment of the productivity and quality of seeds of oilseeds of the aster family in the agro-climatic conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. Experimental work on the assessment of the productivity of oilseeds was carried out in 2021–2023 at the experimental field of the Penza Research Institute. The object of research was safflower dye Alexandrite, guizotsia Abyssinian Medea and milk thistle spotted Aurora. Studies have shown that the yield of safflower averaged 1.46 t/ha. The highest yield (1.65 t/ha) was obtained in 2021. The highest yield reached 1.59 t/ha in guizotsia, and 1.37 t/ha in milk thistle. The oil content of milk thistle and safflower seeds was 27.1% and 23.7%, respectively. The maximum fat content was noted in the seeds of the herb — 40.6%. The protein content of all crops was high: from 18.9% in milk thistle to 21.9% in guizotsia. On average, over the years of research, all crops have formed large seeds. The weight of 1000 safflower seeds averaged 38.2 g, milk thistle — 27.6 g, and gizotia — 3.6 g. The seeds of guizotsia and safflower are characterized by a very high content of linoleic acid — 73.34% and 80.91%, respectively. Milk thistle oil was characterized by a high content of linoleic (50.34%) and oleic (31.05%) acids. All crops were distinguished by a high criterion of drought resistance. The highest rate was recorded in the province (78.5%). Safflower and milk thistle have a drought tolerance coefficient of 72.1% and 74.3%, respectively.

Key words: oilseeds, *Carthamus tinctorius*, *Silybum marianum*, *Guizotia abyssinica*, productivity, oil content, fatty acid composition

For citation: Prahova T.Ya., Prakhov V.A. Agroecological assessment of oil seed crops of the *Asteraceae*. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 129–133 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-129-133>

Введение/Introduction

В настоящее время изменения климата, имеющие тенденцию к повышению температур, и переориентация рынков сбыта требуют расширения ассортимента агрокультур и введения более нетрадиционных с широким спектром применения [1]. Среди них можно выделить сафлор красильный, расторопшу пятнистую и гвизоцию абиссинскую как засухоустойчивые и перспективные масличные культуры семейства *Asteraceae*, урожай которых идет на пищевые, технические, кормовые, лекарственные и другие цели [2, 3].

Сафлор красильный (*Carthamus tinctorius*) — перспективная масличная культура, которая по своим биологическим особенностям является одной из самых жаростойких и засухоустойчивых. В его семенах содержится от 25–36% до 45–50% масла и 10–13% белка [4].

Благодаря высокому содержанию линолевой кислоты (до 80–90%) масло сафлора широко используется в пищевой промышленности [3, 5, 6]. Кроме этого, его используют в технической промышленности для производства красок, линолеума, алкидных смол и покрытий, в качестве биотоплива [7, 8]. Масло, семена и цветки сафлора используются в медицине, в производстве косметических средств и в качестве биологически активной добавки [3, 5].

С агрономической точки зрения сафлор используется как кормовая культура, способная формировать до 30 т/га зеленой массы, как сидеральная, обладающая фитосанитарным действием, и медоносная культура [3–5].

Гвизоция абиссинская, или нуг абиссинский (*Guizotia abyssinica*), — новая масличная и кормовая культура. В семенах гвизоции содержится до 43% приятного на вкус и ароматного масла, основным компонентом жирнокислотного состава которого является линолевая кислота [9]. Масло гвизоции по своему составу схоже с подсолнечным и используется как в пищу, так и на технические цели [9–11]. Например, в южных странах (Индия, Эфиопия) гвизоция издавна и традиционно возделывается только на пищевое масло [10, 12].

Кроме этого, в семенах гвизоции содержатся сырой белок (до 20,9%), углеводы (до 17,8%), йод (до 5,6%), большое количество витамина Е [9, 13], а сами семена используются на корм птицам. Гвизоция является хорошим медоносом и может использоваться как сидеральная и силосная культура, способная формировать до 450 ц/га зеленой массы [9].

По биологическим свойствам нуг характеризуется устойчивостью к засухе и повышенным температурам, высокой отзывчивостью на дополнительное увлажнение, может возделываться в широком диапазоне агроклиматических условий [1, 10].

Расторопша пятнистая (*Silybum marianum*) — одно из интереснейших растений, относится как к масличным, так и к лекарственным культурам. Семена ее содержат от 25 до 32% жирного масла, 15–17% протеина, 26% клетчатки, витамины, микроэлементы, фенольные соединения, в том числе флаволигнаны (2–3%) и другие вещества [14, 15].

Масло расторопши характеризуется низким кислотным числом и относится к высшему классу. Благодаря своему жирнокислотному составу и большому количеству микро-, макроэлементов и эфирных масел масло ее обладает целебными свойствами и применяется при лечении ряда заболеваний, для укрепления иммунитета и как пищевая биодобавка [16]. Кроме этого, в качестве растительного лекарственного сырья используют и зрелые плоды расторопши, которые содержат от 2 до 3% флаволигнанов. Из них получают экстракты и концентрированные вытяжки фракций силимарина [17].

Расторопшу можно использовать и как нетрадиционное кормовое растение. Она отличается высокой продуктивностью надземной массы (до 31,7 ц/га), хорошей кормовой ценностью и поедаемостью животными во время вегетации. Поэтому ее рекомендуют вводить в состав травосмесей для повышения питательной ценности [14, 18].

По биологическим свойствам расторопша относится к неприхотливым растениям. Ее можно возделывать во всех районах, где безморозный период не менее 160–180 дней. Она является засухоустойчивым растением, особенно устойчива к засухе во второй половине вегетации [13, 16, 19].

В целом данные культуры хорошо адаптированы к возделыванию как в регионах с недостаточной влажностью, так и в районах с достаточным количеством осадков, обладают высоким потенциалом продуктивности и качества маслосемян. Получаемые из них растительные масла составляют, с одной стороны, основу рационального питания человека, а с другой — это необходимое сырье для различных отраслей промышленности [3, 6, 14].

Цель исследований — агроэкологическая оценка продуктивности и качества семян масличных культур семейства астровых в агроклиматических условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследования / Materials and methods research

Экспериментальную работу по оценке продуктивности масличных культур проводили в 2021–2023 годах на опытном поле Федерального научного центра лубяных культур обособленное подразделение (Пензенская обл., раб. пос. Лунино).

Объектами исследований являлись: сафлор красильный Александрит, гвизоция абиссинская Медя, расторопша пятнистая Аврора.

Закладку опытов, оценку урожайности и анализ структуры урожая проводили согласно методическим рекомендациям по масличным культурам¹. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову².

Протеин определяли методом Кьельдаля³, масличность семян — методом Сокслета⁴, влажность — по ГОСТ 57059⁵, массу 1000 семян — по ГОСТ 12042⁶, жирнокислотный состав — методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000» (Россия) согласно ГОСТ 31663⁷.

¹ Лукомец В.М. и др. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК. 2010; 327.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014; 349.

³ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁴ ГОСТ 10857-64 Семена масличные. Методы определения масличности. М.: Стандартинформ. 2010; 74.

⁵ ГОСТ Р 57059-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Экспресс-метод определения влаги.

⁶ ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. М.: Стандартинформ. 2011; 116–118.

⁷ ГОСТ 31663-2012 Масло растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартинформ. 2013; 8.

Посев культур проводился в оптимально-ранние сроки (1 декада мая). Норма высева, рекомендованная для каждой культуры: сафлора — 0,3 млн всхожих семян на 1 га, рапоропши — 0,5 млн всхожих семян на 1 га, гвизоции — 2,5 млн всхожих семян на 1 га. Способ посева — рядовой согласно существующим рекомендациям⁸. Повторность опыта — 3-кратная.

Климат лесостепи Среднего Поволжья, куда территориально относится Пензенский НИИСХ, умеренно континентальный. Сумма эффективных температур за период вегетации культур — от 1850 до 2450 °С, сумма годовых осадков — от 350 до 750 мм⁹.

В 2021 году вегетационный период культуры характеризовался как умеренно увлажненный, ГТК составил 0,96. В 2022 и 2023 годах рост и развитие культур происходили в умеренно засушливых условиях (ГТК 0,86 и ГТК 0,83).

Почвы опытного участка представлены среднемоющими выщелоченными черноземами с содержанием гумуса 5,8%.

Экологические условия, наблюдавшиеся в период вегетации культур в годы исследований, характеризовались как умеренно засушливые, о чем свидетельствуют значения гидротермического коэффициента — 0,86–0,94.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Урожайность выступает как интегральный показатель и отражает весь комплекс биологических свойств и адаптивные возможности культуры при различных климатических условиях.

Исследования показали, что в условиях Пензенского НИИСХ урожайность сафлора была достаточно высокой и составила в среднем 1,46 т/га. Наиболее высокий урожай (1,65 т/га) был получен в 2021 году.

Одним из важных критериев оценки засухоустойчивости культуры является коэффициент засухожароустойчивости (КЗУ), который определяется как выраженное в процентах отношение оценок урожайности культур в условиях засухи к величинам их урожая в при хорошей влагообеспеченности, как это принято в исследованиях P. Sagar¹⁰.

Наиболее высокая урожайность получена у гвизоции, уровень которой достигал 1,59 т/га. Рапоропши сформировала самую низкую продуктивность относительно других культур — 1,37 т/га (табл. 1).

Однако масличность семян рапоропши была наибольшей по сравнению с сафлором и составила 27,1% и 23,7% соответственно. Максимальное содержание жира отмечено в семенах гвизоции — 40,6%. При этом содержание протеина у всех культур было высоким: от 18,9% у рапоропши до 21,9% у гвизоции.

За годы исследований отмечена низкая вариабельность урожайности культур, коэффициент вариации

Таблица 1. Продуктивность масличных культур (2021–2023 гг.)

Table 1. Productivity of oilseeds (2021–2023)

Культура	Урожайность, т/га	Масличность, %	Протеин, %	КЗУ
Сафлор Александрит	1,46	23,7	19,7	74,3
Гвизоция Медя	1,59	40,6	21,9	78,5
Рапоропш Аврора	1,37	27,1	18,9	72,1
НСР ₀₅	0,07	1,10	0,56	–

составил 4,9–6,8%. Это говорит о стабильном проявлении признака урожайности за годы изучения и показывает достаточно высокую биологическую стойкость культуры в отношении действия климатических факторов (засухи), так как все три года изучения данных культур оказались засушливыми.

Все культуры отличались высоким критерием засухоустойчивости. Наиболее высокий показатель отмечен у гвизоции — 78,5%. У сафлора и рапоропши коэффициент засухоустойчивости был ниже — на 4,2% и 6,4%, параметры которого составили 72,1% и 74,3% соответственно.

Основными элементами структуры урожая, из которых складывается урожайность данных масличных культур, являются количество корзинок на одном растении, число выполненных семян в одной корзинке, масса семян с одного растения и масса 1000 семян. Число корзинок (в среднем за три года) у сафлора составило 19,8, у гвизоции — 127,3, у рапоропши — 8,6 на одном растении, при этом отмечена высокая вариабельность данного показателя (табл. 2).

Количество семян в одной корзинке у сафлора по годам исследования изменялось незначительно, размах вариации — от 31,1 до 38,1 шт. Наибольшего варьирования данный признак достигал у рапоропши пятнистой, где минимальное число выполненных семян в одной корзинке составило 91,8 шт., максимальное — 134,3. У гвизоции вариабельность данного признака была средней, число семян в корзинке изменялось от 43,7 до 54,5 шт.

Продуктивность одного растения гвизоции колеблется от 10,5 до 12,8 г, у рапоропши и сафлора данный признак варьирует в более широких пределах, масса семян с одного растения которых составляет 5,9–9,9 г и 8,2–15,2 г соответственно.

Масса 1000 семян является одним из сортовых признаков и в меньшей степени изменяется под влиянием метеорологических условий. Масса 1000 семян сафлора в среднем составила 38,2 г, с варьированием по годам от 31,8 до 40,1 г, у рапоропши изменялась от 25,4 до 30,2 г. У гвизоции за годы изучения минимальное

Таблица 2. Основные показатели структуры урожая масличных культур (2021–2023 гг.)

Table 2. Main indicators of the harvest structure of oilseed crops (2021–2023)

Показатель	Параметр	Сафлор Александрит	Гвизоция Медя	Рапоропша Аврора
Число корзинок на одном растении, шт.	min	16,4	121,8	5,9
	max	21,5	132,7	10,7
	среднее	19,8	127,3	8,6
НСР ₀₅		4,76	3,13	1,48
Число семян в одной корзинке, шт.	min	31,1	43,7	91,8
	max	38,1	54,5	134,3
	среднее	35,4	49,1	107,7
НСР ₀₅		2,20	3,14	2,15
Масса семян с одного растения, г	min	5,9	10,5	8,2
	max	9,9	12,8	15,2
	среднее	8,3	11,6	12,0
НСР ₀₅		1,08	0,69	1,16
Масса 1000 семян, г	min	31,8	3,3	25,4
	max	40,1	3,8	30,2
	среднее	38,2	3,6	27,6
НСР ₀₅		1,07	0,08	0,68

⁸ Кшникаткина А.Н. и др. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений. М.: ВНИИССОК. 2003; 373.

⁹ Иванов А.И., Чернышев Н.В., Кузин Е.Н. Природные условия Пензенской области. Современное состояние. Пенза. 2017; 236.

¹⁰ Sagar P., Kapoor R.L., Jatasa D.S. Phenotypic stability of drought index in pearly millet / Annals of Arid Zone. 1984; 23: 3: 207–211.

значение данного показателя составило 3,3 г, максимальное — 3,8 г.

Содержание масла в семенах — один из основных показателей, характеризующих ценность той или иной масличной культуры, а наиболее важной качественной характеристикой является его жирнокислотный состав, который у изучаемых культур был практически идентичным.

Семена гвизоции и сафлора характеризуются очень высоким содержанием линолевой кислоты — 73,34% и 80,91%, при этом количество линоленовой кислоты у гвизоции и расторопши составило, соответственно, 0,23% и 0,26%, а в семенах сафлора уровень данной кислоты достигал 0,40% (табл. 3).

Меньшее содержание линолевой кислоты (50,34%) отмечено у расторопши пятнистой, причем содержание мононенасыщенной олеиновой кислоты было наиболее высоким — 31,05%. Содержание олеиновой кислоты у

сафлора составило 10,94%, минимальное ее содержание было в семенах гвизоции — 9,35%.

Сумма насыщенных кислот (пальмитиновой и стеариновой) составила 6,55–15,45%, где наибольшая доля приходится на пальмитиновую кислоту, максимум содержания которой отмечен у гвизоции (8,32%) и минимум — у сафлора (4,62%). Содержание стеариновой кислоты варьирует по культурам в диапазоне от 1,93% (у сафлора) до 7,13% (у гвизоции).

В семенах расторопши отмечено достаточно высокое содержание арахисовой (3,28%) и гондоиновой (1,12%) кислот, тогда как содержание данных кислот у гвизоции составляет всего 0,43% и 0,07%, у сафлора — 0,36% и 0,17% соответственно.

Выводы/Conclusion

Таким образом, все изучаемые масличные культуры семейства астровых сочетают в себе высокую продуктивность и качество семян, при этом каждая в отдельности имеет свою ценность и перспективность, что благоприятствует их распространению именно в климатических условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Гвизоция абиссинская отличалась высоким уровнем урожайности (1,59 т/га) и содержанием сырого жира в семенах (40,6%). Коэффициент засухоустойчивости составил 78,5%.

Установлено, что изучаемый сорт сафлор красильный отличался засухоустойчивостью, показатель КЗУ составил 74,3%, при этом продуктивность семян в среднем — 1,46 т/га при масличности 23,7%.

В эксперименте расторопша пятнистая отличалась высоким содержанием мононенасыщенной олеиновой кислоты (31,05%), содержанием масла (до 27,1%) и уровнем продуктивности семян (до 1,37 т/га).

Таблица 3. Содержание основных жирных кислот в семенах масличных культур (2021–2023 гг.)

Table 3. Content of essential fatty acids in oilseeds of oilseeds (2021–2023)

Жирная кислота	Индекс	Гвизоция	Расторопша	Сафлор
		Медея	Аврора	Александрит
содержание, %				
Миристиновая	C 14:0	0,04	0,06	0,07
Пальмитиновая	C 16:0	8,32	6,20	4,62
Стеариновая	C 18:0	7,13	5,28	1,93
Олеиновая	C 18:1	9,35	31,05	10,94
Линолевая	C 18:2	73,34	50,34	80,91
Линоленовая	C 18:3	0,23	0,26	0,40
Арахисовая	C 20:0	0,43	3,28	0,36
Гондоиновая	C 20:1	0,07	1,12	0,17

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the "Federal Scientific Center of Bast Crops" (theme No. FGSS-2022-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Оптимизация приемов возделывания конопли посевной при рядовом способе посева. *Аграрная наука*. 2024; (6): 112–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-112-117>
- Исакова А.Л. Гвизоция абиссинская — нетрадиционная масличная культура. *Наше сельское хозяйство*. 2021; (21): 60–63. <https://elibrary.ru/fiwuyx>
- Темирбекова С.К. и др. Экологическое изучение сафлора красильного в России, Казахстане и Таджикистане для обеспечения продовольственной безопасности. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2024; (4): 35–45. <https://doi.org/10.31857/S2500208224040064>
- Зайцева Н.А., Климова И.И. Оценка сортообразцов сафлора на продуктивность и качество в аридных условиях Северного Прикаспия. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(5): 785–791. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.785-791>
- Насиев Б.Н., Жылкыбай А.М., Беккалиев А.К., Жанаталапов Н.Ж., Беккалиева А.К. Использование посевов сафлора (*Carthamus tinctorius*) для фитомелиорации темно-каштановых почв Западного Казахстана. *Аграрная наука*. 2022; (3): 62–65. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-357-3-62-65>
- Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в центральной степи Крыма (обзор). *Таврический вестник аграрной науки*. 2020; (1): 100–121. <https://elibrary.ru/vofwup>
- Khalid N., Khan R.S., Hussain M.I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient — A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2017; 66: 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.009>

REFERENCES

- Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. Optimization of methods of cultivation of seed hemp with an ordinary method of sowing. *Agrarian science*. 2024; (6): 112–117 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-383-6-112-117>
- Isakova A.L. *Guizotia abyssinica* — an unconventional oilseed crop. *Nashe sel'skoye khozyaystvo*. 2021; (21): 60–63 (in Russian). <https://elibrary.ru/fiwuyx>
- Temirbekova S.K. et al. Ecological study of false saffron in Russia, Kazakhstan and Tajikistan to ensure food security. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2024; (4): 35–45 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500208224040064>
- Zaitseva N.A., Klimova I.I. Evaluation of safflower varieties for productivity and quality in the arid conditions of the Northern Caspian region. *Agrarian Science Euro-North-East*. 2023; 24(5): 785–791 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.785-791>
- Nasiev B.N., Zhylykbaev A.M., Bekkaliyev A.K., Zhanatalapov N.Zh., Bekkaliyeva A.K. The use of safflower crops (*Carthamus tinctorius*) for phytomelioration of dark chestnut soils in Western Kazakhstan. *Agrarian science*. 2022; (3): 62–65 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-357-3-62-65>
- Turina E.L. *Carthamus tinctorius* L. value and the relevance of the research with this crop in the Central steppe of the Crimea (review). *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2020; (1): 100–121 (in Russian). <https://elibrary.ru/vofwup>
- Khalid N., Khan R.S., Hussain M.I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient — A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2017; 66: 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.009>

8. Турина Е.Л., Корнев А.Ю. Сортоиспытание сафлора в Крыму и возможность получения биотоплива. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022; 98: 120–125. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-98-120-125>
9. Турина Е.Л., Ефименко С.Г., Прахова Т.Я., Паштетский В.С., Радченко Л.А. Урожайность семян и качество масла *Guizotia abyssinica* в условиях центральной степи Крыма. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021; (1): 205–212. <https://elibrary.ru/pwtcey>
10. Devequi G.N. et al. Allelopathic Action of the Níger (*Guizotia abyssinica* Cass.) on Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Agricultural Studies*. 2020; 8(1): 18–31. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i1.15401>
11. Медведев А.П., Прахов В.А. Урожайные качества гвизотии абиссинской в зависимости от применения микроудобрений. *Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей IX Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2021; 111–114. <https://elibrary.ru/alffjc>
12. May W.E., Wood M.D., Piero K.D. Niger Response to Nitrogen and Seeding Depth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 2019; 111(2): 741–748. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.08.0541>
13. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Карпачев В.В., Потапов В.В., Косолапов В.М. Влияние гидротермального нанокремнезема на прорастание семян масличных культур рапса и нуга абиссинского (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass). *Буллеровские сообщения*. 2023; 75(9): 78–83. <https://elibrary.ru/bzdthd>
14. Прахова Т.Я., Тимошкин О.А. Новый сорт расторопши пятнистой Аврора для Среднего Поволжья. *Кормопроизводство*. 2022; (8): 25–29. <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.8.2022.008>
15. Рамазанов А.Ш., Балаева Ш.А., Шахбанов К.Ш. Химический состав плодов и масла расторопши пятнистой, произрастающей на территории Республики Дагестан. *Химия растительного сырья*. 2019; (2): 113–118. <https://elibrary.ru/zxzxvt>
16. Сарibaева Д.А., Зокирова М.С., Холдарова Г.А. Исследование технологии приготовления сокосодержащих напитков. *Universum: технические науки*. 2022; (1–3): 77–80 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.94.1.12981>
17. Valková V., Ďuranová H., Bilčíková J., Habán M. Milk thistle (*Silybum marianum*): a valuable medicinal plant with several therapeutic purposes. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2020; 9(4): 836–843. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.4.836-843>
18. Найда Н.М. Биоэкологические особенности *Silybum marianum* в условиях Ленинградской области. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2022; (4): 9–20. <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-4-9-20>
19. Сидельников В.И., Артемова О.Ю., Белецкий С.В., Сумина Е.В. Влияние способов посева и микробиологического удобрения на урожайность плодов расторопши пятнистой в условиях Белгородской области. *Инновационное развитие агропромышленного комплекса: новые подходы и актуальные исследования. Материалы Международной научно-практической конференции в рамках мероприятий «Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации», 300-летия Российской академии наук*. Краснодар: ИП Копыльцова П.И. 2024; 336–340. <https://doi.org/10.33775/conf-2024-336-340>
8. Turina E.L., Kornev A.Yu. Variety testing of *Carthamus tinctorius* in Crimea and the possibility of obtaining biofuel. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 98: 120–125 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-98-120-125>
9. Turina E.L., Efimenko S.G., Prakhova T.Ya., Pashtetsky V.S., Radchenko L.A. *Guizotia abyssinica* seed yield and oil quality under conditions of the Central steppe of the Crimea. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021; (1): 205–212 (in Russian). <https://elibrary.ru/pwtcey>
10. Devequi G.N. et al. Allelopathic Action of the Níger (*Guizotia abyssinica* Cass.) on Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Agricultural Studies*. 2020; 8(1): 18–31. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i1.15401>
11. Medvedev A.P., Prakhov V.A. Harvest qualities of *guizotia abissinica* depending on the application of microfertilizers. *Innovative technologies in the agro-industrial complex: theory and practice. Collection of articles of the IX International scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Penza State Agrarian University*. Penza: Penza State Agrarian University. 2021; 111–114 (in Russian). <https://elibrary.ru/alffjc>
12. May W.E., Wood M.D., Piero K.D. Niger Response to Nitrogen and Seeding Depth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*. 2019; 111(2): 741–748. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.08.0541>
13. Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Karpachev V.V., Potapov V.V., Kosolapov V.M. Influence of hydrothermal nanosilica of oilseeds of rapeseed and Abyssinian nougat (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass). *Butlerov Communications*. 2023; 75(9): 78–83 (in Russian). <https://elibrary.ru/bzdthd>
14. Prakhova T.Ya., Timoshkin O.A. A new variety of milk thistle spotted Aurora for the Middle Volga region. *Fodder Production*. 2022; (8): 25–29 (in Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.8.2022.008>
15. Ramazanov A.Sh., Balaeva Sh.A., Shakhbanov K.Sh. Chemical composition of fruit and oil *Silybum marianum*, growing in the territory of the Republic of Dagestan. *Chemistry of plant raw material*. 2019; (2): 113–118 (in Russian). <https://elibrary.ru/zxzxvt>
16. Saribaeva D.A., Zokirova M.C., Kholdarova G.A. Researching the technology of making beverages of containing fruit juice. *Universum: tekhnicheskije nauki*. 2022; (1–3): 77–80. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2022.94.1.12981>
17. Valková V., Ďuranová H., Bilčíková J., Habán M. Milk thistle (*Silybum marianum*): a valuable medicinal plant with several therapeutic purposes. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. 2020; 9(4): 836–843. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.4.836-843>
18. Nayda N.M. Bioecological features of *Silybum Marianum* in the conditions of the Leningrad region. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2022; (4): 9–20 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2078-1318-2022-4-9-20>
19. Sidelnikov V.I., Artemova O.Yu., Beletsky S.V., Sumina E.V. The influence of sowing methods and microbiological fertilizers on the yield of milk thistle fruits in the Belgorod region. *Innovative development of the agro-industrial complex: new approaches and current research. Materials of the International Scientific and Practical Conference within the framework of the events “Decades of Science and Technology in the Russian Federation”, the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences*. Krasnodar: IP Kopyltsova P.I. 2024; 336–340 (in Russian). <https://doi.org/10.33775/conf-2024-336-340>

ОБ АВТОРАХ**Татьяна Яковлевна Прахова**

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
prakhova.tanya@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>

Владимир Александрович Прахов

инженер-исследователь

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Tatyana Yakovlevna Prakhova**

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher
prakhova.tanya@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-7063-4784>,

Vladimir Alexandrovich Prakhov

Research Engineer

Federal Scientific Center of Bast Crops,
17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia

С. В. Резвякова ✉

Е. В. Митина

М. В. Евдакова

Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина, Орел, Россия

✉ Lana8545@yandex.ru

Поступила в редакцию: 30.08.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Резвякова С. В., Митина Е. В., Евдакова М. В.

Эффективность биопрепарата «Фитоверм, КЭ» в защите яблони от тли

РЕЗЮМЕ

Изучена эффективность биопрепарата «Фитоверм, КЭ» в защите молодого яблоневого сада 2021 года посадки (октябрь) от зеленой (*Aphis pomi*) и серой (красногалловой) яблонной тли (*Dysaphis devecta*). Исследования проводились в учебном саду Орловского государственного аграрного университета в 2023–2024 гг. Схема опыта включала два фактора: А — сорта (Орловское полосатое и Ветеран), В — дозы инсектоакарицида биологического происхождения «Фитоверм, КЭ» на основе аверсектина С (0,4, 0,6 и 0,8 л/га). Обработку препаратом «Фитоверм, КЭ» проводили в I декаде мая, учеты — на 7-й, 14-й и 21-й день. В саду учеты проводили визуально. На 5 деревьях каждого сорта оценивали по 20 расположенных с разных сторон молодых побегов. В лабораторных исследованиях использовали микроскоп с дистанционным управлением Levenhuk STX RC1, страна-изготовитель — КНР для Levenhuk, Inc. (США). Увеличение 200-кратное. Выявлена сортовая специфичность яблони сортов Орловское полосатое и Ветеран в отношении заселенности *Aphis pomi* и *Dysaphis devecta*. Сорт Орловское полосатое более привлекателен в качестве пищевого ресурса по сравнению с сортом Ветеран. Достаточно высокая заселенность тлей (52,18%) молодых побегов сорта яблони Орловское полосатое на контрольном варианте привела к снижению средней длины прироста ветвей на 58,1% по сравнению с незаселенными. По сорту Ветеран заселенность была ниже (34,22%), поэтому прирост ветвей снизился в меньшей степени и составил 42,5%. В агроценозе яблоневого сада отмечено большое количество энтомофагов, среди которых преобладали имаго *Psyllobora vigintiduopunctata* и *Coccinella septempunctata*, их личинки и личинки *Cecidomyiida* и *Syrphidae*. Лучший результат по показателю «биологическая эффективность» получен при максимальной норме расхода биопрепарата 0,8 л/га и составил 85,6% по сорту Орловское полосатое, 86,7% — по сорту Ветеран.

Ключевые слова: яблоня, фитофаги, тля, вредоносность, энтомофаги, биопрепарат, эффективность

Для цитирования: Резвякова С. В., Митина Е. В., Евдакова М. В. Эффективность биопрепарата «Фитоверм, КЭ» в защите яблони от тли. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 134–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-134-138>

Efficacy of “Fitoverm, CE” biopreparation in protection of apple trees from aphids

ABSTRACT

The effectiveness of the biopreparation “Fitoverm, CE” in protecting a young apple orchard in 2021 (October) from green (*Aphis pomi*) and gray (red-gallic) apple aphid (*Dysaphis devecta*) was studied. The research was conducted in the educational garden of the Orel State Agrarian University in 2023–2024. The scheme of the experiment included two factors: A — varieties (Orel striped and Veteran), B — doses of an insecticide of biological origin “Fitoverm, CE” based on aversectin C (0.4, 0.6 and 0.8 l/ha). Treatment with the drug “Fitoverm, CE” was carried out in the first decade of May, accounting — on the 7th, 14th and 21st days. In the garden, the calculations were carried out visually. On 5 trees of each variety, 20 young shoots located on different sides were evaluated. In laboratory studies, a Levenhuk STX RC1 remote-controlled microscope was used, the country of manufacture is China for Levenhuk, Inc. (USA). The magnification is 200 times. The varietal specificity of the Orlovskoye striped and Veteran apple trees in relation to the population of *Aphis pomi* and *Dysaphis devecta* was revealed. The Oryol striped variety is more attractive as a food resource compared to the Veteran variety. A sufficiently high population of aphids (52.18%) of young shoots of the Orlovskoye striped apple variety in the control variant led to a decrease in the average length of branch growth by 58.1% compared with uninhabited ones. According to the Veteran variety, the population was lower (34.22%), so the growth of branches decreased to a lesser extent and amounted to 42.5%. A large number of entomophages were noted in the agroecosystem of the apple orchard, among which the imago *Psyllobora vigintiduopunctata* and *Coccinella septempunctata*, their larvae and larvae of *Cecidomyiida* and *Syrphidae* prevailed. The best result in terms of “biological efficiency” was obtained at a maximum rate of consumption of a biological product of 0.8 l/ha and amounted to 85.6% for the Orlovskoye striped variety, 86.7% for the Veteran variety.

Key words: apple trees, phytophages, aphids, pests, entomophages, biopreparation, efficiency

For citation: Rezvyakova S. V., Mitina E. V., Evdakova M. V. Efficacy of “Fitoverm, BE” biopreparation in protection of apple trees from aphids. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 134–138 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-134-138>

Svetlana V. Rezvyakova ✉

Elena V. Mitina

Maria V. Evdakova

Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin, Orel, Russia

✉ Lana8545@yandex.ru

Received by the editorial office: 30.08.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Rezvyakova S. V., Mitina E. V., Evdakova M. V.

Введение/Introduction

В Центрально-Чернозёмном регионе яблоня — наиболее распространенная культура как в промышленных садах, так и в любительском садоводстве. Это обусловлено наличием сортов разного срока созревания, относительной скороплодностью, адаптацией к природно-климатическим условиям, достаточно высокой урожайностью и качеством продукции. Лежкость плодов позволяет удовлетворять потребности населения в витаминной продукции в течение зимне-весеннего периода [1–3].

В современных садах ведущая роль в повышении эффективности производства принадлежит интенсивным технологиям, которые в наибольшей степени способствуют реализации потенциала продуктивности плодовых культур, в том числе и яблони [2, 4]. Обязательным элементом интенсивных технологий являются системы защиты от вредных объектов — возбудителей болезней, вредителей и сорных растений. За сезон проводятся от 14 до 18 и более химических обработок, что в значительной степени отрицательно влияет на биоценотические связи и абиотические компоненты агроэкосистемы [5–7].

В последние десятилетия активно развивается направление биологизированной защиты, которое предполагает включение в систему защитных мероприятий наряду с химическими и биологическими пестицидами — биофунгициды и биоинсектициды различного происхождения [8–11]. Так, Л.Д. Шаманская (2014 г.) в условиях Алтайского края отметила высокую биологическую эффективность биопрепаратов на основе природных БАВ «Афидин 1%», «Артафидин 1%», «Фос 1%» и «Фитоверм 0,1%» против зеленой яблонной тли, гибель которой достигала 98–100% [11].

Результаты исследований в 85 яблоневых садах трех европейских стран позволили ученым сделать вывод, что при биологической защите растений численность энтомофагов увеличивается на 38% в сравнении с интегрированной защитой [12].

Авторы научных публикаций отмечают широкий ареал распространения и вредоносность видов яблонной тли не только в России, но и в ряде стран Европы и Азии. Особенно в начале сезона вегетации в разных климатических зонах с наступлением теплой и сухой погоды на молодых листьях яблони ежегодно развиваются многочисленные колонии зеленой яблонной тли (*Aphis pomi* Deg.) и серой яблонной (красногалловой) тли (*Dysaphis devectora* Walk.) [13–15].

В условиях Крыма выявлено, что в апреле—июне коэффициент корреляции между гидротермическими условиями и численностью зеленой яблонной тли в среднем составляет 0,55, серой яблонной тли ($r = 0,46$) [14]. Эти сосущие вредители повреждают нежные листья и побеги, что выражается в их деформации, нарушении направленности физиологических процессов, задержке роста и в конечном счете усыхании [16–19]. Молодые сады повреждаются в большей степени по сравнению с половозрелыми и старовозрастными.

Цель исследований — изучить эффективность биопрепарата в защите молодого яблоневого сада от зеленой и серой (красногалловой) яблонной тли.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в учебном саду Орловского государственного аграрного университета (г. Орёл, Орловская обл., Россия) в 2023–2024 гг. на темно-серой лесной почве. Кислотность почвы — 5,8. В почве содержится 5,3 мг / 100 г гидролизуемого азота (по Тюрину-Кононовой), 11,8 мг / 100 г P_2O_5 и 11,1 мг / 100 г K_2O (по Чирикову), 4,2% гумуса (по Тюрину). Согласно группировке почв обеспеченность гидролизуемым азотом и гумусом средняя, обменным калием и подвижным фосфором — повышенная.

Схема опыта включала два фактора:

А — сорта Орловское полосатое и Ветеран;

В — дозы инсектоакарицида биологического происхождения «Фитоверм, КЭ 1%» (концентрат эмульсии) на основе «Аверсектина С» (Green Belt, Россия) (0,4, 0,6 и 0,8 л/га).

Оригинатором сортов яблони является Всероссийский НИИ селекции плодовых культур (г. Орел). В саду учеты проводили визуально. На 5 деревьях каждого сорта оценивали по 20 расположенных с разных сторон молодых побегов (ветвей) по следующим показателям: количество заселенных побегов и процент заселенности, длина годичного прироста на незаселенных и заселенных побегах. Обработку препаратом «Фитоверм, КЭ» проводили в I декаде мая, учеты — на 7-й, 14-й и 21-й день.

Сад заложен в октябре 2021 года однолетними саженцами по схеме 3 × 5 м, сорта привиты на полкарликовом подвое 54-118 (оригинатор Плодоовощной институт им. И.В. Мичурина (сейчас — Мичуринский государственный аграрный университет), наукоград Мичуринск, Россия).

В лабораторных исследованиях использовали микроскоп с дистанционным управлением Levenhuk STX RC1 (КНР).

Повреждаемость тлей учитывали согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур»¹. Статистическая обработка результатов выполнена по Б.А. Доспехову².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ результатов исследований распространения сосущих вредителей, а именно тли, на двух сортах яблони показал, что в мае — июне 2024 года количество заселенных ветвей и заселенность листьев и молодых побегов были выше по сравнению с 2023 годом. Это обусловлено более благоприятным сочетанием температуры воздуха и количества осадков. Сухая и теплая погода способствовала размножению и расселению зеленой (*Aphis pomi*) и серой (красногалловой) яблонной тли (*Dysaphis devectora*), причем с преобладанием последней (рис. 1).

Рис. 1. *Dysaphis devectora* (1) и *Aphis pomi* (2) на листьях яблони. Фото авторов
Fig. 1. *Dysaphis devectora* (1) and *Aphis pomi* (2) on leaves of apple trees. Photo by the authors



¹ Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел.: ВНИИСПК. 1999; 608.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. М.: Альянс. 2014; 351.

В среднем за два года в I декаде июня количество заселенных ветвей на варианте без применения биоинсектицида «Фитоверм, КЭ 1%» (контроль) по сорту Орловское полосатое составило 19,12 шт., по сорту Ветеран — 15,02 шт. Заселенность — 52,18% и 34,22% соответственно (табл. 1). В оба года исследований сорт Орловское полосатое повреждался тлей в большей степени по сравнению с сортом Ветеран. Общепринятый экономический порог вредоносности для молодых садов составляет 8–10 колоний / 100 побегов во время и после цветения, или 8–10% заселенности побегов.

Применение препарата «Фитоверм, КЭ» и увеличение концентрации с 0,4 до 0,8 л/га снижали количество заселенных ветвей ниже экономического порога вредоносности: по сорту Орловское полосатое — с 14,06 до 7,26, по сорту Ветеран — с 11,08 до 5,14.

Заселенность тлей снижалась: с 23,42 до 6,8% — по сорту Орловское полосатое, с 18,26 до 4,42% — по сорту Ветеран.

Поскольку деревья молодые, то в оба года исследований отмечен активный рост побегов. На контрольном варианте на незаселенных тлей побегах прирост в среднем составил: по сорту Орловское полосатое — 32,44 см, по сорту Ветеран — 33,44 см.

Применение разных концентраций препарата «Фитоверм» в целом способствовало улучшению общего состояния деревьев, что выражалось в увеличении прироста незаселенных тлей побегов: на 1,6–6,8 см — по сорту Орловское полосатое, на 2,2–7,8 см — по сорту Ветеран по сравнению с контролем.

Достаточно высокая заселенность тлей (52,18%) молодых побегов сорта яблони Орловское полосатое на контрольном варианте привела к снижению средней длины прироста ветвей на 58,1% по сравнению с незаселенными. По сорту Ветеран заселенность была ниже (34,22%), поэтому прирост ветвей снизился в меньшей степени и составил 42,5%.

После обработки деревьев препаратом «Фитоверм, КЭ» в зависимости от концентрации средняя длина прироста по сорту Орловское полосатое увеличивалась от 4,62 до 15,46 см, или от 34,0 до 113,7%, с максимальной нормой расхода препарата 0,8 л/га, по сорту Ветеран — соответственно, от 3,86 до 13,12 см, или от 20,1 до 68,3%.

Между заселенностью тлей и средней длиной прироста побегов прослеживается высокая обратная корреляционная зависимость ($r = -0,95$).

Поскольку в опыте не использовали химические инсектициды, которые, как известно, снижают численность не только вредителей, но и полезных насекомых, то в агроценозе сада отмечали наличие энтомофагов. Среди них преобладали божьи коровки, или кокцинеллиды (*Coccinellidae*), в частности семиточечная коровка (*Coccinella septempunctata*) и двадцатидвухточечная коровка, или псиллобора (*Psyllobora vigintiduopunctata*), имаго (рис. 2). Встречались их личинки, личинки галлицы (*Cecidomyiida*) и сирфиды (*Syrphidae*) (рис. 2, 3).

Жуки коровки наиболее активны по сравнению с другими энтомофагами. Их роль в снижении численности

Таблица 1. Заселенность тлей и прирост однолетних ветвей деревьев сортов яблони Орловское полосатое и Ветеран, 2023–2024 гг.

Table 1. Aphid infestation and growth of annual branches of trees of apple varieties Orlovskoe striped and Veteran, 2023–2024

Вариант	Количество заселенных ветвей, шт.	Заселенность, %	Средняя длина прироста ветвей, см	
			незаселенных	заселенных
Орловское полосатое				
Контроль (без обработки)	19,12	52,18	32,44	13,60
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,4 л/га	14,06	23,42	34,00	18,22
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,6 л/га	10,64	12,86	37,16	24,67
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,8 л/га	7,26	6,8	39,25	29,06
НСР ₀₅ 2023 г.	2,21	5,60	3,06	4,61
НСР ₀₅ 2024 г.	3,14	4,82	3,25	5,02
Ветеран				
Контроль (без обработки)	15,02	34,22	33,44	19,22
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,4 л/га	11,08	18,26	35,68	23,08
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,6 л/га	7,48	9,68	37,16	27,69
«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,8 л/га	5,14	4,42	41,20	32,34
НСР ₀₅ 2023 г.	1,84	4,26	2,68	3,40
НСР ₀₅ 2024 г.	2,16	4,88	3,06	4,22

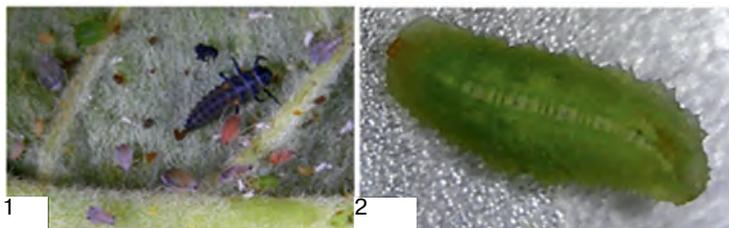
Рис. 2. Имаго *Psyllobora vigintiduopunctata* (1) и *Coccinella septempunctata* и личинка *Cecidomyiida* (2). Фото авторов

Fig. 2. Adults of *Psyllobora vigintiduopunctata* (1) and *Coccinella septempunctata* and larva of *Cecidomyiida* (2). Photo by the authors



Рис. 3. Личинки *Coccinellidae* (1) и *Syrphidae* (2). Фото авторов

Fig. 3. Larvae of *Coccinellidae* (1) and *Syrphidae* (2). Photo by the authors



тли невозможно переоценить. Они дают в год до 2–3 поколений, что позволяет быстро восстанавливать и увеличивать свою численность. Одна личинка съедает около 400 тлей за три недели, до того как окуклится.

Большой вклад в оздоровление фитосанитарного состояния агроценоза сада вносят журчалки — сирфидные мухи (*Diptera: Syrphidae*). Взрослые особи питаются пыльцой и нектаром, а их личинки поедают тлю. Каждая личинка журчалки за период развития может употребить до 400 тлей.

Биологическая эффективность применения биопрепарата «Фитоверм, КЭ 1%» в зависимости от концентрации в среднем за два года по сорту Орловское полосатое варьировала в пределах от 53,7 до 85,6%, по сорту

Таблица 2. Биологическая эффективность применения биопрепарата «Фитоверм, КЭ», 2023–2024 гг.

Table 2. Biological efficiency of application of the biopreparation "Fitoverm, CE", 2023–2024

Сорт	Вариант	Среднее число тлей на побеге, шт.	Биологическая эффективность, %
Орловское полосатое	Контроль	35,2 ± 4,2	–
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,4 л/га	16,3 ± 2,9	53,7
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,6 л/га	11,0 ± 2,5	68,8
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,8 л/га	5,1 ± 1,4	85,6
Ветеран	Контроль	27,1 ± 4,5	–
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,4 л/га	12,2 ± 3,2	55,0
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,6 л/га	7,2 ± 1,6	73,4
	«Фитоверм, КЭ 1%» — 0,8 л/га	3,6 ± 0,6	86,7

Рис. 4. Личинка и имаго *Coccinella septempunctata* на варианте «Фитоверм, КЭ 1%» 0,8 л/га. Сорт яблоны Ветеран. Фото авторов

Fig. 4. Larva and adults of *Coccinella septempunctata* on the variant "Fitoverm, KE 1%" 0.8 l/ha. Apple variety Veteran. Photo by the authors



Ветеран — от 55,0 до 86,7%, то есть практически одинаковая на обоих изучаемых сортах (табл. 2).

На рисунках 4, 5 показан общий вид яблоны на варианте с максимальной нормой расхода препарата «Фитоверм, КЭ 1%» 0,8 л/га и контрольном варианте.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования проведены в рамках госзадания № 124072500017-7 «Разработка механизмов управления продуктивностью молодого яблоневого сада на основе применения агрохимикатов и средств биологической защиты в условиях Центрально-Чернозёмной зоны».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами. *Достижения науки и техники АПК*. 2019; 33(2): 56–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>

Рис. 5. Общее состояние побега яблоны сорта Орловское полосатое на контрольном варианте. Фото авторов

Fig. 5. General condition of shoots of apple-tree variety Veteran on the control variant. Photo by the authors



Выводы/Conclusion

1. Выявлена сортовая специфичность яблоны сортов Орловское полосатое и Ветеран в отношении заселенности *Dysaphis devectora* and *Aphis pomi*. Орловское полосатое более привлекателен в качестве пищевого ресурса по сравнению с сортом Ветеран.

2. Достаточно высокая заселенность тлей (52,18%) молодых побегов сорта яблоны Орловское полосатое на контрольном варианте привела к снижению средней длины прироста ветвей на 58,1% по сравнению с незаселенными. По сорту Ветеран заселенность была ниже (34,22%), поэтому прирост ветвей снизился в меньшей степени и составил 42,5%.

3. В агроценозе яблоневого сада отмечено большое количество энтомофагов, среди которых преобладали имаго *Psyllobora vigintiduopunctata* и *Coccinella septempunctata*, их личинки, личинки *Cecidomyiida* и *Syrphidae*.

4. Лучший результат по показателю «биологическая эффективность» получен при максимальной норме расхода биопрепарата «Фитоверм, КЭ 1%» 0,8 л/га и составил: 85,6% — по сорту Орловское полосатое, 86,7% — по сорту Ветеран.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

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

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state task No. 124072500017-7 "Development of mechanisms for managing the productivity of young apple orchards based on the use of agrochemicals and biological protection means in the conditions of the Central Black Earth zone".

REFERENCES

1. Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhanbana E.V. Role of Fruits and Berries in Providing Human with Vital Biologically Active Substances. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019; 33(2): 56–60 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10214>

2. Атажанова Е.В., Лукичева Л.А. Анализ состояния и мировые тенденции выращивания и селекции яблони. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2021; 160: 76–85. <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85>
3. Макаркина М.А., Седов Е.Н., Ветрова О.А. Оценка и отбор сортов яблони для селекции на повышенное содержание фенольных соединений в плодах. *Современное садоводство*. 2023; (4): 23–35. <https://elibrary.ru/zyupml>
4. Резвякова С.В., Гури А.Г. Технология производства высококачественных саженцев яблони на основе стимуляторов роста и удобрений. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2020; 64: 78–88. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-4-64-78-88>
5. Анорбаев А.Р., Рахмонов А.Х. Эффективность инсектоакарицида «Газелл-Д 55% к. э.» против вредителей яблони. *Universum: химия и биология*. 2022; (4–1): 23–26. <https://elibrary.ru/oepddy>
6. Колтун Н.Е., Савостьянов Е.В. Эффективность двухкомпонентного инсектоакарицида «Норил, КЭ» против комплекса вредителей на яблоне. *Защита растений*. 2023; 47: 195–202. <https://elibrary.ru/gxtjfk>
7. Ануфриева В.С., Долженко Т.В., Долженко О.В. Биологическая эффективность инсектицидов на основе тиаметоксама и хлорантрацилопилола на яблоне. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2024; (1): 67–76. <https://elibrary.ru/gsggrj>
8. Тешебаева З.А. Интегрированная защита от вредителей-насекомых и болезней плодовых культур в условиях юга Кыргызстана. *Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики*. 2024; (2): 46–58. <https://elibrary.ru/wrdczj>
9. Котельникова О.В. Агроэкологические приемы защиты яблони от сосущих вредителей. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2013; 36(1): 325–330. <https://elibrary.ru/pwrkwx>
10. Агасыева И.С., Исмаилов В.Я., Неведова М.В., Настасий А.С., Федоренко Е.В. Оценка эффективности энтомофагов и акарифагов в системах биологической защиты яблоневого сада. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 35(2): 47–51. <https://elibrary.ru/ofxpxm>
11. Шаманская Л.Д. Оптимизация фитосанитарного состояния промышленных насаждений яблони в Алтайском крае. *Достижения науки и техники АПК*. 2014; (3): 58–60. <https://elibrary.ru/rzrezl>
12. Samnegård U., Alins G., Boreux V. et al. Management trade-offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production. *Journal of Applied Ecology*. 2019; 56(4): 802–811. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13292>
13. Берим М.Н., Саулич М.И. Ареал и зона вредоносности серой яблонной тли *Dysaphis devectora* Walk. (Homoptera, Aphididae) на территории России и сопредельных государств. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2020; 65: 296–305. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-296-305>
14. Балькина Е.Б., Ягодинская Л.П., Данилчук А.А. Видовой состав тлей (отряд Homoptera, сем. Aphididae) в плодовых агроценозах Крыма. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2020; 137: 16–22. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-137-16-22>
15. Осипов Г.Е., Осипова З.А. Повреждаемость сортов и форм яблони зеленой яблонной тлей в Республике Татарстан. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019; 14(2): 26–30. https://doi.org/10.12737/article_5d3e15bc2d10e8.18691971
16. Халанчук Т.Н. Определение вредоносности зеленой яблонной тли. *Актуальные вопросы студенческой науки. сборник материалов и докладов 57-й Международной научной студенческой конференции*. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. 2021; 16–18. <https://elibrary.ru/nvzyhs>
17. Крюкова А.В., Николаева З.В. Вредоносность сосущих вредителей на яблоне. *Достижения науки в области АПК. Материалы региональной научно-практической конференции*. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия. 2020; 46–48. <https://elibrary.ru/unirvl>
18. Чернеев А.В., Карпунин М.Ю. Вредители яблони домашней и меры борьбы с ним. *Научно-исследовательская работа студентов в период производственной практики. Сборник статей научно-практической конференции кафедры овощеводства и плодородства им. проф. Н.Ф. Коняева, посвященной профессиональному празднику День агронома*. 2022; 145–155. <https://elibrary.ru/pgxtwz>
19. Осипов Г.Е., Петрова Н.В., Карпова А.А. Биологические и хозяйственные особенности нового сорта яблони Ренет Поволжья. *Аграрная наука*. 2023; (11): 107–111. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-107-111>
2. Atazhanova E.V., Lukicheva L.A. Analysis of the state and global trends in the cultivation and breeding of apple trees. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2021; 160: 76–85 (in Russian). <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85>
3. Makarkina M.A., Sedov E.N., Vetrova O.A. Evaluation and selection of apple cultivars for breeding for higher content of phenol compounds in fruit. *Modern Horticulture*. 2023; (4): 23–35 (in Russian). <https://elibrary.ru/zyupml>
4. Rezvyakova S.V., Gurin A.G. Technology of production of high-quality apple saplings based on growth stimulators and fertilizers. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2020; 64: 78–88 (in Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-4-64-78-88>
5. Anorbaev A.R., Ramonov A.H. The effectiveness of the insecticide "Gazell-D 55% K. E." against apple pests. *Universum: khimiya i biologiya*. 2022; (4–1): 23–26 (in Russian). <https://elibrary.ru/oepddy>
6. Koltun N.E., Savostyanik E.V. Efficiency of two-component insectoacaricide "Noril, EC" against a complex of pests on an apple tree. *Plant Protection*. 2023; 47: 195–202 (in Russian). <https://elibrary.ru/gxtjfk>
7. Anufrieva V.S., Dolzhenko T.V., Dolzhenko O.V. Biological effectiveness of insecticides based on thiamethoxam and chlorantraniliprole on apple tree. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2024; (1): 67–76 (in Russian). <https://elibrary.ru/gsggrj>
8. Teshebaeva Z.A. Integrated protection against insect pests and diseases of fruit crops in the south of Kyrgyzstan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*. 2024; (2): 46–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/wrdczj>
9. Kotelnikova O.V. Agroecological methods of apple tree protection from sucking pests. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2013; 36(1): 325–330 (in Russian). <https://elibrary.ru/pwrkwx>
10. Agasyeva I.S., Ismailov V.Ya., Nefedova M.V., Nastasy A.S., Fedorenko E.V. Evaluation of the effectiveness of entomophages and acariphages in biological protection systems of an apple orchard. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2021; 35(2): 47–51 (in Russian). <https://elibrary.ru/ofxpxm>
11. Shamanskaya L.D. Optimization of phytosanitary state of industrial apple plantations in Altai region. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2014; (3): 58–60 (in Russian). <https://elibrary.ru/rzrezl>
12. Samnegård U., Alins G., Boreux V. et al. Management trade-offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production. *Journal of Applied Ecology*. 2019; 56(4): 802–811. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13292>
13. Berim M.N., Saulich M.I. The area and zone of harmfulness of gray apple aphid *Dysaphis devectora* Walk. (Homoptera, Aphididae) along the territory of Russia and neighboring countries. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2020; 65: 296–305 (in Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-5-65-296-305>
14. Balykina E.B., Yagodinskaya L.P., Danilchuk A.A. Species composition of aphids (order Homoptera, family Aphididae) in fruit agroecosystems of the Crimea. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2020; 137: 16–22 (in Russian). <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-137-16-22>
15. Osipov G.E., Osipova Z.A. Damage of apple-tree varieties and forms by green apple aphid in the Republic of Tatarstan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 14(2): 26–30 (in Russian). https://doi.org/10.12737/article_5d3e15bc2d10e8.18691971
16. Khalanchuk T.N. Determination of harmfulness of green apple aphid. *Actual issues of student science. Collection of materials and reports of the 57th International scientific student conference*. Velikiye Luki: Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2021; 16–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/nvzyhs>
17. Kryukova A.V., Nikolaeva Z.V. Harmfulness of sucking pests on apple trees. *Achievements of science in the field of agro-industrial complex. Proceedings of the regional scientific and practical conference*. Velikiye Luki: Velikiye Luki State Agricultural Academy. 2020; 46–48 (in Russian). <https://elibrary.ru/unirvl>
18. Cherneyev A.V., Karpukhin M.Yu. Pests of domestic apple trees and measures to combat them. *Research work of students during industrial practice. Collection of articles from the scientific and practical conference of the Department of Vegetable and Fruit Growing named after prof. N.F. Konyaev, dedicated to the professional holiday Agronomist's Day*. 2022; 145–155 (in Russian). <https://elibrary.ru/pgxtwz>
19. Osipov G.E., Petrova N.V., Karpova A.A. Biological and economic features of the new apple variety Renet Povolzhya. *Agrarian science*. 2023; (11): 107–111 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-107-111>

ОБ АВТОРАХ

Светлана Викторовна Резвякова
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
lana8545@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7681-4516>

Елена Владимировна Митина
кандидат сельскохозяйственных наук
amigo1870@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8863-8102>

Мария Викторовна Евдакова
кандидат сельскохозяйственных наук
maria.evdakova@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0002-5892-1315>

Орловский государственный аграрный университет
им. Н.В. Парахина,
ул. им. генерала Родина, 69, Орел, 302019, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Viktorovna Rezvyakova
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
lana8545@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7681-4516>

Elena Vladimirovna Mitina
Candidate of Agricultural Sciences
amigo1870@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8863-8102>

Maria Viktorovna Evdakova
Candidate of Agricultural Sciences
maria.evdakova@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0002-5892-1315>

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin,
69 General Rodin Str., Orel, 302019, Russia

УДК 631.53.011 : 635.25/.26 : 004.932.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-139-144

Ф.Б. Мусаев¹ ✉
 М.И. Иванова²
 Н.С. Прияткин³

¹Федеральный научный центр
 овощеводства, пос. ВНИИССОК,
 Одинцовский р-н, Московская обл., Россия

²Всероссийский научно-
 исследовательский институт
 овощеводства — филиал Федерального
 научного центра овощеводства,
 дер. Верея, Раменский р-н,
 Московская обл., Россия

³Агрофизический научно-
 исследовательский институт,
 Санкт-Петербург, Россия

✉ musayev@bk.ru

Поступила в редакцию: 05.09.2024

Одобрена после рецензирования: 02.10.2024

Принята к публикации: 17.10.2024

© Мусаев Ф.Б., Иванова М.И., Прияткин Н.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-139-144

Farkhad B. Musaev¹ ✉
 Maria I. Ivanova²
 Nikolay S. Priyatkin³

¹Federal scientific vegetable center,
 VNISSOK, Moscow region, Russia

²All-Russian Scientific Research Institute
 of Vegetable Growing — branch of FSBSI
 "Federal Scientific Vegetable Center",
 Vereya, Moscow region, Russia

³Agrophysical Research Institute,
 Saint-Petersburg, Russia

✉ musayev@bk.ru

Received by the editorial office: 05.09.2024

Accepted in revised: 02.10.2024

Accepted for publication: 17.10.2024

© Musaev F.B., Ivanova M.I., Priyatkin N.S.

Цифровые технологии в оценке качества семян овощных культур

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Форма, определенная его линейными параметрами, цвет поверхности — важнейшие характеристики качества семян. Метод оптической визуализации в сочетании с автоматическим анализом цифровых сканированных изображений позволяет статистически достоверно различать семена овощных культур по размерным и цветовым параметрам. В Федеральном научном центре овощеводства совместно с сотрудниками Агрофизического научно-исследовательского института и ООО «АргусСофт» проводится разработка современного инструментального метода цифровой морфометрии семян.

Цели работы — определить морфометрические параметры семян трех овощных культур путем цифрового анализа сканированных изображений и установить их связь с жизнеспособностью и качественными показателями.

Методы. Цифровые изображения семян были получены с использованием планшетного сканера HP Scanjet 200, формат сохраняемых файлов JPG, разрешение 600 DPI. Морфометрический анализ цифровых сканированных изображений семян выполнен на базе Агрофизического НИИ с использованием программного обеспечения Argus-BIO производства ООО «АргусСофт», г. Санкт-Петербург.

Результаты. Показано, что путем отбора семян лука репчатого и редиса по размеру и плотности можно значительно улучшить их качественные показатели: до 75,5% всхожести у лука, до 100% — у редиса при максимальной выровненности партии, оцененной методом цифровой морфометрии. Определена идеальная форма для семян капусты: у полноценных семян капусты индекс округлости должен составить больше 0,9. Дальнейшее развитие методики позволит определить оптимальные параметры размера и формы семян для различных видов овощных культур и увязать их с качественными показателями.

Ключевые слова: цифровая морфометрия семян, RGB-визуализация, линейные параметры семян, цветовые характеристики семян, анализ изображений семян, фенотипирование

Для цитирования: Мусаев Ф.Б., Иванова М.И., Прияткин Н.С. Цифровые технологии в оценке качества семян овощных культур. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 139–144.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-139-144>

Digital technologies in vegetable seed quality assessment

ABSTRACT

Relevance. The shape determined by its linear parameters, the color of the surface are the most important characteristics of seed quality. The optical imaging method combined with the automatic analysis of digital scanned images allows statistically reliable differentiation of vegetable seeds by size and color parameters. The Federal Scientific Center of Vegetable Growing, together with employees of the Agrophysical Research Institute and "ArgusSoft" LLC, is developing a modern instrumental method of digital morphometry of seeds. *The purpose of the work* is to determine the morphometric parameters of the seeds of three vegetable crops by digitally analyzing scanned images and establish their relationship with viability and quality indicators.

Methods. Digital images of the seeds were obtained using an HP Sasanjet 200 flatbed scanner, JPG file format, 600 DPI resolution. Morphometric analysis of digital scanned images of seeds was performed on the basis of the Agrophysical Research Institute using Argus-BIO software manufactured by "ArgusSoft" LLC, St. Petersburg.

Results. It is shown that by selecting onion and radish seeds in size and density, their quality indicators can be significantly improved: up to 75.5% germination in onions, up to 100% in radishes with maximum batch alignment estimated by digital morphometry. The ideal shape for cabbage seeds has been determined: for full-fledged cabbage seeds, the roundness index should be more than 0.9. Further development of the technique will allow determining the optimal parameters of the size and shape of seeds for various types of vegetable crops and linking them with qualitative indicators.

Key words: Digital seed morphometry, RGB imaging, seed linear parameters, seed color characteristics, seed image analysis, phenotyping

For citation: Musaev F.B., Ivanova M.I., Priyatkin N.S. Digital technologies in vegetable seed quality assessment. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 139–144 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-139-144>

Введение/Introduction

Семена сельскохозяйственных культур — важнейшие и основные компоненты сельского хозяйства. Получение качественных семян остается основной целью современных селекционных программ [1]. От «Селекции 1.0» до «Селекции 4.0» со временем произошли значительные изменения. В «Селекции 1.0» используется опыт фермеров для субъективного отбора семян. «Селекция 4.0» (Россия) сосредоточена на сборе данных и междисциплинарных исследованиях (например, науке о жизни и информатике) [2]. Независимо от этой эволюции фенотипы семян всегда были наиболее непосредственными проявлениями селекции [3].

Фенотипы семян в первую очередь включают массу, цвет, размер, форму и количество [4]. Невооруженным глазом обычно можно увидеть многочисленные внешние фенотипы. Традиционные методы тестирования семян основаны на ручных методах измерения и сенсорной оценке количественных факторов, цвета, формы. Тем не менее эти критерии оценки часто противоречат друг другу. Кроме того, требуется много времени и усилий [5].

Для изучения видимой морфологии семян невооруженным глазом изображение часто заменяют красно-зелено-синим (RGB). RGB-визуализация, как один из репрезентативных цифровых методов, быстро используется в анализе фенотипа семян благодаря их бесконтактным и высокопроизводительным измерительным характеристикам [6]. По сравнению с традиционной оценкой фенотипа вручную методы, основанные на цифровой визуализации, могут разложить сложный состав фенотипа с помощью неразрушающего контроля и устранить субъективные отклонения, вносимые исследованием невооруженным глазом [2]. Эти преимущества могут снизить потери семян и обеспечить получение высококачественной цифровой информации о фенотипе в сочетании с передовыми алгоритмами обработки данных [7].

Цифровые технологии могут помочь в выявлении различных фенотипов семян, повышая эффективность оценки семян и принятия селекционных решений.

В последние десятилетия исследователи приложили значительные усилия к алгоритмам обработки изображений RGB для сбора как можно большего количества данных, что привело к быстрому развитию машинного зрения. Признаки различных классов позволяют различать семена различных сортов [8]. Изображение RGB записывает видимую информацию об объектах, такую как цвет, морфология и текстура, обнаружение очевидных повреждений [9]. В соответствии с неоднородностью и сходством пикселей алгоритмы сегментации могут выполнять быстрый подсчет семян, оценку качества [10] и измерение внешнего размера [11].

В сочетании с функциями распознавания объектов и определения местоположения алгоритмы обнаружения могут точно определять отличие, положение и форму каждого семени, что обеспечивает поддержку принятия решений при сортировке семян и способствует автоматизации всего процесса оценки фенотипа семян [12].

С развитием современных технических и программных средств появилась возможность использования технологии компьютерного анализа изображений семян [13, 14]. Со снижением стоимости цифровых камер и развитием датчиков получение высококачественных

изображений стало более удобным, что сделало RGB-визуализацию широко используемым методом получения признаков семян.

Цифровая визуализация применена на семенах кукурузы для подсчета зерен, измерения размера, идентификации повреждений от шелушения [9], гаплоидной сортировки семян [11], на сое — оценки качества [12], распознавания внешнего вида по качеству [15], оценки всхожести и силы прорастания семян [17], на рапсе — подсчета семян [16] и распознавания сортов, перце — распознавания сортов [17].

Разработка цифровых систем мониторинга семян важна и для зерновых культур, так как позволит проводить более эффективный отбор партий для семенных, продовольственных и фуражных целей. Установлена связь показателей структурной целостности зерновки с ее ростовыми показателями на стартовых этапах прорастания [18].

В Федеральном научном центре овощеводства совместно с сотрудниками Агрофизического НИИ с 2017 г. начаты исследования по разработке метода цифрового морфометрического анализа качества семян овощных культур. Установлено, что метод достоверно различает разнокачественные партии семян по размерным и цветовым характеристикам [19, 20].

Цели работы — определение морфометрических параметров семян овощных культур путем программного анализа цифровых сканированных изображений и установление связи данных показателей с их жизнеспособностью и качественными показателями.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили на базе Федерального научного центра овощеводства и Агрофизического НИИ с 2022–2023 гг.

Материалом для исследований были семена сортов и гибридов лука репчатого сорта Классика, редиса сорта Соната и разные сорта и гибриды капусты белокочанной селекции Федерального центра овощеводства и Всероссийского научно-исследовательского института — филиала Федерального научного центра овощеводства и его филиала ВНИИО, Агрофирмы «Поиск» (Россия), полученные у оригинаторов.

Семена лука репчатого и редиса сепарировали на три размерных калибра с использованием набора лабораторных сит ИСО 3310-2 (ООО «ЛабКомплект», Россия), каждый калибр в свою очередь на воздушном сепараторе поделили на две фракции по плотности (легкие, тяжелые). Оценку проводили как по размеру (цифровая морфометрия), так и по массе (масса 1000 семян — ГОСТ 12042¹) калиброванных семян.

Проведен анализ энергии прорастания и всхожести семян лука репчатого, редиса и капусты белокочанной в лабораторных условиях согласно ГОСТ 12038².

Морфометрический анализ проводили по цифровым изображениям семян, полученных с помощью планшетного сканера HP Scanjet 200 (США). Снимки сохранены в формате файлов BMP, TIFF, JPG. Выбор необходимого и достаточного разрешения при сканировании определяли техническими возможностями сканера (максимальное разрешение — 2400 DPI), ресурсами программного обеспечения и персонального компьютера, размерами семян.

¹ ГОСТ 12042–80 Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.

² ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

Морфометрический анализ цифровых сканированных изображений семян выполнили на базе Агрофизического НИИ с использованием серийного программного обеспечения «ВидеоТест-Морфология» («Аргус-БИО», г. Санкт-Петербург, Россия).

Методика включала в себя подбор контрастного фона, сканирования семян с минимальными теневыми эффектами (рис. 1), калибровку программного обеспечения для привязки к реальным размерным величинам, выбор параметров измерений и непосредственно автоматический анализ цифровых сканированных изображений семян.

По результатам морфометрического анализа программа выдает массив данных по ряду размерных параметров семян (более 20 технических параметров размерных и цветовых характеристик семян: площадь проекции, периметр, длина, ширина, средний размер, округлость, удлиненность и др.).

Посчитан параметр «округлость» (коэффициент округлости) для семян капусты как важный качественный показатель, выражающий отношение периметра семени к периметру круга с той же площадью. Точность измерений составляет 0,001 см.

Данные лабораторных измерений (масса 1000 семян) и анализов (энергия прорастания и всхожесть семян) статистически обработали с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Семена лука репчатого сепарировали на три размерных калибра, каждый калибр в свою очередь поделили на две фракции по плотности, определили массу 1000 семян для каждого калибра и фракции (табл. 1).

Морфометрический цифровой анализ семян лука репчатого позволил выявить степень размерной выровненности семян. Общая фракция семян оказалась совершенно не выровнена по размеру (рис. 2).

Семена по показателю «площадь проекции» колебались от 4,6 до 10,5 мм². Калибровка семян способствовала значительной выровненности фракции: 4,7–8,9 мм — для I фракции, 5,3–9,1 мм — для II фракции, 5,23–9,9 мм — для III фракции.

Размерная выровненность семян (калибровка) имеет важное агрономическое значение. Она позволяет подобрать семена с одинаковой энергией и запасом питательной ткани, обеспечивает точный высев и равномерные всходы растений. Однако даже размерные показатели семян не могут полностью раскрыть их качественную характеристику. Крупносемянность, как показала практика, связана с повышенной требовательностью к условиям возделывания. Наиболее важным показателем является не столько крупность семян, сколько их удельная плотность, указывающая на плотность укладки зародыша и элементов питательной ткани.

Семена лука каждой размерной фракции были сепарированы на воздушной колонке по плотности. Получены две фракции по плотности (легкие, тяжелые) каждой размерной фракции семян. Определяли энергию прорастания и всхожесть каждой фракции семян.

Прослеживается четкая тенденция: легкие и тяжелые семена разных размерных фракций по всхожести между собой отличались в несколько раз: фракция 1,6–1,8 мм — легкая 11,5%, тяжелая 58,5%; 1,8–2,0 мм — легкая 19,5%, тяжелая 75,5%; фракция 2,0–2,2 мм — легкая 36,5%, тяжелая 67,5% (рис. 3). Следовательно, разделяя семена по размеру и плотности, можно существенно улучшить показатели их жизнеспособности.

Рис. 1. Подготовка семян для сканирования. Редис (1) и лук репчатый (2). Фото автора

Fig. 1. Preparing seeds for scanning. Radishes (1) and onions (2). Photo by the author

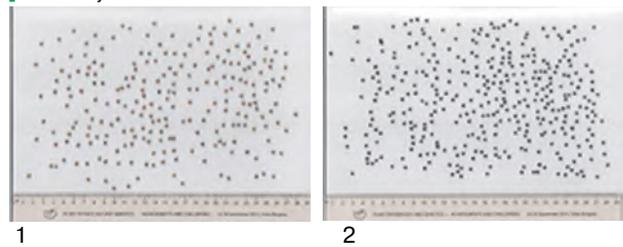


Таблица 1. Схема сепарации семян лука репчатого сорта Классика по размеру и плотности, 2022–2023 гг.

Table 1. Classic onion seed separation scheme by size and density, 2022–2023

Фракции	Калибр (размер), мм	Плотность	Масса 1000 семян, г
Контроль	общая фракция	–	3,682
I	1,6–1,8	легкие	2,977
		тяжелые	3,333
II	1,8–1,6	легкие	3,465
		тяжелые	3,843
III	2,0–2,2	легкие	3,974
		тяжелые	4,208
НСР ₀₅			0,281

Рис. 2. Площадь проекции семян (мм²) лука репчатого Классика в зависимости от их фракции

Fig. 2. The projection area of seeds (mm²) of onion Classics depending on their fraction

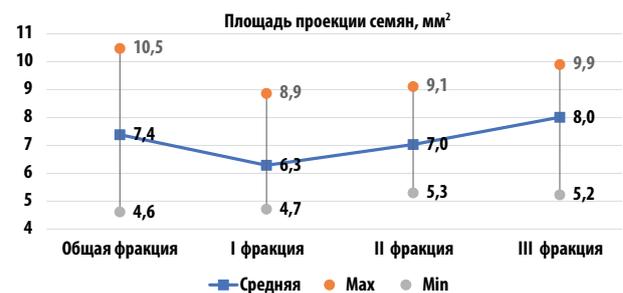
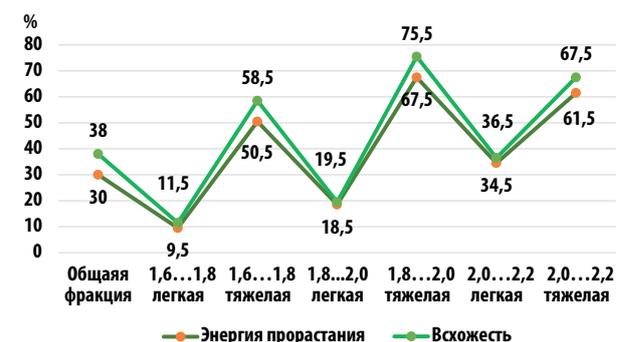


Рис. 3. Посевные качества разных фракций семян лука репчатого Классика

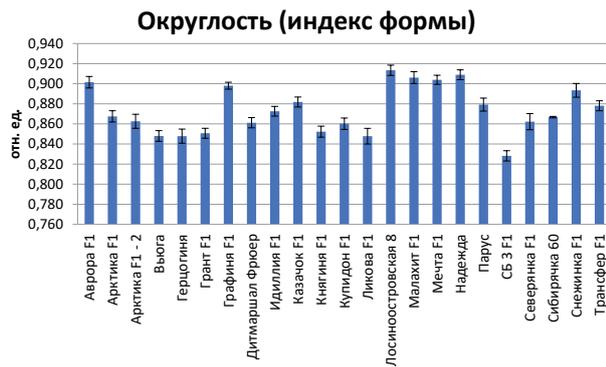
Fig. 3. Sowing qualities of different fractions of onion seeds Classic



В результате исследований выявлено, что высокими посевными качествами обладали не самые крупные семена, к тому же они в партии семян не составляли большинства. Фракции средние и выше среднего размера (1,8–2,0 мм) и тяжелые по плотности более жизнеспособны с высокой энергией прорастания 67,5% и всхожестью 75,5%.

Семена редиса сепарировали на четыре размерных калибра, каждый размерный калибр в свою очередь поделили на две фракции по плотности (легкие, тяжелые) (табл. 2).

Рис. 6. Морфометрические различия сортообразцов капусты белокочанной по форме семян
Fig. 6. Morphometric differences of cabbage varieties by seed shape



Примечательно, что данные образцы оказались ниже средней массы семян (табл. 3). Крупные семена Герцогини F₁ и СБ-3, наоборот, оказались немного овальными

с индексом округлости 0,85 и 0,83. Следовательно, размер семян не сполна определяет их посевные качества, более важна форма семян как свидетельство их полноценности и полноценности.

Выводы/Conclusion

Установлено, что сепарация семян по размеру и плотности и оценка их линейных параметров методом цифровой морфометрии позволяют значительно выровнять их и улучшить качественные показатели.

Лучшими посевными качествами обладали фракции выше среднего размера и более плотные: для лука репчатого — 1,8–2,0 мм, для редиса — 2,2–2,5 мм. Для семян капусты важным параметром посевных качеств является их форма, для полноценных семян индекс округлости может составить выше 0,9.

Развитие методики цифровой морфометрии позволит определить оптимальные параметры размера и формы семян каждого вида овощных культур и характеризовать их качественные показатели.

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

- Zheng Y. *et al.* Genome-wide association studies of grain quality traits in maize. *Scientific Reports*. 2021; 11: 9797. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89276-3>
- Wang X., Cai Z. Era of maize breeding 4.0. *Journal of Maize Sciences*. 2019; 27(1): 1–9 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.13597/j.cnki.maize.science.20190101>
- Wallace J.G., Rodgers-Melnick E., Buckler E.S. On the Road to Breeding 4.0: Unraveling the Good, the Bad, and the Boring of Crop Quantitative Genomics. *Annual Review of Genetics*. 2018; 52: 421–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120116-024846>
- Wang X. *et al.* Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm: Status and development. *Journal of Plant Genetic Resources*. 2022; 23(1): 12–20 (на кит. яз.). <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210802001>
- Budd J. *et al.* Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nature Medicine*. 2020; 26(8): 1183–1192. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1011-4>
- Sun D., Robbins K., Morales N., Shu Q., Cen H. Advances in optical phenotyping of cereal crops. *Trends Plant Science*. 2022; 27(2): 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.015>
- Clohesy J.W. *et al.* A Low-Cost Automated System for High-Throughput Phenotyping of Single Oat Seeds. *The Plant Phenome Journal*. 2018; 1(1): 1–13. <https://doi.org/10.2135/tppj2018.07.0005>
- Gong Z. *et al.* Recent Developments of Seeds Quality Inspection and Grading Based on Machine Vision. *2015 ASABE Annual International Meeting*. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2015; 152188378. <https://doi.org/10.13031/aim.20152188378>
- Fu J., Yuan H., Zhao R., Chen Z., Ren L. Peeling Damage Recognition Method for Corn Ear Harvest Using RGB Image. *Applied Sciences*. 2020; 10(10): 3371. <https://doi.org/10.3390/app10103371>
- Jitanan S., Chimlek P. Quality grading of soybean seeds using image analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2019; 9(5): 3495–3503. <http://doi.org/10.11591/ijece.v9i5.pp3495-3503>
- Veeramani B., Raymond J.W., Chanda P. DeepSort: deep convolutional networks for sorting haploid maize seeds. *BMC Bioinformatics*. 2018; 19: 289. <https://doi.org/10.1186/s12859-018-2267-2>
- Jia B., Wang W., Ni X.Z., Chu X., Yoon S.C., Lawrence K.C. Detection of mycotoxins and toxigenic fungi in cereal grains using vibrational spectroscopic techniques: a review. *World Mycotoxin Journal*. 2020; 13(2): 163–177. <https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2510>
- Kapadia V.N., Sasidharan N., Patil K. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research. *Advances in Biotechnology and Microbiology*. 2017; 7(2): 555709. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2017.07.555709>
- Liu F. *et al.* Digital techniques and trends for seed phenotyping using optical sensors. *Journal of Advanced Research*. 2023; 63: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.11.010>
- Lin P. *et al.* Rapidly and exactly determining postharvest dry soybean seed quality based on machine vision technology. *Scientific Reports*. 2019; 9: 17143. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53796-w>
- Peng S. *et al.* Research on Rapeseed Counting Based on Machine Vision. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021; 1757: 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1757/1/012028>

REFERENCES

- Zheng Y. *et al.* Genome-wide association studies of grain quality traits in maize. *Scientific Reports*. 2021; 11: 9797. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89276-3>
- Wang X., Cai Z. Era of maize breeding 4.0. *Journal of Maize Sciences*. 2019; 27(1): 1–9 (in Chinese). <https://doi.org/10.13597/j.cnki.maize.science.20190101>
- Wallace J.G., Rodgers-Melnick E., Buckler E.S. On the Road to Breeding 4.0: Unraveling the Good, the Bad, and the Boring of Crop Quantitative Genomics. *Annual Review of Genetics*. 2018; 52: 421–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-120116-024846>
- Wang X. *et al.* Evaluation on phenotypic traits of crop germplasm: Status and development. *Journal of Plant Genetic Resources*. 2022; 23(1): 12–20 (in Chinese). <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210802001>
- Budd J. *et al.* Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nature Medicine*. 2020; 26(8): 1183–1192. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1011-4>
- Sun D., Robbins K., Morales N., Shu Q., Cen H. Advances in optical phenotyping of cereal crops. *Trends Plant Science*. 2022; 27(2): 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2021.07.015>
- Clohesy J.W. *et al.* A Low-Cost Automated System for High-Throughput Phenotyping of Single Oat Seeds. *The Plant Phenome Journal*. 2018; 1(1): 1–13. <https://doi.org/10.2135/tppj2018.07.0005>
- Gong Z. *et al.* Recent Developments of Seeds Quality Inspection and Grading Based on Machine Vision. *2015 ASABE Annual International Meeting*. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2015; 152188378. <https://doi.org/10.13031/aim.20152188378>
- Fu J., Yuan H., Zhao R., Chen Z., Ren L. Peeling Damage Recognition Method for Corn Ear Harvest Using RGB Image. *Applied Sciences*. 2020; 10(10): 3371. <https://doi.org/10.3390/app10103371>
- Jitanan S., Chimlek P. Quality grading of soybean seeds using image analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. 2019; 9(5): 3495–3503. <http://doi.org/10.11591/ijece.v9i5.pp3495-3503>
- Veeramani B., Raymond J.W., Chanda P. DeepSort: deep convolutional networks for sorting haploid maize seeds. *BMC Bioinformatics*. 2018; 19: 289. <https://doi.org/10.1186/s12859-018-2267-2>
- Jia B., Wang W., Ni X.Z., Chu X., Yoon S.C., Lawrence K.C. Detection of mycotoxins and toxigenic fungi in cereal grains using vibrational spectroscopic techniques: a review. *World Mycotoxin Journal*. 2020; 13(2): 163–177. <https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2510>
- Kapadia V.N., Sasidharan N., Patil K. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research. *Advances in Biotechnology and Microbiology*. 2017; 7(2): 555709. <https://doi.org/10.19080/AIBM.2017.07.555709>
- Liu F. *et al.* Digital techniques and trends for seed phenotyping using optical sensors. *Journal of Advanced Research*. 2023; 63: 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2023.11.010>
- Lin P. *et al.* Rapidly and exactly determining postharvest dry soybean seed quality based on machine vision technology. *Scientific Reports*. 2019; 9: 17143. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53796-w>
- Peng S. *et al.* Research on Rapeseed Counting Based on Machine Vision. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021; 1757: 012028. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1757/1/012028>

17. Kurtulmuş F., Alibaş İ., Kavdır I. Classification of pepper seeds using machine vision based on neural network. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2016; 9(1): 51–62. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160901.1790>
18. Архипов М.В., Потрахов Н.Н., Тюкалов Ю.А., Гусакова Л.П. Цифровая система раннего выявления скрытой поврежденности зерновки. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2023; 106: 184–188. <https://elibrary.ru/wzuipa>
19. Musaev F.B., Priyatkin N.S., Ivanova M.I., Shchukina P.A., Jafarov I.H., Nowar M. Geometrical parameters and colour index of chive (*Allium schoenoprasum*) seed. *Research on Crops*. 2020; 21(4): 775–782. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.119>
20. Мусаев Ф.Б., Прияткин Н.С., Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Кашлева А.И. Компьютеризированная визуализация семян подрода *Сера* (*Allium* L., Alliaceae) — эффективный инструмент для оценки их качества. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (2): 39–50. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-63-2-39-50>

ОБ АВТОРАХ

Фархад Багадыр оглы Мусаев¹
доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
musayev@bk.ru
<https://orcid.org/000-0001-9323-7741>

Мария Ивановна Иванова²
доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
ivanova_170@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>

Николай Сергеевич Прияткин³
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
prini@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-5974-4288>

¹Федеральный научный центр овощеводства,
ул. Селекционная, 14, пос. ВНИИССОК, Одинцовский р-н,
Московская обл., 143080, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт
овощеводства — филиал Федерального научного центра
овощеводства, дер. Верея, стр. 500, Раменский р-н, Московская обл., 140153,
Россия

³Агрофизический научно-исследовательский институт,
Гражданский пр-т, 14, Санкт-Петербург, 195220, Россия

17. Kurtulmuş F., Alibaş İ., Kavdır I. Classification of pepper seeds using machine vision based on neural network. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2016; 9(1): 51–62. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160901.1790>

18. Arkhipov M.V., Potrakhov N.N., Tyukalov Yu.A., Gusakova L.P. Digital system for early detection of latent grain damage. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023; 106: 184–188 (in Russian). <https://elibrary.ru/wzuipa>

19. Musaev F.B., Priyatkin N.S., Ivanova M.I., Shchukina P.A., Jafarov I.H., Nowar M. Geometrical parameters and colour index of chive (*Allium schoenoprasum*) seed. *Research on Crops*. 2020; 21(4): 775–782. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.119>

20. Musaev F.B., Priyatkin N.S., Ivanova M.I., Bukharov A.F., Kashleva A.I. Computerized visualization of seeds of *Sepa* subgenus (*Allium* L., Alliaceae) — an effective tool to assess their quality. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022; (2): 39–50 (in Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-63-2-39-50>

ABOUT THE AUTHORS

Farkhad Bagadir ogli Musaev¹
Doctor of Agricultural Science, Leading Researcher
musayev@bk.ru
<https://orcid.org/000-0001-9323-7741>

Maria Ivanovna Ivanova²
Doctor of Agricultural Science, Professor RAS
ivanova_170@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>

Nikolay Sergeevich Priyatkin³
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
prini@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-5974-4288>

¹Federal Scientific Center of Vegetable Growing,
14 Selectionskaya Str., VNISSOK village, Odintsovo district, Moscow
region, 143080, Russia

²All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing —
Branch of Federal Scientific Vegetable Center
Vereya village, 500 building, Ramenskoye district, Moscow region,
140153, Russia

³Agrophysical Research Institute,
14 Grazhdansky Ave., St. Petersburg, 195220, Russia

Форум и выставка по глубокой переработке зерна и промышленной биотехнологии «Грэйнтек»

Грэйнтек

Форум и выставка по глубокой переработке зерна и биоэкономике

+7 (495) 585-5167 | info@graintek.ru | www.graintek.ru

**Форум является уникальным специализированным
событием отрасли в России и СНГ и пройдет
19–20 ноября 2024 года в отеле «Лесная Сафмар» в г. Москве.**

В фокусе форума — практические аспекты глубокой переработки зерна как для производства продуктов питания и кормов, так и для биотехнологических продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Темы форума: производство и рынок нативных и модифицированных крахмалов, клейковины, сиропов, органических кислот, аминокислот (лизина, треонина, триптофана и т. д.), сахарозаменителей (сорбита, ксилита, маннита) и других химических веществ.

21 ноября 2024 года пройдет семинар «ГрэйнЭксперт», посвященный практическим вопросам запуска и эксплуатации завода глубокой переработки зерна. Семинар проводится для технических специалистов, которые отвечают за производственный процесс и высокое качество конечной продукции.



УДК 637.112.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149

А.Р. Хакимов ✉

Д.Ю. Павкин

С.С. Юрочка

С.С. Рузин

П.С. Бердюгин

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ arty.hv@gmail.com

Поступила в редакцию: 09.08.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Рузин С.С., Бердюгин П.С.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149

Artem R. Khakimov ✉

Dmitry Yu. Pavkin

Sergey S. Yurochka

Semen S. Ruzin

Pavel S. Berdyugin

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

✉ arty.hv@gmail.com

Received by the editorial office: 09.08.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Berdyugin S.P.

Модернизация доильной системы устройством экспресс-анализа качества молока

РЕЗЮМЕ

Используемые в России доильные системы имеют потенциал модернизации устройствами поточного контроля параметров качества молока. Контроль состава молока и отслеживание аномалий в концентрации соматических клеток в режиме реального времени особенно важны для оперативного реагирования на изменение параметров физиологического состояния животных и своевременного вмешательства до попадания некачественного молока в общий резервуар. В данной работе приведен пример модернизации доильной системы «Елочка» функцией оценки качества молока в процессе доения. Используемое для модернизации доильной системы устройство экспресс-анализа качества молока является оптическим и не влияет на протекание потока молока в молочном шланге доильной системы. Устройство позволяет проводить поточный анализ процентной концентрации жира и количественный анализ концентрации соматических клеток в молоке с пороговым уровнем обнаружения 900–1000 тыс. клеток / мл, анализируя поток объемом до 6 л/мин. В исследовании в два этапа оценивалась работоспособность устройства анализировать сырое коровье молоко с двумя отличающимися параметрами жирности — 2,53% и 3,16% и концентрацией 1×10^6 соматических клеток на 1 мл. В результате эксперимента среднее значение \pm стандартное отклонение жирности составили $(2,75 \pm 0,16)\%$ и $(3,37 \pm 0,20)\%$, а соматических клеток — $(0,096 \pm 0,007)$ у. е. и $(0,102 \pm 0,006)$ у. е., что соответствует диапазону 900–1000 тыс. клеток / мл. Погрешности средних значений измеряемой жирности молока составили 0,2–0,3% жирности измеряемого молока. Максимальный коэффициент вариации для измерений жирности — 6%, а для качественного анализа соматических клеток — 7%, что демонстрирует стабильность работы устройства и успешность модернизации доильной системы. В дальнейшем будет продолжено совершенствование системы, обеспечивающей поточный мониторинг процесса доения.

Ключевые слова: молочное животноводство, цифровизация, молоко, качество молока, модернизация, доильные системы

Для цитирования: Хакимов А.Р., Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Рузин С.С., Бердюгин П.С. Модернизация доильной системы устройством экспресс-анализа качества молока. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 145–149.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149>

Modernization of the milking system with a device for express analysis of milk quality

ABSTRACT

Milking systems used in Russia have the potential to be upgraded with devices for in-line control of milk quality parameters. Monitoring the composition of milk and tracking anomalies in the concentration of somatic cells in real time is especially important for rapid response to changes in the parameters of the physiological state of animals and timely intervention before low-quality milk enters the common reservoir. This paper provides an example of the modernization of the “Herringbone” milking system with the function of evaluating the quality of milk during milking. The milk quality express analysis device used to modernize the milking system is optical and does not affect the flow of milk in the milk hose of the milking system. The device allows for in-line analysis of the percentage concentration of fat and quantitative analysis of the concentration of somatic cells in milk with a threshold detection level of 900–1000 thousand cells / ml, analyzing a flow volume of up to 6 liters/min. In the study, the operability of the device to analyze raw cow's milk with two different fat content parameters — 2.53% and 3.16% and a concentration of 1×10^6 somatic cells per 1 ml was evaluated in two stages. As a result of the experiment, the average value \pm standard deviation of fat content was $(2.75 \pm 0.16)\%$ and $(3.37 \pm 0.20)\%$, and somatic cells were (0.096 ± 0.007) cu and (0.102 ± 0.006) cu, which corresponds to the range of 900–1000 thousand cells / ml. The errors of the average values of the measured fat content of milk amounted to 0.2–0.3% of the fat content of the measured milk. The maximum coefficient of variation for fat content measurements is 6%, and for qualitative analysis of somatic cells — 7%, which demonstrates the stability of the device and the success of the modernization of the milking system. In the future, the improvement of the system providing on-line monitoring of the milking process will continue.

Key words: dairy farming, digitalization, milk, milk quality, modernization, milking systems

For citation: Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Berdyugin S.P. Modernization of the milking system with a device for express analysis of milk quality. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 145–149 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-145-149>

Введение/Introduction

В России существует значительный потенциал развития сельского хозяйства в направлении создания и внедрения средств автоматизации [1]. Развитие этой области имеет тренд в направлении использования цифровых и интеллектуальных технологий [2–6].

Для обеспечения контроля качества продукции фермы расширяют использование высокотехнологичных систем экспресс-анализа, которые постепенно заменяют классические дорогостоящие и трудоемкие инвазивные химические методы [7].

Контроль состава молока и длительности доения в режиме реального времени особенно важен для оперативного реагирования на отклонение параметров физиологического состояния животных и своевременной корректировки рационов при снижении удоев [8–11].

Из-за необходимости использовать устройства экспресс-анализа качества продукции, не приводящие к нарушению работы доильной установки и значительному падению давления в молочном шланге, при разработке анализаторов качества молока для оборудования молочных ферм в первую очередь перспективны оптические методы диагностики [12, 13]. Такие методы позволяют проводить бесконтактную и неразрушающую диагностику с высокой чувствительностью и скоростью [14, 15].

Применение БИК-спектроскопии в молочной промышленности привело к повышению качества анализа параметров молока [16]. Однако излишки воды в молоке и наличие микро- и макропузырьков газов усложняют БИК-спектроскопический анализ, что снижает точность анализа молока [17].

В этих условиях измерительные устройства анализа качества молока создаются с учетом того, что поток молока в доильной установке представляет собой чередование молочных и воздушных пробок с различными параметрами рассеяния [18]. Во время работы доильной системы молоко не должно загрязняться объектами, влияющими на его оптические свойства. Например, попадание воды в молочные шланги нарушит пропорции потока молока. Для обеспечения приемлемых условий работы устройства необходимо содержать внутренние поверхности доильной системы в чистоте [19]. Это накладывает определенные ограничения на условия эксплуатации доильных систем.

Цель исследования — определить работоспособность модели устройства для измерения процентной концентрации жира и проведения качественного анализа за концентрации соматических клеток в молоке в составе модернизированной доильной системы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Лабораторные испытания проводились в октябре 2023 года в Агроинженерном центре ВИМ и включали оценку работоспособности и точности измерений устройством экспресс-анализа качества молока по двум критериям — процентный анализ массовой доли жира в потоке молоковоздушной смеси и качественный анализ концентрации соматических клеток в потоке молоковоздушной смеси.

Используемое для модернизации доильной системы устройство экспресс-анализа качества молока разработано Агроинженерным центром ВИМ совместно

с ИОФ РАН (патент на изобретение от 28.02.2023 RU 2790807 С1¹). Устройство позволяет проводить точный анализ процентной концентрации жира и количественный анализ концентрации соматических клеток в молоке с пороговым уровнем 900–1000 тыс. клеток / мл. Комплект состоит из модуля измерений, включающего в себя источник излучения, блок приемников излучения, измерительную камеру и кронштейн для крепления, и модуля расчетов, включающего в себя плату управления и кронштейн для крепления.

Принцип работы и условия эксплуатации скаттерометрического устройства экспресс-анализа качества молока описаны в научных работах разработчиков технологии [19, 20].

В основе лабораторного стенда использована доильная система типа «Елочка» 30° 1 x 3 на три доильных места (ФНАЦ ВИМ, Россия). Максимальный объем потока молоковоздушной смеси в молочном шланге доильной системы и измерительной камере устройства равен 6 л/мин (ежесекундный объем 0,0001 м³/с).

В исследовании использовался молочный шланг ПВХ 14 x 24 мм прозрачный (Terraflex, Израиль). При этом учитывается, что поток молоковоздушной смеси протекает при неполном и неравномерном заполнении, что соответствует реальному процессу доения в условиях фермы. В соответствии с требованиями ГОСТ 34496-2018² максимально возможным перепадом давления в доильной системе является 3 кПа. Это ключевое условие интеграции устройства в молочный шланг доильной системы. Проверенный вакуумметром (ЧВМЗ, Россия) перепад составил менее 1 кПа.

Разработанный лабораторный стенд состоит из трех модулей, связанных между собой: доильной системы типа «Елочка» 30° 1 x 3 (ФНАЦ ВИМ, Россия); устройства экспресс-анализа качества молока в процессе доения; резервуара (пластикового бака на 50 л с врезанными силиконовыми репликами сосков вымени коровы (производство ФНАЦ ВИМ, Россия), молокопорожнителя 09.000.000 с НМУ (АДС, Беларусь) и молочных шлангов (1,5 м длина участка ПВХ шланга 14 x 24 мм между коллектором и счетчиком молока (Terraflex, Израиль) для создания замкнутой системы циркулирования молоковоздушной смеси.

Поскольку только один из двух модулей устройства экспресс-анализа качества молока непосредственно интегрируется в молочный шланг, монтаж модулей в экспериментальном стенде производится разными способами: модуль расчета был неподвижно закреплен на одной из балок экспериментального стенда с помощью кронштейна; модуль измерений был зафиксирован в молочном шланге экспериментального стенда с использованием двух хомутов и дополнительно неподвижно закреплен на одной из балок экспериментального стенда с помощью кронштейна. Модули связаны шлейфом, поэтому максимальное расстояние между ними составляет 150 мм. На рисунке 1 показан вид лабораторного стенда.

Конструкция стенда позволяет прокачивать молоко в замкнутом цикле неограниченное время, однако делать это дольше 30 мин. не рекомендуется из-за разрушения структуры молока при длительной прокачке в молочных шлангах экспериментального стенда.

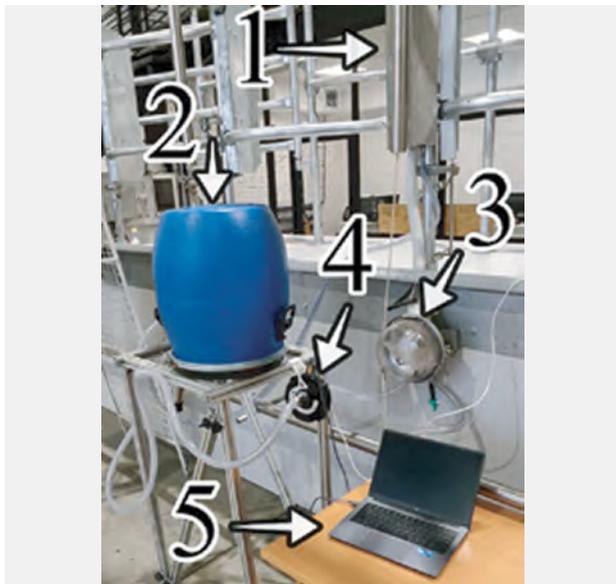
Методика исследования включает оценку двух параметров качества молока — процентную концентрацию

¹ Патент на изобретение от 28.02.2023 RU 2790807 С1 «Способ и проточное устройство для определения процентных концентраций компонентов молока в потоке», заявка № 2022109279. Правообладатель ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

² ГОСТ 34496-2018 Установки и аппараты доильные для коров. Методы испытаний.

Рис. 1. Лабораторный стенд для испытаний модели модернизированной системы устройства учета: 1 — блок управления доильной системой «Елочка», 2 — бак для молока, 3 — счетчик молока, 4 — устройство экспресс-анализа качества молока, 5 — компьютер для отображения и сохранения данных

Fig. 1. Laboratory stand for testing the upgraded milking system: 1 — control unit for the milking system "Herringbone", 2 — milk tank, 3 — milk meter, 4 — device for express analysis of milk quality, 5 — computer for displaying and storing data



жирности и качественный анализ концентрации соматических клеток. Для проведения исследования необходимы эталонный анализатор качества молока (для оценки процентной концентрации жирности) и референсный способ качественной оценки концентрации соматических клеток.

Исследование проводилось в два этапа, использовалось сырое коровье молоко, пастеризованное, неомогенизированное, с двумя отличающимися параметрами жирности — 2,53% и 3,16%. Молоко разной жирности поочередно заливалось в систему.

Жирность молока перед исследованием измерялась сертифицированным анализатором качества молока «Лактан 1-4М» (ООО ВПК «Сибагроприбор», Россия) в соответствии с РМГ 29-2013³. По причине логистической недоступности доставки сырого коровьего молока с высокой концентрацией соматических клеток для проверки точности качественного анализа концентрации соматических клеток в молоке были использованы клетки карциномы молочной железы человека размером около 20 мкм, разбавленные в молоке для обеспечения концентрации в 1×10^6 клеток на 1 мл, используя существующую методику создания модели соматических клеток [21].

Измерения проводятся по 32 раза с каждым типом молока. Устройство проводит измерение каждые 12 сек., что соответствует пяти измерениям в 1 мин. Программа вывода результатов измерений указывает точное время при выводе результата измерения.

Для проведения лабораторного эксперимента необходимо выполнить следующие шаги:

1. Заполнить макет вымени молоком.

2. Подключить устройство экспресс-анализа качества молока к компьютеру и запустить программу вывода результатов измерений.

3. Включить экспериментальный стенд и задать режим производительности (минимальный — 1 л/мин, максимальный — 6 л/мин).

4. Фиксировать результаты измерений (программа вывода результатов измерений позволяет переносить результаты в файл текстового редактора компьютера).

5. По окончании эксперимента остановить прокачку молока, отключить от молочного шланга устройство экспресс-анализа, опорожнить макет вымени от молока, промыть макет и устройство, просушить всё оборудование.

Для оценки однородности полученных результатов использовался коэффициент вариации, благодаря которому можно оценить степень рассеивания результатов измерений в общей выборке данных.

Точность работы устройства в ходе проведенного лабораторного исследования позволит сделать предположения о достоверности и применимости сбора массива цифровых данных и последующего анализа ветеринарами для оценки стада. Рассчитанный коэффициент вариации s_v измерений был рассчитан с использованием отношения стандартного отклонения выборки σ к среднему значению выборки x по формуле (1):

Оценка точности работы устройства проводится сравнением результатов, полученных устройством экспресс-анализа качества молока, с процентной концентрацией жирности и качественным анализом концентрации соматических клеток, полученными эталонными способами, описанными выше.

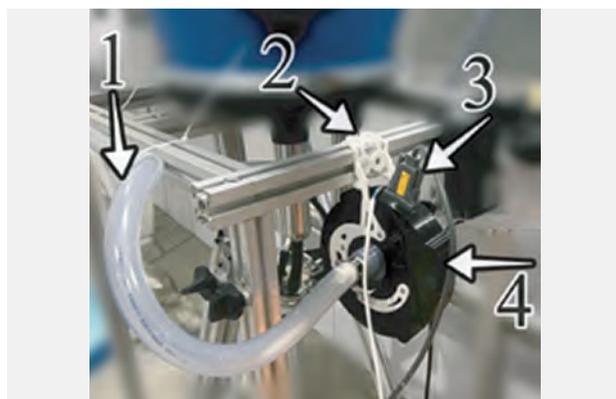
Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для испытаний использовалось коровье молоко жирностью 2,53% и 3,16%. Работающее устройство экспресс-анализа качества молока проводит измерение параметров качества молока каждые 12 сек. независимо от наличия молока в измерительной камере устройства, поэтому значения в моменты отсутствия молока в измерительной камере устройства были исключены из результатов. Вид устройства после испытаний представлен на рисунке 2.

На первом этапе эксперимента была проверена точность работы устройства с молоком жирностью 2,53% и количеством соматических клеток 1×10^6 . В результате среднее значение \pm стандартное отклонение

Рис. 2. Устройство во время проведения испытаний: 1 — молочный шланг, 2 — нейлоновый кронштейн, 3 — кабели подключения питания и передачи данных в формате RS-232, 4 — устройство экспресс-анализа качества молока. Фото автора

Fig. 2. Device during testing: 1 — milk hose, 2 — nylon bracket, 3 — power supply and RS-232 data cables, 4 — device for express analysis of milk quality. Photo by the author



³ РМГ 29-2013 Прямое измерение. Измерение, при котором искомое значение величины получают непосредственно от средства измерений.

жирности — $2,75 \pm 0,16\%$, коэффициент соматических клеток — $0,102 \pm 0,006$ у. е., что соответствует диапазону 900–1000 тыс. соматических клеток. Достоверность результатов подтверждена при $p < 0,05$. На рисунке 3 можно визуально оценить результаты по измерению жирности молока.

На втором этапе эксперимента была проверена точность работы устройства с молоком жирностью 3,16% и с количеством соматических клеток 1×10^6 . В результате эксперимента среднее значение \pm стандартное отклонение жирности составили $3,37 \pm 0,20\%$, коэффициент соматических клеток — $0,096 \pm 0,007$ у. е., что соответствует диапазону 900–1000 тыс. соматических клеток. Достоверность результатов подтверждена при $p < 0,05$. На рисунке 4 можно визуально оценить результаты по измерению жирности молока.

Максимальный коэффициент вариации для измерений жирности составил 6%, а для качественного анализа соматических клеток — 7%, что демонстрирует стабильность работы устройства. Подробное изучение массива цифровых данных, которые будут получены при производственных испытаниях устройства, помогут находить даже слабо выраженные закономерности изменения параметров качества молока животных.

Из результатов эксперимента можно сделать заключение о погрешности средних значений измеряемой жирности молока в 0,2–0,3%, а разовые измерения имеют максимальную погрешность менее 0,6% жирности.

Стоит отметить, что на возможную точность результатов исследования может оказывать влияние загрязнение молочных шлангов. В лабораторной установке промывка молочных шлангов производится своевременно и в соответствии с инструкцией по эксплуатации, поэтому они сохраняют свою функциональность. Однако в производственных условиях возможны нарушения условий эксплуатации, что может привести к загрязнению протекающего в молочных шлангах доильной системы потока молоковоздушной смеси и возможному снижению точности измерений устройством.

Рис. 3. Результаты испытаний точности устройства по измерению процентной концентрации жира в молоке

Fig. 3. Results of testing the accuracy of the device for measuring the percentage concentration of fat in milk



Рис. 4. Результаты испытаний точности устройства по проведению качественного анализа концентрации соматических клеток

Fig. 4. Results of testing the accuracy of the device for conducting a qualitative analysis of the concentration of somatic cells



Выводы/Conclusions

Экспериментально доказана возможность модернизировать доильную систему «Елочка» устройством экспресс-анализа параметров качества молока. Был разработан и создан модельный экспериментальный стенд, на котором оценена способность устройства проводить экспресс-анализ процентной концентрации жира и качественную оценку концентрации соматических клеток в молоке жирностью 2,53% и 3,16%.

В результате эксперимента среднее значение \pm стандартное отклонение жирности составили $2,75 \pm 0,16\%$ и $3,37 \pm 0,20\%$, а соматических клеток — $0,096 \pm 0,007$ у. е. и $0,102 \pm 0,006$ у. е., что соответствует диапазону 900–1000 тыс. клеток / мл. Погрешности средних значений измеряемой жирности молока составили 0,2–0,3% жирности измеряемого молока.

В дальнейшем будет продолжено совершенствование системы, обеспечивающей поточный мониторинг процесса доения.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021; 15(4): 6–10. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022; 16(2): 4–13. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Bityutsky A.S., Shamina S.V., Dragulenko V.V. Introduction of advanced information technologies in agriculture. *E3S Web of Conferences. V International Scientific Forum on Computer and Energy Sciences (WFCES 2023)*. 2023; 419: 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341903002>
4. Zhuravleva L., Zarubina E., Ruchkin A., Simachkova N., Chupina I. Development of the agrarian and industrial complex of Russia through the use of new technologies. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Ensuring the Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions" (ETSAC2023)*. 2023; 395: 05007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339505007>

REFERENCES

1. Lobachevsky Ya.P., Dorokhov A.S. Digital technologies and robotic devices in the agriculture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021; 15(4): 6–10 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2021-15-4-6-10>
2. Tsench Yu.S. Scientific and Technological Potential as the Main Factor for Agricultural Mechanization Development. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022; 16(2): 4–13 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13>
3. Zolkin A.L., Matvienko E.V., Bityutsky A.S., Shamina S.V., Dragulenko V.V. Introduction of advanced information technologies in agriculture. *E3S Web of Conferences. V International Scientific Forum on Computer and Energy Sciences (WFCES 2023)*. 2023; 419: 03002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341903002>
4. Zhuravleva L., Zarubina E., Ruchkin A., Simachkova N., Chupina I. Development of the agrarian and industrial complex of Russia through the use of new technologies. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Ensuring the Technological Sovereignty of the Agro-Industrial Complex: Approaches, Problems, Solutions" (ETSAC2023)*. 2023; 395: 05007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339505007>

5. Chernyakov M., Chemyakova M., Suleymanov Sh. The use of digital technologies in the agro-industrial complex. *International Scientific and Practical Conference "Current Issues of Biology, Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops" (CIBTA2022). Conference Proceedings (To the 110th anniversary of V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops)*. 2023; 277: 020007-1–020007-6. <https://doi.org/10.1063/5.0140164>
6. Tsvetkova I.I., Vakhovskaya M.Yu. The use of digital technologies in agricultural management. *II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023)*. Les Ulis. 2023; 392: 01028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201028>
7. Burmistrov D.E. et al. Application of Optical Quality Control Technologies in the Dairy Industry: An Overview. *Photonics*. 2021; 8(12): 551. <https://doi.org/10.3390/photonics8120551>
8. Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dovlatov I.M. Development of an Algorithm for Rapid Herd Evaluation and Predicting Milk Yield of Mastitis Cows Based on Infrared Thermography. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6621. <https://doi.org/10.3390/app12136621>
9. Баеринас М.Н., Неверова О.П., Горелик О.В., Гриценко С.А., Ребезов М.Б., Исаева К.С. Динамика вариации молочных признаков у коров при применении кормовой добавки «ВивАктив». *Аграрная наука*. 2024; (5): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-63-68>
10. Белооков А.А., Белоокова О.В., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Состав и свойства молока коров черно-пестрой породы разных генотипов. *Аграрная наука*. 2023; (3): 62–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-62-69>
11. Канев П.Н., Горелик О.В., Харлап С.Ю., Горелик А.С., Ребезов М.Б. Сопряженность продуктивных признаков молочного скота голштинской породы. *Аграрная наука*. 2024; (3): 92–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97>
12. He C., He H., Chang J., Chen B., Ma H., Booth M.J. Polarisation optics for biomedical and clinical applications: a review. *Light: Science & Applications*. 2021; 10: 194. <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00639-x>
13. Ghosh N., Vitkin A.I. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications, and outlook. *Journal of biomedical optics*. 2011; 16(11): 110801. <https://doi.org/10.1117/1.3652896>
14. Ramella-Roman J.C., Saytashev I., Piccini M. A review of polarization-based imaging technologies for clinical and preclinical applications. *Journal of Optics*. 2020; 22(12): 123001. <https://doi.org/10.1088/2040-8986/abbf8a>
15. Li P. et al. Temperature dependent red luminescence from a distorted Mn⁴⁺ site in CaAl₂O₇: Mn⁴⁺. *Optics Express*. 2013; 21(16): 18943–18948. <https://doi.org/10.1364/OE.21.018943>
16. Karoui R., De Baerdemaeker J. A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. *Food Chemistry*. 2007; 102(3): 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.042>
17. Агеев А.И., Осипцов А.Н. Сдвиговое течение вязкой жидкости над каверной, содержащей пульсирующий пузырек газа. Доклады Российской академии наук. *Физика, технические науки*. 2020; 493: 38–41. <https://doi.org/10.31857/S2686740020030037>
18. Chue-Sang J., Bai Y., Stoff S., Straton D., Ramaswamy S.D., Ramella-Roman J.C. Use of combined polarization-sensitive optical coherence tomography and Mueller matrix imaging for the polarimetric characterization of excised biological tissue. *Journal of Biomedical Optics*. 2016; 21(7): 071109. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.7.071109>
19. Khakimov A.R. et al. Effects of Milking System Operating Conditions on the Milk-Fat-Percentage Measuring Accuracy of an Inline Light-Scattering Sensor. *Applied Sciences*. 2023; 13(21): 11836. <https://doi.org/10.3390/app132111836>
20. Shkirin A.V., Astashev M.E., Ignatenko D.N., Suyazov N.V., Vedunova M.V., Gudkov S.V. Laser Scatterometric Device for Inline Measurement of Fat Percentage and the Concentration Level of Large-Scale Impurities in Milk. *Applied Sciences*. 2022; 12(24): 12517. <https://doi.org/10.3390/app122412517>
21. Шкирин А.В., Асташев М.Е., Игнатенко Д.Н., Козлов В.А., Гудков С.В. Флуоресцентно-скаттерометрическая методика измерения процентного содержания дисперсных компонентов эмульсий в применении к оценке качества молока. *Краткие сообщения по физике ФИАН*. 2023; 50(5): 14–24. <https://www.elibrary.ru/kabwrz>
5. Chernyakov M., Chemyakova M., Suleymanov Sh. The use of digital technologies in the agro-industrial complex. *International Scientific and Practical Conference "Current Issues of Biology, Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops" (CIBTA2022). Conference Proceedings (To the 110th anniversary of V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops)*. 2023; 277: 020007-1–020007-6. <https://doi.org/10.1063/5.0140164>
6. Tsvetkova I.I., Vakhovskaya M.Yu. The use of digital technologies in agricultural management. *II International Conference on Agriculture, Earth Remote Sensing and Environment (RSE-II-2023)*. Les Ulis. 2023; 392: 01028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339201028>
7. Burmistrov D.E. et al. Application of Optical Quality Control Technologies in the Dairy Industry: An Overview. *Photonics*. 2021; 8(12): 551. <https://doi.org/10.3390/photonics8120551>
8. Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dovlatov I.M. Development of an Algorithm for Rapid Herd Evaluation and Predicting Milk Yield of Mastitis Cows Based on Infrared Thermography. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6621. <https://doi.org/10.3390/app12136621>
9. Baerinas M.N., Neverova O.P., Gorelik O.V., Gritsenko S.A., Rebezov M.B., Isaeva K.S. Dynamics of variation of dairy characteristics in cows when using the feed additive "VivAktiv". *Agrarian science*. 2024; (5): 63–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-63-68>
10. Belookov A.A., Belookova O.V., Gorelik O.V., Rebezov M.B. The composition and properties of the milk of black-and-white cows of different genotypes. *Agrarian science*. 2023; (3): 62–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-62-69>
11. Kanev P.N., Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Gorelik A.S., Rebezov M.B. The conjugation of productive features of dairy cattle of the Holstein breed. *Agrarian science*. 2024; (3): 92–97 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-92-97>
12. He C., He H., Chang J., Chen B., Ma H., Booth M.J. Polarisation optics for biomedical and clinical applications: a review. *Light: Science & Applications*. 2021; 10: 194. <https://doi.org/10.1038/s41377-021-00639-x>
13. Ghosh N., Vitkin A.I. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications, and outlook. *Journal of biomedical optics*. 2011; 16(11): 110801. <https://doi.org/10.1117/1.3652896>
14. Ramella-Roman J.C., Saytashev I., Piccini M. A review of polarization-based imaging technologies for clinical and preclinical applications. *Journal of Optics*. 2020; 22(12): 123001. <https://doi.org/10.1088/2040-8986/abbf8a>
15. Li P. et al. Temperature dependent red luminescence from a distorted Mn⁴⁺ site in CaAl₂O₇: Mn⁴⁺. *Optics Express*. 2013; 21(16): 18943–18948. <https://doi.org/10.1364/OE.21.018943>
16. Karoui R., De Baerdemaeker J. A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. *Food Chemistry*. 2007; 102(3): 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.042>
17. Ageev A.I., Osipov A.N. Shear Flow of a Viscous Fluid over a Cavity with a Pulsating Gas Bubble. *Doklady Physics*. 2020; 65(7): 242–245. <https://doi.org/10.1134/S1028335820050031>
18. Chue-Sang J., Bai Y., Stoff S., Straton D., Ramaswamy S.D., Ramella-Roman J.C. Use of combined polarization-sensitive optical coherence tomography and Mueller matrix imaging for the polarimetric characterization of excised biological tissue. *Journal of Biomedical Optics*. 2016; 21(7): 071109. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.7.071109>
19. Khakimov A.R. et al. Effects of Milking System Operating Conditions on the Milk-Fat-Percentage Measuring Accuracy of an Inline Light-Scattering Sensor. *Applied Sciences*. 2023; 13(21): 11836. <https://doi.org/10.3390/app132111836>
20. Shkirin A.V., Astashev M.E., Ignatenko D.N., Suyazov N.V., Vedunova M.V., Gudkov S.V. Laser Scatterometric Device for Inline Measurement of Fat Percentage and the Concentration Level of Large-Scale Impurities in Milk. *Applied Sciences*. 2022; 12(24): 12517. <https://doi.org/10.3390/app122412517>
21. Shkirin A.V., Astashev M.E., Ignatenko D.N., Kozlov V.A., Gudkov S.V. Fluorescence-scatterometric technique for measuring the percentage content of dispersed components of emulsions in application to milk quality assessment. *Kratkiye soobshcheniya po fizike FIAN*. 2023; 50(5): 14–24 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kabwrz>

ОБ АВТОРАХ

Артём Рустамович Хакимов

младший научный сотрудник

arty.hv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>**Дмитрий Юрьевич Павкин**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

dimqaqa@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>**Сергей Сергеевич Юрочка**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

yssvim@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>**Семён Сергеевич Рузин**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

ruzin.s.s@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>**Павел Сергеевич Бердюгин**

младший научный сотрудник

BPS71188@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Artem Rustamovich Khakimov

Junior Researcher Assistant

arty.hv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>**Dmitry Yuryevich Pavkin**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

dimqaqa@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-8769-8365>**Sergey Sergeevich Yurochka**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

yssvim@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>**Semen Sergeevich Ruzin**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

ruzin.s.s@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>**Pavel Sergeevich Berdyugin**

Junior Researcher Assistant

BPS71188@yandex.ru

<https://orcid.org/0009-0005-8217-9482>Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

Sergey A. Konovalov¹Natalia B. Gavrilova¹Natalia F. Ivanova¹Natalia L. Chernopolskaya¹ ✉Maksim B. Rebezov^{2, 3}Farida H. Smolnikova⁴¹Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia⁴Shakarim University, Semey, Kazakhstan

✉ nl.chernopolskaya@omgau.org

Received by the editorial office: 30.06.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Konovalov S.A., Gavrilova N.B., Ivanova N.F., Chernopolskaya N.L., Rebezov M.B., Smolnikova F.H.

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-150-156

С.А. Коновалов¹Н.Б. Гаврилова¹Н.Ф. Иванова¹Н.Л. Чернопольская¹ ✉М.Б. Ребезов^{2, 3}Ф.Х. Смольникова⁴¹Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск, Россия²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия⁴Университет им. Шакарима, Семей, Казахстан

✉ nl.chernopolskaya@omgau.org

Поступила в редакцию: 30.06.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Коновалов С.А., Гаврилова Н.Б., Иванова Н.Ф., Чернопольская Н.Л., Ребезов М.Б., Смольникова Ф.Х.

Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients

ABSTRACT

Relevance. The article provides a detailed analysis of scientific research related to the development of technology for a creamy dessert bioproduct for healthy nutrition based on dairy and vegetable raw materials.

Methods. A biologically active component in the form of berry syrups, which are a valuable source of vitamins, minerals, dietary fibers, organic acids, phenolic compounds and other substances capable of having a healing effect on the human body, has been scientifically substantiated and developed as a source of biologically active components for enriching creamy bioproducts.

Results. It is proved that the use of berry syrups obtained on the basis of wild plant raw materials of the Siberian region of Russia in the technology of dessert bioproduct significantly improves its flavor properties, chemical composition, nutritional and biological value. In addition to berry syrups, in order to enrich the creamy dessert product with functional food ingredients, a binary starter culture containing probiotic microorganisms in immobilized form, iron lactate, ascorbic acid, and dry milk whey were used. These components of functional nutrition play an important role in improving metabolism, normalizing the state of the internal environment of the body, increasing its resistance to harmful environmental influences. The objects of research, the main of which are cream, are described, standard organoleptic, physico-chemical, microbiological and biological research methods using modern devices are applied, mathematical and statistical methods of analyzing experimental data were used. A detailed description of the production technology of berry syrups is presented, the technological parameters of these operations are given in order to maximize the extraction of biologically active substances from plant raw materials. At the final stage of scientific research, the technology of production of creamy dessert bioproduct is presented, the expediency of using biologically active components in its production is justified, quality indicators, nutritional and biological values, storage capacity and shelf life of the new bioproduct are given.

Key words: berry syrup, creamy dessert bioproduct, biologically active agent, probiotic microorganisms

For citation: Konovalov S.A., Gavrilova N.B., Ivanova N.F., Chernopolskaya N.L., Rebezov M.B., Smolnikova F.H. Development of Technology for a Creamy Dessert Bioproduct for Healthy Nutrition with Functional Ingredients. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 150–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-150-156>

Разработка технологии сливочного десертного биопродукта здорового питания с функциональными ингредиентами

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье проведен подробный анализ научных исследований, связанных с разработкой технологии сливочного десертного биопродукта для здорового питания на основе молочного и растительного сырья.

Методы. В качестве источника биологически активных компонентов для обогащения сливочного биопродукта был научно обоснован и разработан биологически активный компонент в виде ягодных сиропов, которые являются ценным источником витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон, органических кислот, фенольных соединений и других веществ, способных оказывать оздоровительный эффект на организм человека.

Результаты. Доказано, что применение ягодных сиропов, полученных на основе дикорастущего растительного сырья Сибирского региона России в технологии десертного биопродукта, существенно улучшает его вкусоароматические свойства, химический состав, пищевую и биологическую ценность. Помимо ягодных сиропов, с целью обогащения сливочного десертного продукта функциональными пищевыми ингредиентами использовались бинарная закваска, содержащая пробиотические микроорганизмы в иммобилизованном виде, лактат железа, аскорбиновая кислота, сыворотка молочная сухая. Эти компоненты функционального питания играют важную роль в улучшении обмена веществ, нормализации состояния внутренней среды организма, повышении его сопротивляемости к вредным воздействиям окружающей среды. Описаны объекты исследований, основными из которых являются сливки, применены стандартные органолептические, физико-химические, микробиологические и биологические методы исследований с использованием современных приборов, применялись математико-статистические методы анализа экспериментальных данных. Представлено подробное описание технологии производства ягодных сиропов, приведены технологические параметры данных операций с целью максимального извлечения биологически активных веществ из растительного сырья. На заключительном этапе научных исследований представлена технология производства сливочного десертного биопродукта, обоснована целесообразность использования биологически активных компонентов при его производстве, приведены показатели качества, пищевой и биологической ценности, хранимоспособность и сроки годности нового биопродукта.

Ключевые слова: ягодный сироп, сливочный десертный биопродукт, биологически активный компонент, пробиотические микроорганизмы

Для цитирования: Коновалов С.А., Гаврилова Н.Б., Иванова Н.Ф., Чернопольская Н.Л., Ребезов М.Б., Смольникова Ф.Х. Разработка технологии сливочного десертного биопродукта здорового питания с функциональными ингредиентами. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 150–156 (In English). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-150-156>

Introduction/Введение

In the current context, both in Russia and in most European countries, in the presence of adverse factors, which increase the risk of human morbidity¹, considerable attention is paid to the creation and consumption of targeted products² that have the ability to stimulate the human immune system and are used to treat and prevent diseases [1–4].

A number of legislative documents and projects^{3, 4} aimed at improving the quality of life of the country's population, including by adjusting nutrition and expanding the production of healthy, functional⁵ and specialized products⁶, have been developed; development of technological independence of the food industry by increasing the competitiveness of domestic food products with the aim of import substitution and increasing the volume of its exports [5–8].

An advanced research direction as noted by both Russian and foreign scientists, is the development and production of dessert products for healthy nutrition based on dairy and vegetable raw materials [9–15].

National and foreign scientists, as well as manufacturers of dairy products, carry out dynamic scientific work related to the development of new technologies and recipes of dairy desserts, search for additional sources of non-traditional raw materials, nutrient additives, biologically active substances obtained as a result of enzymatic bioconversion of raw materials of vegetable and animal origin [16–20].

The main directions of research are related to the development of desserts, which not only contain all the nutrients necessary for the body, have a pleasant taste and texture, convenient and beautiful packaging, but also have a positive effect on human health [19–21].

According to the global trends, modern dairy desserts should have the following characteristics: increased nutritional and biological value; reduced energy value; anti-infective properties; immunomodulatory effect; radioprotective properties; hypoallergic properties; antioxidant properties; functional and technological properties [10, 12, 22].

In connection with the above, the goal of research has been determined is to develop biotechnology of a dessert product for healthy nutrition based on dairy raw materials and wild berries of the Siberian Region of Russia.

Materials and methods /

Материалы и методы исследования

In experimental studies, modern standard methods and instruments, that have been tested, are used (2022–2023, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk, Russia).

Prime subjects for scientific research: cream as raw materials, mass fraction of fat 10, acidity of not more than 6.60 pH, according to GOST 34355⁷; whey powder according to GOST 33958⁸; bacterial concentrate — ALTAJ

S-Bifi, according to TU 9229-003-43704355-2003⁹; bacterial starter culture *Lactobacillus bulgaricus* (BSC-LB), according to TU 9229-369-00419785-2004¹⁰; iron supplement ferrous lactate, according to the Sanitary Regulations and Norms 2.3.2.1293-03¹¹; cranberries according to GOST 33309¹²; blackberries according to GOST 33915¹³; blueberries according to GOST 34219¹⁴, as well as excipient feedstock and materials.

The experiments were repeated five times. The processing of experimental data was carried out by methods of mathematical and analytical analysis with the usage of the software product Statistica 6.1. (USA) The reliability of the results was determined with the usage of the Cochran's Test.

Results and discussion / Результаты и обсуждение

Wild-growing raw materials for the production of a biologically active agent were selected according to the following quality indicators: appearance, flavor, colour, aroma, degree of maturity, presence of impurities.

The studied chemical composition of wild berries, cranberries, blackberries and blueberries of the Omsk Region (RU), is presented in Table 1.

In response to the data presented in Table 1, it is obvious that the pulp of wild berries of the northern regions of the

Table 1. Chemical Composition of Wild Berries of the Omsk Region

Indicators	Name of berries		
	cranberry	blackberry	blueberry
Mass fraction of moisture, %	88.9	88.0	86.0
Mass fraction of carbohydrates, % including			
total sugar	5.3	4.4	7.6
sucrose	0.1	–	0.2
Pectin substances	0.7	0.5	0.4
polyols	0.5	–	–
fibre	2.0	4.0	1.6
Titrate acidity, %	3.1	2.0	1.2
Ascorbic acid, mg / 100 g	28.0	26.0	23.0
Biologically active flavonoids, mg / 100 g, including			
anthocyanins	740.0	–	1,420.0
catechins	140.0	230.0	170.0
leucoanthocyanins	–	–	1,198.0
Content of B vitamins in wild berries, mg / 100 g			
Thiamine (B ₁)	0.02	0.01	0.01
Riboflavin (B ₂)	0.02	0.05	0.02
Folacin (B ₉)	0.03	–	0.03
Niacin (B ₃)	0.15	–	0.30
The content of fat-soluble vitamins in wild berries mg / 100 g			
-carotene (provitamin A)	0.05	0.50	0.12
phyloquinone (K ₁)	0.90	0.50	0.40
tocopherol (E)	–	0.02	–
Macronutrient content, mg/kg			
potassium	119.00	208.00	51.00
sodium	13.80	21.00	33.60
calcium	14.20	–	20.80
magnesium	15.00	–	10.30
phosphorus	11.00	32.00	33.90
Ash, %	0.30	0.70	0.40

¹ Rebezov M.B., Guber N.B., Kasymov S.K. Fundamentals of legislation and standardization in the food industry. Almaty, 2015 (in Russian). ISBN: 978-601-248-672-8

² Zinina O.V., Kizatova M.Zh., Rebezov M.B., Tretyak L.N., Nabieva Zh.S. Innovative planning of scientific developments in the food industry. Almaty, 2016 (in Russian). ISBN: 978-601-263-357-3

³ Government of the Russian Federation. Order of June 29, 2016 No. 1364-r [on approval of the Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030].

⁴ URL: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/88318/>

⁵ Naumova N.L., Rebezov M.B., Varganova E.Ya. Functional products. supply and demand. Chelyabinsk, 2012 (in Russian). ISBN: 978-5-696-04229-9

⁶ Burtseva T.I., Rebezov M.B., Asenova B.K., Stadnikova S.V. Development of technologies for functional and specialized food products of animal origin. Almaty, 2015 (in Russian). ISBN: 978-601-248-658-2

⁷ GOST 34355-2017 Cream raw material. Technical conditions.

⁸ GOST 33958-2016 Dry whey. Technical conditions.

⁹ TU 9229-003-43704355-03 Lyophilized concentrates of lactic acid bacteria and bifidobacteria (BK-ALTAI-SBifi, BK-ALTAI-LSBifi).

¹⁰ TU 9229-369-00419785-04 Starters, bacterial concentrates, yeast and test cultures.

¹¹ URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293834/4293834154.htm?ysclid=ly8isfvhfc489359586>

¹² GOST 33309-2015 Fresh cranberries. Technical conditions.

¹³ GOST 33915-2016 Fresh raspberries and blackberries. Technical conditions.

¹⁴ GOST 34219-2017 Fresh blueberries and bilberries. Specifications.

Omsk Region is a source of sugars, fibre, biologically active flavonoids, vitamins and minerals, which makes it a valuable raw material in the production of dairy products for functional nutrition in the form of concentrated syrups [9].

The quality of wild berries syrups largely depends on the method of pressing wild berries, the temperature and duration of heating sugar or sorbitol syrup during its manufacture.

The berry raw material prepared for pressing was sent to the loading hopper and then to the conical rotating auger. As the berries moved along the axis of rotation of the auger, they were compressed and the liquid phase separated from the dense one.

Experimental data on the yield of juice and the resulting raw materials, depending on the mesh size (Table 2).

As a result, it was found that the most optimal mesh size when pressing blueberries is 2.5 mm, cranberries and blackberries — 2.0 mm. The selected mesh size allows you to juice out of the berries as much as possible and ensures the uninterrupted operations of the juicer.

After obtaining the juice, the septum from their production was concentrated to the mass fraction of moisture ($13.0 \pm 0.5\%$). For a more complete extraction of useful substances, the obtaining septum was poured with hot water of temperature of 95–100 °C and infused for 2 hours. The amount of water and septum in the infusions varied: 1:3, 1:5 and 1:8. To assess the quality of infusions from the septum of wild berries, the content of dry soluble substances and organoleptic characteristics were taken into account (Table 3).

At the same time, it is noted that infusions with dry solids content (4.0 ± 0.5) are characterized by the best organoleptic characteristics. However, in order to improve the taste and aroma properties and increase the biological value in the production of syrups from wild berries, it is desirable to use a berry infusion with a mass fraction of dry solids not more than 7.0%.

As can be seen from table 3, the hydromodule for obtaining an infusion with a dry solids content of ($4.5 \pm 0.2\%$) was 1:5 (septum:water). This dry solid content is acceptable for obtaining syrups with sufficiently high organoleptic and physicochemical characteristics. The percentage of dry solids in the syrup can be increased by using the previously obtained infusion from the septum and wild berry juice instead of water.

It is known that high sugar concentration guarantees product safety, so the preparation of syrups from wild plants can be done with sugar or with its substitute, sorbitol. The addition of sorbitol-dextrose syrup as a sweetening component into the composition for obtaining a biological product makes it possible to use it for nutrition of persons suffering from diabetes mellitus, that gives the product a preventive effect and improves its organoleptic characteristics.

After the preparation of sugar or sorbitol-dextrose syrup, they were mixed with berry juice and sent to a vacuum evaporator with a vacuum of 0.001 MPa and a solution circulation rate of 1.0–1.5 m/s, which makes it possible to obtain berry syrups with a high biological value and long shelf life. The dry solids content of wild berry syrups ranges from 73 to 74%.

After preparation, the berry syrups are cooled to the temperature of addition to the dessert product (38 ± 2) °C, or to the temperature (4 ± 2) °C, packed and sent to the refrigerating chamber for intermediate storage. The shelf life of the biologically active agent is 5 days at a temperature of (4 ± 2) °C.

In addition to a new type of biologically active agent, a source of vitamins, minerals, organic acids, nitrogenous and tannins, bioflavonoids, pectins and other substances with a pronounced pharmacological effect, a binary starter culture containing immobilized probiotic cultures ALTAI S-Bifi which is a concentrate of lactic acid bacteria (*Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*) and bifidus bacteria (*Bifidobacterium bifidum* or *Bifidobacterium longum*) was used.

Also, ferrous lactate, ascorbic acid (vitamin C) and a source of essential amino acids (whey powder) were included in the recipe of the new product to increase its biological value and healing effect (Table 4).

Organoleptic, physicochemical and physicochemical characteristics of the creamy dessert bioproduct are stated in the Tables 5 and 6.

The concept of biological value is more specific than the concept of nutritional value and reflects the quality of nutrients associated with their digestibility, and for proteins — with a degree of balanced amino acid

Table 2. Yield of Juice and Secondary Raw Materials, Depending on the Mesh Size

Mesh Size, mm	Blackberry		Cranberry		Blueberry	
	juice, %	septum, %	juice, %	septum, %	juice, %	septum, %
2.0	63.84	36.16	58.64	41.36	50.45	49.55
2.5	60.42	39.58	56.66	43.34	47.56	52.44
3.0	58.66	41.34	53.88	46.12	43.84	56.16

Table 3. Organoleptic Characteristics of Infusions from the Septum from Wild Berries

Proportion Septum:water	Mass fraction of dry solids, %	Infusion colour	Flavor and aroma
1:3	5.0–6.0	Intense, dark coloured	Pronounced flavor and aroma that are characteristic of a wild berry
1:5	3.7–4.5	Coloured enough	
1:8	3.1–3.3	Light, soft	Weak aroma, unexpressed flavor

Table 4. Cream Dessert Bioproduct Recipe

Name of raw materials	Raw materials consumption for the production of 1000 kg of creamy dessert bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Cream with mass fraction of fat 10%	749.65	749.65	749.65
Whey powder	30.00	30.00	30.00
Starter culture	50.00	50.00	50.00
Ferrous lactate	0.15	0.15	0.15
Ascorbic acid	0.20	0.20	0.20
Syrups from:			
cranberry	170.00	–	–
blackberry	–	170.00	–
blueberry	–	–	170.00
Yield	1000.00	1000.00	1000.00

Table 5. Organoleptic Characteristics of the Dairy Dessert

Characteristic	Type of bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Appearance and consistency	The surface of the product is smooth, glossy; the consistency is homogeneous, fine, non-fluid, sticky (jelly-like), the addition of filler is allowed.		
Flavor and aroma	Pure fermented milk, moderately sweet, with a flavor of added berries		
Colour	Delicate shade of pink, uniform throughout the mass	Pink, rich, uniform throughout the mass	Pink, rich, uniform throughout the mass

composition. The biological value of proteins in nutrients depends on the ratio of essential amino acids in them, that cannot be synthesized in the human body and must enter the human body from the outside, that is, only with food.

Protein quality indicators are associated with the assessment of the amino acid composition of the product. Table 7 shows the indicators of the amino acid composition of new bioproducts.

It should be noted that the biological value of products is characterized not only by the amino acid composition of proteins, but also by the value of the amino acid rate of essential amino acids.

The composition of essential amino acids and amino-acid score of new types of bioproducts are presented in Table 8.

Comparative analysis of the data reflected in Table 8 shows that the developed cream dessert bioproducts do not contain limiting amino acids, which indicates the biological value of the new products.

Table 6. Physicochemical and Physicochemical Characteristics of the Creamy Dessert Bioproduct

Characteristic	Type of bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Mass fraction of fat, %, not less than	7.58 ± 0.2	7.60 ± 0.2	7.61 ± 0.2
Mass fraction of protein, %	2.50 ± 0.2	2.56 ± 0.2	2.54 ± 0.2
Mass fraction of carbohydrates, %	13.04 ± 0.1	13.09 ± 0.1	13.31 ± 0.1
Dry solids content, %, not less than	24.77 ± 0.1	24.95 ± 0.1	25.13 ± 0.1
Ash, %	0.73 ± 0.3	0.76 ± 0.3	0.74 ± 0.3
Ascorbic acid (C)	22.5	22.5	21.84
Fe (iron)	4.13	4.16	4.14
Active acidity, pH	4.65–4.55 pH	4.65–4.77 pH	4.68–4.77 pH
Titrate acidity, °T	65–70	60–65	60–63
Temperature when leaving the factory, °C, not higher	6	6	6
Total number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms (MAFAM)	6.6·10 ⁸ –7.2·10 ⁸	7.0·10 ⁸ –7.8·10 ⁸	6.4·10 ⁸ –7.1·10 ⁸

Table 7. Amino Acid Composition of Cream Dessert Bioproducts, mg / 100 g of the Product

Amino Acid	Type of bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Essential:	1,199	1,224	1,206
valine	187	186	188
isoleucine	168	169	170
leucine	265	270	267
lysine	208	208	210
methionine	67	76	67
threonine	128	135	127
tryptophan	39	40	40
phenyl alanine	136	139	137
Partially non-essential:	181	185	178
arginine	107	110	103
histidine	74	75	75
Non-essential:	1,120	1,153	1,157
alanine	58	63	66
aspartic acid	133	124	132
glycine	47	45	44
glutamic acid	468	467	463
proline	216	244	243
serine	98	110	106
tyrosine	83	82	87
cysteine	17	18	16
Total number of amino acids	2,500	2,562.0	2,541.0

Vitamins and vitamin complexes are necessary for normal human activity. Many of such organic compounds are involved in metabolism, have antioxidant properties, and play an important role in the regulation of certain physiological processes.

Table 9 shows the content of vitamins

Table 10 shows the content of minerals in cream dessert bioproducts.

Minerals are also among the essential food factors. Minerals have no caloric content, but are necessary for various physiological processes in the human body.

By experimental way, we have determined the nutritional value and caloric content of creamy dessert bioproducts (Table 11).

As a result of the discussion of the analytical data obtained by the experimental way, the recipes and biotechnological parameters for production of creamy fermented dessert products for healthy nutrition have been developed.

Table 8. Amino-Acid Score of New Types of Bioproducts

Amino acids	FAO/WHO reference scale		Type of bioproduct					
			cranberry		blackberry		blueberry	
	C	A	C	A	C	A	C	A
Valine	50	100	74.8	149.6	72.6	145.2	73.9	147.8
Isoleucine	40	100	67.3	168.2	66.0	164.9	66.9	167.2
Lysine	55	100	83.3	151.5	81.1	147.4	82.8	150.5
Methionine + cysteine	35	100	36.2	103.4	38.9	111.1	35.3	100.8
Leucine	70	100	106.1	151.5	105.6	150.8	105.2	150.3
Tryptophan	10	100	15.7	157.0	15.8	158	15.6	156.0
Threonine	40	100	51.39	128.4	52.9	132.3	50.1	125.2
Phenyl alanine + tyrosine	60	100	111.9	186.5	114.0	190	111	185.0

Note: C — amino acid content in mg / 1 g of product protein; A — amino-acid score, % relative to the FAO/WHO reference scale.

Table 9. Content of Vitamins in Cream Dessert Bioproducts

Vitamins, mg / 100 g	Type of bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Vitamin B ₁ (thiamin)	0.03	0.03	0.03
Vitamin B ₂ (riboflavin)	0.12	0.12	0.12
Vitamin B ₅ (pantothenic acid)	0.013	0.025	0.015
Vitamin B ₆ (pyridoxine)	0.009	0.005	0.009
Vitamin C (ascorbic acid)	22.5	22.5	21.84
Vitamin PP (niacin)	0.27	0.28	0.23
Tocopherol equivalent (vitamin E equivalent)	0.30	0.31	0.32
b-carotene (provitamin A)	0.09	0.03	0.03

Table 10. Content of Minerals in Cream Dessert Bioproducts

Minerals, mg / 100 g	Type of bioproduct		
	cranberry	blackberry	blueberry
Na (sodium)	55.6	57.1	56.1
K (potassium)	147.0	153.2	142.2
Ca (calcium)	102.9	104.1	103.1
Mg (magnesium)	13.5	14.5	12.9
P (phosphorus)	102.4	103.9	102.6
Fe (iron)	4.1	4.1	4.1

Table 11. Caloric Content of Cream Dessert Bioproducts

Type of bioproduct	Mass fraction, %				Caloric content, kcal
	fats	proteins	carbohydrates	ash	
Cranberry	7.58 ± 0.2	2.50 ± 0.2	13.04 ± 0.1	0.73 ± 0.3	127.03
Blackberry	7.60 ± 0.2	2.56 ± 0.2	13.09 ± 0.1	0.76 ± 0.3	127.63
Blueberry	7.61 ± 0.2	2.54 ± 0.2	13.31 ± 0.1	0.74 ± 0.3	128.47

Milk intended for the production of a product is cleaned from mechanical impurities, heated to a temperature of $(43 \pm 2)^\circ\text{C}$ and separated to obtain cream with a mass fraction of fat 10%, into which whey powder is added with stirring until the dry solids content in the standardized mixture is not less than 16.4% and mass fraction of fat 7.6%. Then the obtaining normalized mixture is stirred for 10–15 minutes and heated to a temperature of $(6-70)^\circ\text{C}$, homogenized at a pressure of (18 ± 2) MPa for 3–5 seconds, pasteurized at a temperature of $(90 \pm 3)^\circ\text{C}$ with holding for 50–60 seconds. The pasteurized cream mixture is cooled to the fermentation temperature $(39 \pm 1)^\circ\text{C}$.

A starter culture containing bifidobacteria, lactic acid streptococci and lactic acid bacteria in an amount of 5% of the weight of the fermented normalized mixture is added into the cooled normalized mixture. The mixture with the starter culture is stirred for 10–15 minutes and left for 3.5–4.0 hours until the titratable acidity increases within 4.65–4.77 pH.

Then, pre-prepared and cooled to a temperature of $38-40^\circ\text{C}$ berry syrup and pre-prepared solutions of ferrous lactate and ascorbic acid are added into the normalized mixture fermented at a temperature of $38-40^\circ\text{C}$.

The final product is packed at a temperature of $38-40^\circ\text{C}$ into polystyrene cups weighing 125 g. The packaged product is sent to the refrigerating chamber for additional

cooling to a temperature of $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ and thermostating for 2.0–3.0 h, while the formation of the product structure is in progress.

The creamy dessert bioproduct is recommended both as standard foods and for people suffering from diabetes mellitus and atherosclerosis. The possibility of consume this product by people suffering from diabetes mellitus is achieved mainly due to the use of a sugar substitute, sorbitol, and the usage of cream with mass fraction of fat 10% provides the human body with a sufficient amount of lecithin, which is involved in the normalization of cholesterol balance.

The new bioproducts are completely balanced in their chemical composition, have high nutritional value, probiotic properties, preventive effect, organoleptic characteristics and reduced cost price.

Conclusions/Выводы

The above analytical and experimental results indicate that the goal set in the scientific and experimental work has been achieved: a biologically active agent based on wild berry raw materials of the Siberian Region of Russia in the form of berry syrups has been developed; recipe and biotechnological parameters for production of a new type of creamy dessert bioproduct enriched functional ingredients, thanks to which it can be classified as a healthy food product, have been developed.

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.

REFERENCES

- Dmitrichenko M.I., Alieva A.K. The state and prospects of growth in the production of functional food products. *Proceedings of the XV Eurasian Scientific Forum*. St. Petersburg: University under the IPA EurAsEC. 2024; 66–72 (in Russian). <https://elibrary.ru/owwvkc>
- Glebova E.V. Changes in food legislation. *Ural scientific readings. Collection of articles from the National (All-Russian) scientific and practical conference with international participation*. Ufa: Omega Science. 2024; 14–17 (in Russian). <https://elibrary.ru/mmbib>
- Kondratyuk N.V., Bolshakova V.L., Padalka A.M. Development of technologies for a low-calorie dessert with probiotic microorganisms. *World science. International Scientific and Practical Conference*. 2016; (10–1): 17–19. <https://www.elibrary.ru/uludaq>
- Rybalka A.A., Alekseev A.L. Plant ingredients in functional food products. Development of a cheese dessert recipe with the addition of sea buckthorn berries. *Akademicheskaya publitsistika*. 2021; (11–2): 33–37 (in Russian). <https://elibrary.ru/laqout>
- Evdokimova O., Evdokimov N., Goncharova I., Butenko I., Pyanikova E., Kovaleva A. Actual problems of production of functional and specialized food products in the food industry. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602005>
- Orlova E. et al. New conditions for the formation of national food security. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602008>
- Uchkampirova A.B., Tleuzhanova M.A., Amrenova G.K. Dairy-product complex: features of functioning. *Problems of AgriMarket*. 2024; (1): 125–135. <https://doi.org/10.46666/2024-1.2708-9991.11>
- Khryseva A.A., Ezangina I.A., Boriskina T.B., Akimova O.E., Evstratov A.V. Global food security: developing effective approaches to sustainable development. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602006>
- Konovalev S.A., Gavrilova N.B., Polyansky K.K., Shchetinin M.P., Chernopolskaya N.L. Modern biotechnology to produce dairy dessert with functional ingredients. *Proceeding of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2024; 86(1): 70–83 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ekkkqa>
- Suchkova E.P., Ponomareva O.I., Kopylova T.A. Rational use of milk whey in the production of functional food products. *Innovative development of the agro-industrial, chemical, forestry complexes and rational nature management: Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Veliky Novgorod: Yaroslav-the-Wise Novgorod State University. 2022; 138–146 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tvnlzn>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Дмитриченко М.И., Алиева А.К. Состояние и перспективы роста производства функциональных продуктов питания. *Труды XV Евразийского научного форума*. СПб.: Университет при Межпарламентской ассамблее ЕвразЭС. 2024; 66–72. <https://elibrary.ru/owwvkc>
- Глебова Е.В. Изменения пищевого законодательства. *Уральские научные чтения. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием*. Уфа: Омега Сайнс. 2024; 14–17. <https://elibrary.ru/mmbib>
- Кондратуик Н.В., Болшакова В.Л., Падалька А.М. Развитие технологий для низкокалорийного десерта с пробиотическими микроорганизмами. *World science. International Scientific and Practical Conference*. 2016; (10–1): 17–19. <https://www.elibrary.ru/uludaq>
- Рыбалка А.А., Алексеев А.Л. Растительные ингредиенты в функциональных продуктах питания. Разработка рецептуры творожного десерта с добавлением ягод облепихи. *Академическая публицистика*. 2021; (11–2): 33–37. <https://elibrary.ru/laqout>
- Евдокимова О., Евдокимов Н., Гончарова И., Бутенко И., Пьяникова Е., Ковалева А. Актуальные проблемы производства функциональных и специализированных продуктов питания в пищевой промышленности. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602005>
- Орлова Е. и др. Новые условия для формирования национальной продовольственной безопасности. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602008>
- Учкампирова А.Б., Тлеужанова М.А., Амренова Г.К. Молочно-продуктовый комплекс: особенности функционирования. *Проблемы агрорынка*. 2024; (1): 125–135 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.46666/2024-1.2708-9991.11>
- Хрышева А.А., Езангина И.А., Борискина Т.В., Акимова О.Е., Евстратов А.В. Глобальная продовольственная безопасность: эффективные подходы к устойчивому развитию. *E3S Web of Conferences*. 2024; 486: 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602006>
- Коновалов С.А., Гаврилова Н.Б., Полянский К.К., Щетинин М.П., Чернопольская Н.Л. Современная биотехнология производства молочного десерта с функциональными ингредиентами. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2024; 86(1): 70–83. <https://www.elibrary.ru/ekkkqa>
- Сучкова Е.П., Пономарева О.И., Копылова Т.А. Рациональное использование молочной сыворотки в производстве функциональных продуктов питания. *Инновационное развитие агропромышленного, химического, лесного комплексов и рациональное природопользование. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции*. Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого. 2022; 138–146. <https://www.elibrary.ru/tvnlzn>

11. Hramova V.N., Bozhkova S.E., Zhuravleva M.P., Pilipenko D.N. Milk jelly for prophylactic nutrition. *Agrarian-and-food innovations*. 2019; (3): 63–69 (in Russian). <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-7-63-69>
12. Berner L.A., Keast D.R., Bailey R.L., Dwyer J.T. Fortified Foods Are Major Contributors to Nutrient Intakes in Diets of US Children and Adolescents. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2014; 114(7): 1009–1022. <http://doi.org/10.1016/j.jand.2013.10.012>
13. Mironova I.V., Galieva Z.A., Kononov S.A., Bychkova T.S., Baydan D.V., Rozhkov K.A. Enrichment of milk ice cream with bee products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 613: 012082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012082>
14. Suychinov A. et al. Vitamins and their role in human body. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(3): 1246–1248. <https://www.elibrary.ru/ucnwec>
15. Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Zorina O.A., Koltsov V.A., Rybin G.V., Skomorokhova A.I. Vacuum technologies for the production of powders and extracts from vegetables, fruit and berries for functional food. *Science in the Central Russia*. 2023; (1): 55–65 (in Russian). <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-55-65>
16. Sarbatova N.Yu. Trends in functional dairy desserts. *Modern vectors of science development. A collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers based on the results of research in 2023*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2024; 391–393 (in Russian). <https://elibrary.ru/oaavww>
17. Gavrilova N. et al. Specialized Sports Nutrition Foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(2): 998–1003. <https://doi.org/10.31838/IJPR/2020.12.02.0152>
18. Strizhenko A.V., Pospelov Yu.A., Pospelova V.S. Use of innovative technologies in the production of functional desserts milk based. *Current issues in the development of civilization in conditions of geopolitical instability. Proceedings of the International scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers, graduate students, undergraduates and students*. Krasnodar: Krasnodar Cooperative Institute (branch) of the Russian University of Cooperation. 2024; 495–500 (in Russian). <https://elibrary.ru/ovfxbv>
19. Bowen-Forbes C.S., Zhang Y., Nair M.G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010; 23(6): 554–560. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.012>
20. Colombo F., Restani P., Biella S., Di Lorenzo C. Botanicals in Functional Foods and Food Supplements: Tradition, Efficacy and Regulatory Aspects. *Applied Sciences*. 2020; 10(7): 2387. <https://doi.org/10.3390/app10072387>
21. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., Faria J.A.F. Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010; 9(3): 292–302. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x>
22. Vinnitskaya V.F., Popova E.I., Bryksina K.V. New range of food products for healthy, functional and therapeutic and prophylactic nutrition from fruits and berries of the Central Region. Trunov Yu.V. (ed.). *Innovative projects of the Michurinsk State Agrarian University. Catalog of innovative projects*. Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University. 2021; 99–100 (in Russian). <https://elibrary.ru/xroovg>
11. Храмова В.Н., Божкова С.Е., Журавлева М.П., Пилипенко Д.Н. Молочное желе для профилактического питания. *Аграрно-пищевые инновации*. 2019; (3): 63–69. <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-7-63-69>
12. Berner L.A., Keast D.R., Bailey R.L., Dwyer J.T. Fortified Foods Are Major Contributors to Nutrient Intakes in Diets of US Children and Adolescents. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2014; 114(7): 1009–1022. <http://doi.org/10.1016/j.jand.2013.10.012>
13. Mironova I.V., Galieva Z.A., Kononov S.A., Bychkova T.S., Baydan D.V., Rozhkov K.A. Enrichment of milk ice cream with bee products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 613: 012082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/613/1/012082>
14. Suychinov A. et al. Vitamins and their role in human body. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(3): 1246–1248. <https://www.elibrary.ru/ucnwec>
15. Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорина О.А., Кольцов В.А., Рыбин Г.В., Скоморохова А.И. Вакуумные технологии производства порошков и экстрактов из овощей, плодов и ягод для функциональных продуктов питания. *Наука в Центральной России*. 2023; (1): 55–65. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-1-55-65>
16. Сарбатова Н.Ю. Тенденции функциональных молочных десертов. *Современные векторы развития науки. Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. 2024; 391–393. <https://elibrary.ru/oaavww>
17. Gavrilova N. et al. Specialized Sports Nutrition Foods: Review. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020; 12(2): 998–1003. <https://doi.org/10.31838/IJPR/2020.12.02.0152>
18. Стриженко А.В., Пospelov Ю.А., Пospelova В.С. Использование инновационных технологий в производстве функциональных десертов на молочной основе. *Актуальные вопросы развития цивилизации в условиях геополитической нестабильности. Материалы Международной научно-практической конференции научно-педагогических работников, аспирантов, магистрантов и студентов*. Краснодар: Краснодарский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации. 2024; 495–500. <https://elibrary.ru/ovfxbv>
19. Bowen-Forbes C.S., Zhang Y., Nair M.G. Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010; 23(6): 554–560. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.012>
20. Colombo F., Restani P., Biella S., Di Lorenzo C. Botanicals in Functional Foods and Food Supplements: Tradition, Efficacy and Regulatory Aspects. *Applied Sciences*. 2020; 10(7): 2387. <https://doi.org/10.3390/app10072387>
21. Granato D., Branco G.F., Nazzaro F., Cruz A.G., Faria J.A.F. Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2010; 9(3): 292–302. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x>
22. Винницкая В.Ф., Попова Е.И., Брыксина К.В. Новый ассортимент пищевых продуктов для здорового, функционального и лечебно-профилактического питания из фруктов и ягод ЦЧР. Трунов Ю.В. (ред.). *Инновационные проекты Мичуринского государственного аграрного университета. Каталог инновационных проектов*. Мичуринск: Издательство Мичуринского ГАУ. 2021; 99–100. <https://elibrary.ru/xroovg>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Александрович Коновалов¹

кандидат технических наук, доцент
sa.kononov@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0003-3537-8081>

Наталья Борисовна Гаврилова¹

доктор технических наук, профессор
gavrilov49@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8544-4214>

Наталья Фёдоровна Иванова¹

аспирант
nf.ivanova19.06.01@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0001-7456-4122>

Наталья Леонидовна Чернопольская¹

доктор технических наук, доцент
nl.chernopolskaya@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0003-1359-9190>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Alexandrovich Kononov¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
sa.kononov@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0003-3537-8081>

Natalia Borisovna Gavrilova¹

Doctor of Technical Sciences, Professor
gavrilov49@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8544-4214>

Natalia Fedorovna Ivanova¹

Graduate Student
nf.ivanova19.06.01@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0001-7456-4122>

Natalia Leonidovna Chernopolskaya¹

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
nl.chernopolskaya@omgau.org
<https://orcid.org/0000-0003-1359-9190>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher²;
Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Фарида Харисовна Смольникова⁴

кандидат технических наук, ассоциированный профессор
smolnikovafarida@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>

¹Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Институтская площадь, 1, Омск, 644008, Россия

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

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

⁴Университет им. Шакарима, ул. им. Глинки, 20А, Семей, 071412, Казахстан

Farida Harisovna Smolnikova⁴

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
smolnikovafarida@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>

¹Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 1 Institutskaya Square, Omsk, 644008, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

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

⁴Shakarim University, 20A Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan



Достойное вознаграждение за привлеченную рекламу от ИД «Аграрная наука»

Вы



- общительны и активны
- владеете связями в сфере АПК
- есть время и желание
- хотите заработать

Мы гарантируем

- интересную работу по привлечению рекламы в проекты ИД
- свободный, удобный график
- официальное оформление
- щедрый % за принесенную вами рекламу

Звоните +7 (916) 616-05-31

Реклама

УДК 664.7:633.11

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-157-163

С.К. Темирбекова¹ ✉М.Ш. Бегаулов²И.Д. Байда²С.В. Зверев³О.В. Политуха⁴

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Большие Вязёмы, Московская обл., Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

³АО «Группа компаний «Мелком», Тверь, Россия

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки — филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

✉ mbegeulow@yandex.ru

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Одобрена после рецензирования: 01.10.2024

Принята к публикации: 18.10.2024

© Темирбекова С.К., Бегаулов М.Ш., Байда И.Д., Зверев С.В., Политуха О.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-157-163

Suluhan K. Temirbekova¹ ✉Marat Sh. Begeulov²Ivan D. Baida²Sergey V. Zverev³Olga V. Politukha⁴

¹All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Moscow Region, Russia

²Russian State Agrarian University — Timiryazev Agricultural Academy

³JSC «"Melcom" Group of Companies», Tver, Russia

⁴All-Russian scientific and Research Institute of Grain and Products of its processing — branch of V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems for food system, Moscow, Russia

✉ mbegeulow@yandex.ru

Received by the editorial office: 07.05.2024

Accepted in revised: 01.10.2024

Accepted for publication: 18.10.2024

© Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Baida I.D., Zverev S.V., Politukha O.V.

Технологические свойства зерна новых сортов древних видов пшеницы

РЕЗЮМЕ

Пшеница спельта является древним видом, почти исчезнувшим из культуры. Более высокая зерновая продуктивность тургидной пшеницы по сравнению с другими видами и близость по характеристикам зерна к твердым пшеницам привлекают внимание селекционеров.

Интерес к полбе, спельте и тургидной пшенице возрастает как к экологически чистым культурам, превосходящим пшеницу по содержанию белка, клетчатки, витаминов группы В и минеральных веществ. В настоящее время в странах Западной Европы и США усилился интерес к пленчатым пшеницам — полбе и спельте. Появились сведения, что использование их в пищу снижает риск сердечно-сосудистых и некоторых онкологических заболеваний, что объясняют большим содержанием в ней клетчатки, чем в муке других видов пшеницы. Определены технологические характеристики зерна сортов полбы Руно, Гремме, Гремме 2У, сорта спельты Алькоран и перспективного сортообразца Знамение, сортообразца твердой пшеницы Победа 70 и сорта тургидной пшеницы Каныш. Проведенными исследованиями подтверждена возможность использования полбяной муки, выработанной из зерна полбы голозерной сорта Гремме, для производства хлебобулочных изделий повышенной биологической, пищевой ценности и с высокой органолептической оценкой. Определена возможность использования зерна новых сортов древних видов пшеницы в производстве целой и дробленой крупы, получаемой методом абразивного шлифования.

Ключевые слова: пшеница полба, пшеница спельта, тургидная пшеница, новые сорта, хлеб, крупа

Для цитирования: Темирбекова С.К., Бегаулов М.Ш., Байда И.Д., Зверев С.В., Политуха О.В. Технологические свойства зерна новых сортов древних видов пшеницы. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 157–163.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-157-163>

Technological properties of grain of new varieties of ancient wheat species

ABSTRACT

Spelt wheat is an ancient species that has almost disappeared from the culture. The higher grain productivity of turgid wheat compared to other species and the similarity in grain characteristics to durum wheat attracts the attention of breeders.

Interest in spelt, spelt and turgid wheat is growing as environmentally friendly crops that are superior to wheat in protein, fiber, B vitamins and minerals. Currently, interest in filmy wheat — spelt and spelt — has increased in Western Europe and the United States. There is information that using them in food reduces the risk of cardiovascular diseases and some cancers, which is explained by the higher fiber content in it than in the flour of other types of wheat. The technological characteristics of grain of spelled varieties Runo, Gremme, Gremme 2U, spelled variety Alkoran and promising variety sample Znamenie, durum wheat variety sample Pobeda 70 and turgid wheat variety Kanysh were determined. The conducted research confirmed the possibility of using spelled flour, produced from spelled grain of the Gremme variety, for the production of bakery products of increased biological and nutritional value and with a high organoleptic assessment. The possibility of using grain of new varieties of ancient wheat species in the production of whole and crushed cereals obtained by abrasive grinding has been determined.

Key words: spelled wheat, turgid wheat, new varieties, bread, groats

For citation: Temirbekova S.K., Begeulov M.Sh., Baida I.D., Zverev S.V., Politukha O.V. Technological properties of grain of new varieties of ancient wheat species. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 157–163 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-157-163>

Введение/Introduction

Пшеница спельта (*T. spelta* L.) является древним видом, почти исчезнувшим из культуры, ныне возделывается в ограниченном количестве в Астории (Испания), Баварии (ФРГ), Австрии, Швейцарии и Бельгии. Промесь единичных растений спельты на полях мягкой пшеницы наблюдается в Закавказье и Средней Азии [1].

Экологически спельта приурочена к горным районам с достаточным увлажнением. Колосья грубые, жесткие, более или менее длинные, рыхлые (14–22 колоска на 10 см колосового стержня). Зерна средней стекловидности.

Тип развития спельты — озимый и яровой. Обладает рядом полезных признаков: неприхотливостью, способностью мериться с бедными горными почвами, сравнительной зимостойкостью в ареале, устойчивостью к избыточному увлажнению, высоким содержанием белка в зерне, способностью давать долго не черствеющий хлеб, пригодностью муки из спельты для изготовления кондитерских изделий.

Как древний вид пшеницы, богата макро- и микроэлементами, содержанием незаменимых аминокислот. К отрицательным признакам относятся трудная вымолачиваемость зерна, ломкость колосового стержня, низкая семенная продуктивность, относительно длинный вегетационный период, слабая засухоустойчивость [2].

Полба — одна из самых древних зерновых колосовых культур, связанных с шумерской, вавилонской, древнеиудейской и древнегреческой цивилизациями, к которой в настоящее время усилился интерес в странах Западной Европы и США. Появились сведения, что использование полбы и спельты в пищу снижает риск сердечно-сосудистых и некоторых онкологических заболеваний, что объясняют большим содержанием в ней клетчатки, чем в муке других видов пшеницы. Однако в современном сельскохозяйственном производстве полбу вытеснила более урожайная мягкая пшеница (продукт селекции полбы), заметно уступающая ей в пищевой ценности [3, 4].

В последнее время на волне озабоченности здоровым питанием вновь проявился интерес к пшенице тургидной, полбе и спельте [3–9]. Кулинарное применение полбы аналогично пшеничным крупам Полтавская, Артек.

Ранее изученные авторами на пригодность использования в пищевой промышленности сорта пшеницы полбы (Руно, Гремме и Гремме 2 У) и спельты (Алькоран, Знамение), тургидной пшеницы (Каныш) уже включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию¹.

Цель исследования — оценка мукомольных, хлебопекарных и крупяных свойств зерна новых сортов пшеницы разных видов для производства продуктов питания.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследования были проведены в 2017–2022 гг. в условиях лаборатории селекции Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии, кафедры технологии хранения и переработки

плодоовощной и растениеводческой продукции Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К.А. Тимирязева, в лаборатории технологии и техники крупяного производства Всероссийского научно-исследовательского института зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ) — филиала ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН».

Объекты исследований: зерно пшеницы спельты озимой *Triticum spelta* L. сорта Алькоран и перспективного сортообразца Знамение; зерно яровой пшеницы двузернянки полбы голозерной, эммер *Triticum dicoccum* Schuebl, сортов Гремме (Татарстан) и Гремме 2У (ФГБНУ ВНИИФ) и сорта Руно полбы пленчатой (Краснодарский НИИСХ); зерно нового сорта тургидной озимой пшеницы (*Triticum turgidum* L.) сорта Каныш и зерно твердой озимой пшеницы (*Triticum durum* L.) перспективного сортообразца Победа 70.

Зерно изученных сортов выращивалось в Центральном федеральном округе в почвенно-климатических условиях Одинцовского района Московской области. Агротехника возделывания — общепринятая для Центрального района Нечерноземной зоны (ЦРНЗ).

В Российской Федерации отсутствуют сорта спельты, кроме сорта Алькоран. Включен в Госреестр для всех зон возделывания культуры. Перспективный сортообразец пшеницы спельты Знамение получен в результате многолетнего отбора из сорта Алькоран. Сорт полбы Гремме включен в Госреестр по Средневолжскому региону (7), рекомендован для возделывания в Республике Татарстан, сорт голозерный. Сорт полбы голозерной Гремме 2 У включен в Госреестр для всех зон возделывания культуры. Сорт полбы Руно включен в Госреестр по Северо-Кавказскому региону (6), рекомендован для возделывания в Северной и Центральной зонах Краснодарского края. Может использоваться для производства диетических, экологически чистых продуктов для детского и геронтологического питания, для производства высокопротеиновых кормов. Новый сорт пшеницы тургидной яровой тетраплоидной Каныш в 2022 году включен в Госреестр для выращивания во всех регионах страны. Сорт отличается высоким содержанием белка и клейковины, высокой стекловидностью.

В качестве объекта исследования технологических свойств использовались зерно сортов полбы (Руно, Гремме, Гремме 2 У) и спельты (Алькоран, Знамение), тургидной пшеницы сорта Каныш, зарегистрированных в Госреестре, зерно перспективного сортообразца твердой пшеницы Победа 70.

Физико-химические показатели зерна определяли по действующим стандартам на методы анализа: натуру зерна — по ГОСТ 10840-2017², общую стекловидность — по ГОСТ 10987-76³, количество и качество сырой клейковины — по ГОСТ Р 54478-2011⁴ и ГОСТ 27839-2013⁵, влажность зерна — по ГОСТ 13586.5-2015⁶, число падения — по ГОСТ ISO 3093-2016⁷, реологические свойства теста — по ГОСТ ISO 5530-1-2013⁸.

Шелушение зерна проводили на универсальном шелушителе зерна УШЗ-1 (ООО «ОЛИС», Россия), шлифование — на лабораторном голлендоре Sataky

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2023; 1: 631.

² ГОСТ 10840-2017 Зерно. Метод определения натуре.

³ ГОСТ 10987-76 Зерно. Методы определения стекловидности.

⁴ ГОСТ Р 54478-2011 Зерно. Метод определения количества и качества клейковины в пшенице.

⁵ ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Метод определения количества и качества клейковины.

⁶ ГОСТ 13586.5-2015 Зерно. Метод определения влажности.

⁷ ГОСТ ISO 3093-2016 Зерно и продукты его переработки. Определение числа падения методом Хагберга — Пертена.

⁸ ГОСТ ISO 5530-1-2013 Физические характеристики теста. Ч. 1 Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа.

(Япония) с абразивным кругом зернистостью 63. Время шлифования варьировало от 45 до 75 с.

Получение целой и номерной дробленой крупы из сортов разных видов пшеницы проводилось в лабораторных условиях по технологической схеме (рис. 1). Пленчатые сорта подвергались предварительному обрушению.

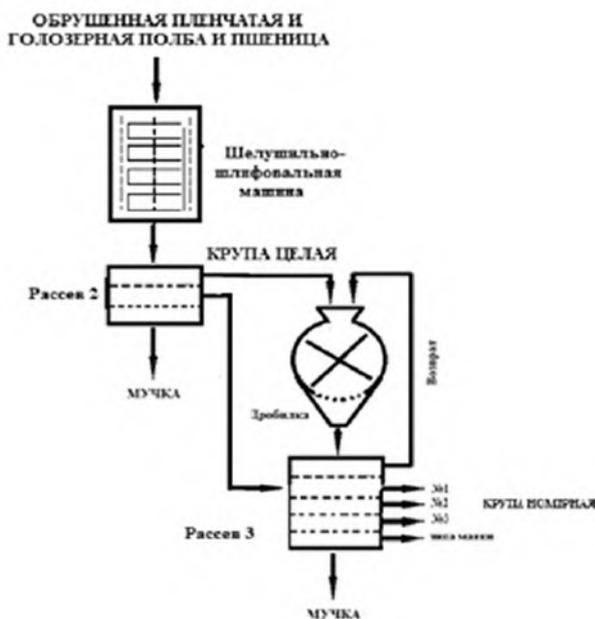
Размол зерна в муку проводился на вальцовой мельнице «Мельник 100 Люкс» (ООО «Мельник», Россия), которая имеет производительность 100 кг/ч и перерабатывает зерно пшеницы в муку высшего, первого и второго сортов.

Режимы измельчения соответствовали Правилам организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах для сортовых помолов пшеницы по сокращенной технологической схеме⁹. Помол зерна полбы проводился за два пропусков через мельницу. В результате измельчения исходного зерна полбы выделены проходом через сита виброцентробежных рассевов два образца полбяной муки — № 1 и 2, во второй раз измельчался сходовой продукт со второго мучного сита № 38 (по ГОСТ 4403-91¹⁰), получены еще два образца муки — № 3 и 4. Таким образом, были получены четыре образца муки с разным содержанием в измельченном продукте эндосперма, алейронового слоя и отрубнистых частиц.

Пробная лабораторная выпечка и оценка органолептических свойств готовых изделий проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, разработанной Всероссийским центром по оценке качества сортов

Рис. 1. Схема переработки полбы в целую и номерную дробленую крупу (ВНИИ зерна и продуктов его переработки — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН»)

Fig. 1. The scheme of processing spelt into whole and numbered crushed cereals (Research Institute of Grain and products of its processing — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов of the Russian Academy of Sciences")



сельскохозяйственных культур (ВЦОКС)¹¹. Влажность хлебного мякиша определяли по ГОСТ 21094-2022¹², кислотность — по ГОСТ 5670-96¹³.

Результаты опытов были обработаны статистическим методом дисперсионного анализа с использованием программного продукта STRAZ (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия).

Результаты обсуждения / Results and discussion

Использование древних видов пшеницы может способствовать расширению ассортимента крупяных продуктов повышенной пищевой ценности [10–16]. Перспективность использования зерна спелты, полбы и тургидной пшеницы в крупяном производстве подтверждается результатами предварительно проведенной оценки некоторых физико-технологических показателей.

На первом этапе исследований было проведено шлифование зерна с целью удаления оболочек и придания ядру зерна соответствующего внешнего вида. Результаты шлифования зерна приведены в таблице 1.

Очевидно, что с ростом времени шлифования по мере удаления поверхностного слоя выход мучки будет

Таблица 1. Режимы и результаты шлифования зерна
Table 1. Modes and results of grain grinding

Сорт (перспективный сортообразец)	Время шлифования, с	Продукты шлифования, %						
		крупа			побочные			
		Целая	Дробленая	Всего	Мука	Отруби	Дробленая крупа	Всего
Пшеница полба яровая								
Сорт Гремме	60	78,87	5,01	83,88	15,13	0,36	0,63	16,12
	60 среднее	79,26	5,03	84,29	14,84	0,27	0,60	15,71
Сорт Гремме 2У	60	79,06	5,02	84,08	14,98	0,31	0,61	15,92
	60 среднее	83,05	2,75	85,80	13,50	0,26	0,44	14,20
Сорт Руно	60	83,11	2,61	85,72	13,59	0,30	0,39	14,28
	60 среднее	83,08	2,68	85,76	13,55	0,23	0,41	14,24
Сорт Руно	45	68,93	14,14	83,07	15,34	0,17	1,42	16,93
	60	64,31	16,00	80,31	17,88	0,24	1,57	19,69
Сорт Руно	60	64,75	15,07	79,92	18,26	0,23	1,69	20,18
	60 среднее	64,44	15,38	79,82	18,40	0,21	1,57	20,18
Сорт Руно	60	64,44	15,38	79,82	18,40	0,21	1,57	20,18
	75	59,84	15,51	73,35	22,41	0,24	2,00	14,65
Пшеница спелта озимая								
Сорт Алькоран	60	57,96	17,44	75,40	20,72	0,21	3,67	24,60
	60 среднее	58,15	17,73	75,88	20,45	0,25	3,42	24,12
Сортообразец Знамя	45	58,05	17,59	75,64	20,59	0,23	3,54	24,36
	60	63,96	15,83	79,79	19,76	0	0,45	20,21
Сортообразец Знамя	60	56,25	18,47	74,72	21,13	0	4,05	25,28
	75	53,82	15,43	69,25	25,46	0	5,29	30,75
Пшеница твердая озимая								
Сортообразец Победа 70	60	66,79	15,82	82,61	15,53	0,40	1,46	17,39
	60 среднее	67,30	15,23	82,53	15,72	0,28	1,47	17,47
Сортообразец Победа 70	60	67,30	15,23	82,53	15,72	0,28	1,47	17,47
	60 среднее	67,5	15,52	82,57	15,63	0,34	1,46	17,43
Пшеница тургидная яровая								
Сорт Каньш	60	63,95	18,40	82,35	16,04	0,37	1,24	17,65
	НСР ₀₅	4,15	0,75	4,29				

⁹ Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. Ч. 1. М.: ВНПО «Зернопродукт». 1991; 21.

¹⁰ ГОСТ 4403-91 Ткани для сит из шелковых и синтетических нитей. Общие технические условия.

¹¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Калинин: Калининская областная типография управления издательств, полиграфии и книжной торговли Калининского облисполкома. 1989; 194.

¹² ГОСТ 21094-2022 Хлебобулочные изделия. Методы определения влажности.

¹³ ГОСТ 5670-96 Хлебобулочные изделия. Метод определения кислотности.

увеличиваться, соответственно, будет снижаться выход крупы. На рисунке 2 дана подобная зависимость.

Из рисунке 2 видно, что при равном времени шлифования выход муки у зерна сорта Знамение выше, чем у сорта Руно. Это свидетельствует о его меньшей абразивной износостойкости. Отметим, что и стекловидность его меньше. Зависимость выхода муки и отрубей от стекловидности зерна при времени шлифования 60 с представлена на рисунке 3. Следует, что абразивная износостойкость зерна тесно связана с его стекловидностью.

Если в качестве показателя качества процесса шлифования принять выход целой крупы, то явное преимущество имеют сорта полбы Греммэ 2 У и Греммэ, показатели которых сопоставимы с показателем для тургидной пшеницы сорта Каныш.

В таблице 2 приведены результаты дробления целой крупы после шлифования при получении номерной дробленой крупы.

За показатель качества процесса получения номерной дробленой крупы можно принять ее общий выход. Из таблицы 3 видно, что и в этом случае преимущество имеют сорта Греммэ 2 У и Греммэ. Несколько уступают им сорта Руно, в аутсайдерах — Знамение и Алькоран. Общий выход дробленой крупы коррелирует со стекловидностью зерна (рис. 4) [16].

Из ряда изученных новых сортов полбы, спельты и тургидной пшеницы, традиционно преимущественно используемых в пищевой промышленности для производства круп, выделен сорт полбы Греммэ, который, по данным анализа физико-химических свойств зерна, может представлять ценность и для хлебопекарной промышленности.

Исследованиями установлено, что зерно полбы сорта Греммэ, выращенное в 2017 году в условиях Одинцовского района Московской области, имело высокую натуру (795 г/л), масса 1000 зерен была на уровне 35,6 г, общая стекловидность достигала 70%. Показатель числа падения, составивший 416 с, свидетельствует о низкой активности альфа-амилазы в зерне.

Таблица 2. Результаты дробления целой крупы после шлифования при получении номерной дробленой крупы

Table 2. The results of crushing whole grains after grinding when obtaining numbered crushed cereals

Сорт (перспективный Сортообразец)	Влажность, %	Мука, %	Выход дробленой крупы, %				Всего
			№ 1	№ 2	№ 3	типа манки	
Пшеница полба яровая							
Греммэ 2 У	12,1	11,23	27,82	40,30	18,72	1,93	88,77 ± 1,59
Греммэ	10,3	11,07	29,39	38,39	18,60	2,55	88,53 ± 1,61
Руно	9,7	12,72	31,98	36,45	17,06	1,79	87,28 ± 1,75
Пшеница спельта озимая							
Алькоран	11,0	14,55	35,56	30,03	17,18	2,68	85,45 ± 1,71
Знамение	10,9	14,02	29,73	34,02	19,91	2,32	85,98 ± 1,56
Пшеница твердая озимая							
Победа70	11,8	28,15	33,74	35,52	11,57	1,29	88,12 ± 1,60
Пшеница тургидная яровая							
Каныш	9,8	10,49	28,98	39,23	19,21	2,09	87,51 ± 1,59

Таблица 3. Физико-химические свойства зерна

Table 3. Physicochemical properties of grain

Зерно полбы голозерной	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Общая стекловидность, %	Число падения, с	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины, ед. при бора ИДК ¹⁴	Массовая доля сухой клейковины, %	Гидратационная способность клейковины, %
Греммэ	795	35,6	70	416	36,7	77	14,6	152

¹⁴ Измеритель деформации клейковины.

Важнейшие показатели, определяющие пригодность зернового сырья к использованию на хлебопекарные цели, — содержание и качество сырой клейковины. По этим показателям, как и по ранее перечисленным, зерно полбы сорта Греммэ соответствовало требованиям стандарта, предъявляемым к 1-му классу зерна мягкой пшеницы (табл. 3). Массовая доля сырой клейковины в зерне составила 36,7% при I группе качества (77 ед. ИДК), при этом содержание сухой клейковины было на уровне 14,6%, а гидратационная способность — 152%. Однако при отмывании

Рис. 2. Зависимость выхода муки и отрубей от времени шлифования для сортов спельты и полбы: 1 — Знамение, 2 — Руно

Fig. 2. Dependence of flour and bran yield on grinding time for spelted and spelt varieties: 1 — Znamenie, 2 — Fleece

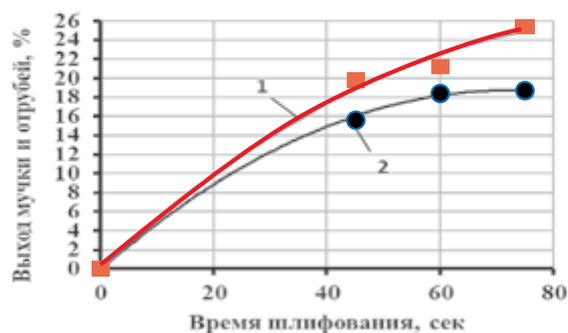


Рис. 3. Зависимость выхода муки и отрубей от стекловидности зерна при времени шлифования 60 с (для всех образцов)

Fig. 3. Dependence of the yield of flour and bran on the vitreousness of the grain at a grinding time of 60 s (for all samples)

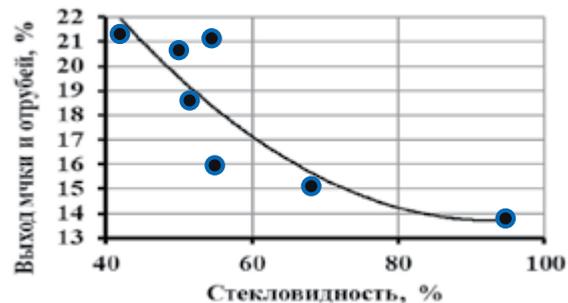
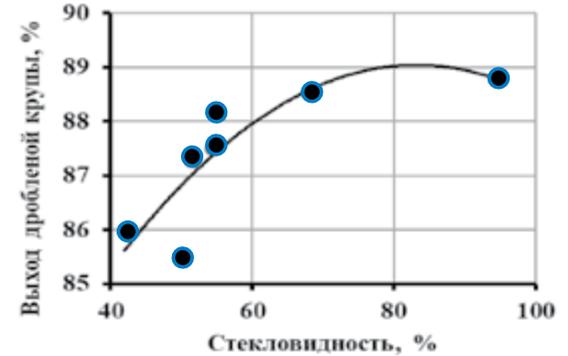


Рис. 4. Зависимость общего выхода дробленой крупы от стекловидности зерна

Fig. 4. Dependence of the total yield of crushed cereals on the glassiness of the grain



клейковины отмечена ее повышенная липкость, что может быть связано с высоким содержанием глиадиновой фракции.

Из опыта научных исследований в области классической биохимии известно, что гидратированный глютен представляет собой резинообразную, короткострастжимую при большом сопротивлении деформации упругую массу, а масса гидратированного глиадина по консистенции жидкая, сильноэластичная, вязкотекучая, липкая, неупругая. При сбалансированном соотношении сырая пшеничная клейковина сочетает в себе реологические свойства и глютеиновой, и глиадиновой ее фракций. Измененное соотношение в клейковине из зерна полбы глиадиновой фракции и отдельных глютеиновых субфракций может существенно повлиять на реологические свойства теста и качество хлеба.

С целью определения пригодности использования зерна полбы сорта Гремме в хлебопечении был произведен его размол на агрегатной мельничной установке «Мельник 100 люкс» с получением хлебопекарной муки различных сортов. В связи с тем что технологическая схема «Мельник 100 люкс» составляет всего три системы (две драные и одна размольная), помол зерна полбы осуществляли за два пропуска через мельницу. Таким образом, были получены четыре образца муки с разным содержанием в измельченном продукте эндосперма, алейронового слоя и отрубянистых частиц (табл. 4).

Из таблицы 4 видно, что в результате первого пропуска выход муки составил 59,7%. После проведения повторного пропуска сходового продукта со второго мучного сита № 38 (по ГОСТ 4403⁸) общий выход муки увеличился на 21,3%.

По показателю белизны полбяная мука образца № 1 отвечала требованиям, предъявляемым к муке пшеничной 1-го сорта (36 е. прибора для измерения белизны муки марки РЗ-БПЛ (АООТ «Загорский оптико-механический завод», Россия), образца № 2 и 3 — 2-го сорта (25,3 и 13,6 е. РЗ-БПЛ соответственно). В продуктах второго пропуска содержалось значительное количество измельченных оболочек, что существенно сказалось на белизне (рис. 5). Однако такая мука, богатая клетчаткой, может быть весьма востребована при производстве изделий диетического и лечебно-профилактического назначения.

Массовая доля сырой клейковины в полученных образцах муки колебалась от 22,6 до 43,7% (табл. 5). По соотношению количества (40,6%) и качества (77 ед. ИДК) сырой клейковины в лучшую сторону отличался образец муки № 1. Показатель числа падения в изученных образцах муки заметно не изменялся и был на уровне 274–310 с, что соответствовало требованиям стандарта на муку пшеничную хлебопекарную.

Перед проведением пробной лабораторной выпечки были исследованы реологические свойства теста из полбяной муки с применением фаринографа (табл. 6). Во всех вариантах тесто отличалось низкой устойчивостью к механизированному замесу (1,5–2 мин.), высокой степенью разжижения (160–200 ЕФ), валориметрическая оценка находилась на низком уровне (39–52 е. вал.), что соответствовало уровню показателей качества теста, полученного из зерна слабой пшеницы и пшеницы-филлера. Замешиваемое тесто обладало повышенной липкостью и быстро разжижалось.

Низкие реологические свойства теста из полбяной муки делают затруднительным ее использование в условиях реализации технологического процесса в промышленных условиях и отразятся негативно

Таблица 4. Выход полбяной муки, %

Table 4. Yield of spelled flour, %

Помол	Продукт	Выход муки, %			
		Образцы муки		Отрби	Итого
№ 1	Зерно полбы сорта Гремме	№ 1	№ 2	–	59,7
		24,3	35,4		
№ 2	Сходовый продукт с сита № 38	№ 3	№ 4	19,0	40,3
		8,0	13,3		
Всего продуктов		32,3	48,7	19,0	100

Рис. 5. Образцы полбяной муки из зерна сорта Гремме:

а) № 1, б) № 2, в) № 3, г) № 4. Фото авторов

Fig. 5. Samples of spelled flour from grain of the Gremme variety:

а) No. 1, b) No. 2, c) No. 3, d) No. 4. Photo by the authors

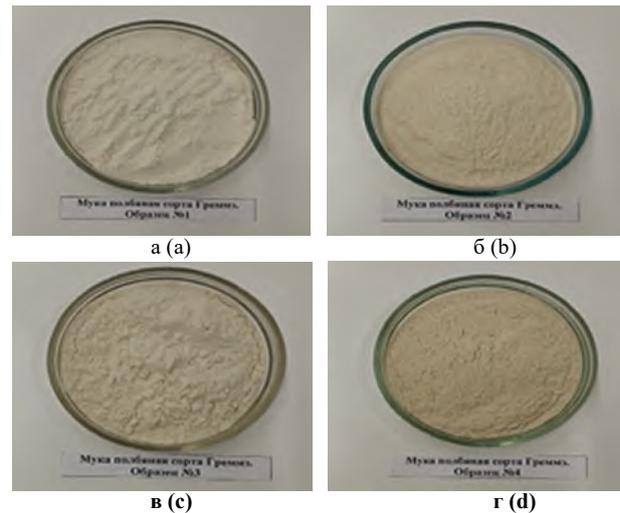


Таблица 5. Количество и качество клейковины в полбяной муке

Table 5. Quantity and quality of gluten in spelled flour

Образцы муки	Массовая доля сырой клейковины, %	Качество сырой клейковины		Массовая доля сухой клейковины, %	Гидратационная способность клейковины, %
		Единиц ИДК	Группа качества		
№ 1	40,6	77	I	14,3	185
№ 2	43,7	105	III	15,3	186
№ 3	18,8	60	I	8,1	133
№ 4	11,6	49	II	4,9	137
НСП ₀₅	1,7	8,8		0,4	5,9

Таблица 6. Реологические свойства теста из полбяной муки

Table 6. Rheological properties of spelled flour dough

Измеряемые параметры	Образцы муки			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Водопоглощение, см ³ / 100 г муки	70	68	62	62
Время образования теста, мин.	3,5	3	5	3
Устойчивость, мин.	1,5	1	2	1,5
Степень разжижения, ЕФ	200	205	160	175
Показатель качества, мм	41,5	38	61	56
Валориметрическая оценка, е. вал.	39	35	52	39

на объемном выходе и органолептических показателях выпекаемого хлеба.

С целью более объективного определения хлебопекарных свойств полбяной муки была проведена пробная лабораторная выпечка по безопасной методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Наиболее высоким объемным выходом отличался хлеб, выпеченный из полбяной муки образца № 1, превышая этот показатель хлебцев, выпеченных из других изученных образцов муки,

Рис. 6. Образцы хлеба, выпеченные из полбяной муки: а) № 1, б) № 2, в) № 3, г) № 4. Фото авторов

Fig. 6. Samples of bread baked from spelled flour: a) No. 1, b) No. 2, c) No. 3, d) No. 4. Photo by the authors



Таблица 7. Хлебопекарная оценка

Table 7. Bakery assessment

Образцы муки	Качество подового хлеба			Объемный выход хлеба, см ³	Удельный объем, см ³ /г	Общая хлебопекарная оценка, балл
	Высота хлеба (H), мм	Диаметр хлеба (D), мм	Формоустойчивость, H/D			
№ 1	42	117	0,36	359	2,8	3,6
№ 2	43	91	0,47	325	2,6	3,5
№ 3	42	89	0,47	287	2,4	3,1
№ 4	46	90	0,51	238	2,0	3
НСР ₀₅				17,6		

на 34–121 см³ (рис. 6, табл. 7). Несколько более высокие значения удельного объема (2,6–2,8 см³/г) и общей хлебопекарной оценки (3,5–3,6 балла) отмечены у хлебцев, выпеченных из полбяной муки образцов № 1 и 2. Хлебцы получили высокую органолептическую оценку по показателям цвета корки (5 баллов), пористости (4–5 баллов), вкуса и запаха (5 баллов).

Корка имела привлекательный золотисто-коричневый цвет, пористость хлебного мякиша была равномерной тонкостенной, вкус и запах хлеба — специфические и весьма приятные. Влажность хлебного мякиша в изученных вариантах составила 36,8–40,0%, кислотность — 3,5–4,7 град., что соответствовало требованиям стандарта, предъявляемым к хлебу из пшеничной хлебопекарной муки.

При снижении содержания клейковинных белков и увеличении содержания измельченных частиц оболочек объемный выход и общая хлебопекарная оценка закономерно снижаются. Однако качество хлеба, выпеченного даже из муки образцов № 3 и 4, оценивается как удовлетворительное. При этом образцы этого хлеба содержат большее количество клетчатки, минеральных веществ и витаминов, что может быть востребовано потребителями на рынке здорового питания.

Исследованиями установлена возможность использования полбяной муки, выработанной из зерна пробы голозерной сорта Греммэ, для производства хлебобулочных изделий повышенной биологической, пищевой ценности и с высокой органолептической оценкой. Дальнейшее совершенствование технологического процесса переработки зерна полбы голозерной в муку

и производства из нее хлеба позволит рекомендовать широкое использование полбяной муки в промышленных условиях для расширения ассортимента хлебобулочных изделий лечебно-профилактического и диетического назначения [7, 14, 15].

Выводы/ Conclusions

Лабораторные испытания сортов спельты Алькоран, Знамение (пленчатая), полбы Греммэ 2 У на целесообразность их использования в крупяном производстве показали явное превосходство сорта Греммэ 2 У над включенным ранее в Государственный реестр селекционных достижений сортом полбы Руно, сортом спельты Алькоран и перспективным сортообразцом Знамение.

Показатели полбы сорта Греммэ 2 У сопоставимы с показателями сорта полбы Греммэ и тургидной пшеницы сорта Каныш. На показатели существенное влияние оказывает стекловидность зерна: чем она выше, тем больше выход целой и дробленной крупы.

Предварительные исследования показали целесообразность изучения не только крупяных, но и мукомольных и хлебопекарных свойств сорта полбы голозерной Греммэ. По изученным физико-химическим показателям зерно полбы отвечало требованиям, предъявляемым к зерну мягкой пшеницы 1-го класса (массовая доля сырой клейковины — 38,7%, натура зерна — 795 г/л, число падения — 416 с, общая стекловидность — 70%). Однако клейковина имела повышенную липкость, что, очевидно, может быть связано с повышенным содержанием глиадиновой фракции.

Общий выход муки первого пропуса составил 59,7%. Наибольший объемный выход (359 см³) и лучшие органолептические свойства хлеба (общая хлебопекарная оценка — 3,6 балла) отмечены у образца хлеба, выпеченного из полбяной муки, отвечающей по изученным показателям требованиям, предъявляемым к муке пшеничной хлебопекарной 1-го сорта.

Исследованиями подтверждена возможность использования полбяной муки, выработанной из зерна полбы голозерной сорта Греммэ, для производства хлебобулочных изделий повышенной биологической, пищевой ценности и с высокой органолептической оценкой.

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

- Крюкова Е.В., Лейберова Н.В., Лихачева Е.И. Исследование химического состава полбяной муки. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии.* 2014; 2(2): 75–81. <https://www.elibrary.ru/sechlh>
- Фисенко А.В., Драгович А.Ю. Происхождение, генетическое разнообразие и миграционные пути культурной полбы *Triticum dicoccum*. *Генетика.* 2024; 60(4): 20–33. <https://doi.org/10.31857/S0016675824040022>

REFERENCES

- Kryukova E.V., Leiberova N.V., Likhacheva E.I. Study of the chemical composition of emmer wheat flour. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology.* 2014; 2(2): 75–81 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sechlh>
- Fisenko A.V., Dragovich A.Yu. Origin, Genetic Diversity, and Migration Routes of Cultivated Emmer *Triticum dicoccum*. *Russian Journal of Genetics.* 2024; 60(4): 421–432. <https://doi.org/10.1134/S1022795424040069>

3. Михайлова М.А., Кузнецова Е.А., Солохина И.Ю., Гаврилина В.А., Кузнецова Е.А., Денисова А.Р. Показатели белково-протеиназного комплекса зерна полбы сорта Руно. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2022; (2): 71–74. <https://www.elibrary.ru/faeybm>

4. Юков В.В., Лихачева Е.И. Аминокислотный состав протеина Волжской полбы. *Комбикорма*. 2004; (7): 40–42.

5. Осипова Г.А., Хмелева Е.В. Использование зерна полбы сорта Гремме в макаронном производстве. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023; (1): 190–199. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.378>

6. Хмелева Е.В., Королев Д.Н. Дробленое зерно полбы в технологии пшеничного крупяного хлеба. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2022; (5): 44–48. <https://www.elibrary.ru/lkiulv>

7. Темирбекова С.Т. и др. Достижения отечественной селекции в создании сортов из древних видов пшеницы. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2022; (5): 4–8. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/4-8>

8. Богатырева Т.Г., Иунихина Е.В., Степанова А.В. Использование полбяной муки в технологии хлебобулочных изделий. *Хлебопродукты*. 2013; (2): 40–42. <https://www.elibrary.ru/rasdjh>

9. Романов Б.В., Козлов А.А., Парамонов А.В., Сорокина И.Ю. Перспективная линия тургидной пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; (2): 127–132. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-127-132>

10. Зверев С.В., Панкратьева И.А., Политуха О.В., Чиркова Л.В., Витол И.С., Стариченков А.А. Исследование свойств полбы. *Хлебопродукты*. 2016; (1): 66–67. <https://www.elibrary.ru/vdgnbz>

11. Зверев С.В., Политуха О.В., Абрамов П.С. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов быстрого приготовления из полбы. *Хлебопродукты*. 2016; (11): 48–49. <https://www.elibrary.ru/wwsptd>

12. Юков В.В. Волжская полба и продукты ее переработки. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2005; (1): 23–26. <https://www.elibrary.ru/mnmhby>

13. Бец Ю.А., Панкраткина И.В., Наумова Н.Л. Качество и пищевая ценность композитных смесей с включением полбы. *Ползуновский вестник*. 2021; (3): 155–162. <https://www.elibrary.ru/bqiejd>

14. Temirbekova S., Afanasieva Y., Begeulov M., Kulikov I., Beloshapkina O., Sardarova I. A New Naked-Spelt Variety to Enhance Human Immune Function. *Journal of Biochemical Technology*. 2021; 12(1): 11–16. <https://doi.org/10.51847/D2JTs9fB5R>

15. Диордиева И.П., Рябовол Я.С., Кочмарский В.С., Рябовол Л.О. О результатах селекции пшеницы спельта (*Triticum spelta* L.) на продуктивность и качество зерна. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(3): 552–563. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.552rus>

16. Зверев С.В. и др. Крупа из новых сортов древних видов пшеницы. *Пищевая промышленность*. 2023; (3): 26–30. <https://doi.org/10.52653/PP1.2023.3.3.005>

3. Mikhailova M.A., Kuznetsova E.A., Solokhina I.Yu., Gavrilina V.A., Kuznetsova E.A., Denisova A.R. Indicators of protein-proteinase complex for farro grain "Runo". *Technology and the study of merchandise of innovative foodsuffs*. 2022; (2): 71–74 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/faeybm>

4. Yukov V.V., Likhacheva E.I. Amino acid composition of Volga spelt protein. *Compound feeds*. 2004; (7): 40–42 (in Russian).

5. Osipova G.A., Khmeleva E.V. The Use of Spelt Grain of the Gremme Variety in Pasta Production. *Storage and Processing of Farm Products*. 2023; (1): 190–199 (in Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.378>

6. Khmeleva E.V., Korolev D.N. Crushed spelt grain in the technology of wheat cereal bread. *Technology and the study of merchandise of innovative foodsuffs*. 2022; (5): 44–48 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lkiulv>

7. Temirbekova S.T. et al. Achievements of domestic breeding in the creation of varieties from ancient wheat species. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2022; (5): 4–8 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2022/5/4-8>

8. Bogatyreva T.G., Iunikhina E.V., Stepanova A.V. The use of spelled flour in bakery technology. *Khleboproducty*. 2013; (2): 40–42 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rasdjh>

9. Romanov B.V., Kozlov A.A., Paramonov A.V., Sorokina I.Yu. Perspective line of turgid wheat. *Legumes and great crops*. 2022; (2): 127–132 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-127-132>

10. Zverev S.V., Pankratieva I.A., Politukha O.V., Chirkova L.V., Vitol I.S., Starichenkov A.A. Study of the properties of spelled. *Khleboproducty*. 2016; (1): 66–67 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vdgnbz>

11. Zverev S.V., Politukha O.V., Abramov P.S. High-temperature micronization in the production of instant grain products from spelled. *Khleboproducty*. 2016; (11): 48–49 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wwsptd>

12. Yukov V.V. About Volga spelled and its processed products. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2005; (1): 23–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mnmhby>

13. Betz Ju.A., Pankrashkina I.V., Naumova N.L. Quality and nutritional value of composite mixtures including spelt wheat. *Polzunovskiy vestnik*. 2021; (3): 155–162 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bqiejd>

14. Temirbekova S., Afanasieva Y., Begeulov M., Kulikov I., Beloshapkina O., Sardarova I. A New Naked-Spelt Variety to Enhance Human Immune Function. *Journal of Biochemical Technology*. 2021; 12(1): 11–16. <https://doi.org/10.51847/D2JTs9fB5R>

15. Diordieva I.P., Ryabovol Ya.S., Kochmarsky V.S., Ryabovol L.O. On the results of breeding spelt wheat (*Triticum spelta* L.) on grain productivity and quality. *Agricultural biology*. 2020; 55(3): 552–563. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.552eng>

16. Zverev S.V. et al. Groats from new varieties of ancient types of wheat. *Food Industry*. 2023; (3): 26–30 (in Russian). <https://doi.org/10.52653/PP1.2023.3.3.005>

ОБ АВТОРАХ

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова¹

доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией sul20@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9824-6364>

Марат Шагабанович Бегеулов²

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

mbegeulow@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5773-8220>

Иван Дмитриевич Байда²

магистрант

baidivan007@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0001-5376-152X>

Сергей Васильевич Зверев³

доктор технических наук, профессор

zverevsv@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6136-1796>

Ольга Владимировна Политуха⁴

ведущий инженер-исследователь

vniiz_krup@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1337-9086>

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ул. Институт, вл. 5, пос. Большие Вязёмы, Московская обл., 143050, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

³АО «Группа компаний "Мелком"», Вокзальная ул., 9, Тверь, 170100, Россия

⁴Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки — филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Дмитровское шоссе, 11, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sulukhan Kudaiberdievna Temirbekova¹

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory sul20@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9824-6364>

Marat Shagabanovich Begeulov²

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

mbegeulow@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5773-8220>

Ivan Dmitrievich Baida²

Undergraduate Student

baidivan007@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0001-5376-152X>

Sergey Vasilyevich Zverev³

Doctor of Technical Sciences, Professor

zverevsv@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6136-1796>

Olga Vladimirovna Politukha⁴

Leading Research Engineer

vniiz_krup@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1337-9086>

¹All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, Institut Str., 5 possession, Bolshye Vyazemy settlement, Moscow region, 143050, Russia

²Russian State Agrarian University — Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

³JSC «"Melcom" Group of Companies», 9 Vokzalnaya Str., Tver, 170100, Russia

⁴All-Russian scientific and Research Institute of Grain and Products of its processing — branch of V.M. Gorbатов Federal Scientific Center of Food Systems for food system, 11 Dmitrovskoe highway, Moscow, 127434, Russia

УДК 338.431.8

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-164-172

Ю.В. Вертакова¹ ✉Ю.Н. Катков¹А.А. Романова²¹Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия✉ vertakova7@ya.ru

Поступила в редакцию: 10.07.2024

Одобрена после рецензирования: 27.09.2024

Принята к публикации: 15.10.2024

© Вертакова Ю.В., Катков Ю.Н., Романова А.А.

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-388-11-164-172

Julia V. Vertakova¹ ✉Yuri N. Katkov¹Anastasia A. Romanova²¹Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia²Russian State Agrarian University — Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia✉ vertakova7@ya.ru

Received by the editorial office: 10.07.2024

Accepted in revised: 27.09.2024

Accepted for publication: 15.10.2024

© Vertakova Yu.V., Katkov Yu.N., Romanova A.A.

Трансформация межорганизационных отношений в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики

РЕЗЮМЕ

В статье обоснованы методики управления в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики, показаны направления происходящих в настоящее время трансформаций.

Агробизнес претерпевает существенные изменения ввиду повышения инновационного потенциала, роста наукоемкости аграрного производства, цифровизации и автоматизации процессов. Под влиянием ряда экономических и неэкономических факторов видоизменяются межорганизационные отношения в АПК. Интеграция агробизнеса приводит не только к горизонтальной или вертикальной интеграции сельхозпроизводителей с организациями науки и образования, но и к формированию новых экосистем и платформ.

Изучение различных факторов, под влиянием которых происходит трансформация интеграционных взаимодействий в агропромышленном комплексе, позволила разработать модель межорганизационных отношений, основанную на реализации дихотомического подхода к управлению агробизнесом. Дихотомический подход позволил использовать сложные системные признаки и построить экосистемную организационную структуру. За базу сформированной организационной структуры принята типология стейкхолдеров Митчелла и Вуда на основании классификации Фассина.

В исследовании приведена разработанная авторами модель межорганизационных отношений на примере интегрированной структуры АПК ГК «ТРИО». Показано, что дихотомическое деление помогает упорядочить взаимодействие внутри корпоративной сети и с внешней средой. Это деление может быть использовано для оптимизации управленческих процессов, улучшения координации деятельности и повышения эффективности внешних и внутренних коммуникаций.

Ключевые слова: межорганизационные взаимодействия, интеграция, агробизнес, аграрный сектор экономики, трансформация

Для цитирования: Вертакова Ю.В., Катков Ю.Н., Романова А.А. Трансформация межорганизационных отношений в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики. *Аграрная наука*. 2024; 388(11): 164–172.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-164-172>

Transformation of interorganizational relations in integrated formations of the agricultural sector of the economy

ABSTRACT

The article substantiates management methods in integrated formations of the agricultural sector of the economy, shows the directions of the transformations currently taking place.

Agribusiness is undergoing significant changes due to increased innovation potential, increased knowledge intensity of agricultural production, digitalization and automation of processes. Under the influence of a number of economic and non-economic factors, interorganizational relations in the agro-industrial complex are changing. The integration of agribusiness leads not only to horizontal or vertical integration of agricultural producers with scientific and educational organizations, but also to the formation of new ecosystems and platforms.

The study of various factors that influence the transformation of integration interactions in the agro-industrial complex has allowed us to develop a model of interorganizational relations based on the implementation of a dichotomous approach to agribusiness management. The dichotomous approach made it possible to use complex system features and build an ecosystem organizational structure. The typology of Mitchell and Wood stakeholders based on Fassin's classification was adopted as the basis of the formed organizational structure.

The study presents the model of interorganizational relations developed by the authors on the example of the integrated structure of the agroindustrial complex "TRIO". It is shown that dichotomous division helps to streamline interaction within the corporate network and with the external environment. This division can be used to optimize management processes, improve coordination of activities and increase the effectiveness of external and internal communications.

Key words: interorganizational interactions, integration, agribusiness, agricultural sector of the economy, transformation, artificial intelligence

For citation: Vertakova Yu.V., Katkov Yu.N., Romanova A.A. Transformation of interorganizational relations in integrated formations of the agricultural sector of the economy. *Agrarian science*. 2024; 388(11): 164–172 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-388-11-164-172>

Введение/Introduction

Адаптация аграрной экономики к геополитическим, санкционным и социально-экономическим изменениям, которые оказывают на российскую экономику мощное трансформирующее воздействие [1–4], вынуждает организации АПК переходить к новым моделям бизнеса. Для организаций агропромышленного комплекса в последние десятилетия характерны интеграционные процессы, при этом в настоящее время они стали протекать еще интенсивнее, стали использоваться новые формы межорганизационных взаимодействий.

В аграрном секторе экономики объединение различных хозяйственных субъектов, таких как кооперативы, крестьянские и фермерские хозяйства и др., в различные интеграционные структуры (холдинги, синдикаты, пулы, альянсы и т. д.) позволяет повысить эффективность использования ресурсов и улучшить качество продукции. Интеграционные структуры создают для решения самых разнообразных задач — от производства и сбыта продукции до повышения эффективности управления и снижения налоговой нагрузки.

Развитие интеграционных процессов в АПК России многие авторы [5–7] подразделяют на ряд этапов: 1920–1930 гг. — активизация кооперативных и коллективных форм производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции; 1960–1980 гг. — развитие межотраслевой и межхозяйственной специализации; с 1992 г. — аграрная реформа по трансформации сформировавшегося крупнотоварного производства.

Современный этап развития характеризуется другими тенденциями [8]. Эти трансформации в большей степени касаются изменений именно моделей бизнеса. Под влиянием ряда экономических и неэкономических факторов видоизменяются межорганизационные отношения в АПК. Интеграция агробизнеса приводит не только к горизонтальной или вертикальной интеграции сельхозпроизводителей с организациями науки и образования, но и к формированию новых экосистем и платформ.

Среди авторов, которые в настоящее время активно развивают теоретические положения и концептуальные подходы к интеграционным формированиям в сельском хозяйстве, можно назвать С.Б. Авдашеву, В.Е. Дементьева [9], М. Кристофера, Д. Баллантина, А. Пайна [10], С.П. Петрова, В.М. Гильмундинова [11], Р.Р. Гумерова [8], Н.С. Пионткевич [12], Н.П. Шилову [13], И.Г. Ушачева [7], О.Г. Черных [14] и др.

Цели исследования — обоснование методики управления в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики, систематизация происходящих в настоящее время трансформаций межорганизационных взаимодействий.

Рассматриваемая тема имеет широкий спектр значимых аспектов, которые подтверждают ее актуальность для сельскохозяйственной отрасли. Интеграционные структуры в АПК, основанные на построении новых бизнес-моделей межорганизационного взаимодействия в агробизнесе, способствуют не только росту эффективности производства и качества продукции, но и обеспечивают продовольственную безопасность страны.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В процессе исследования использованы как общенаучные методы (монографический, абстрактно-логический, экономико-математический, метод

сравнения и др.), так и специфические методы анализа интеграционных процессов (организационное проектирование, стейкхолдер-анализ, институциональный анализ, матричные методы моделирования и др.).

При проведении исследований были изучены нормативные акты, стратегические отраслевые документы, научные труды экономистов, посвященные системам управления в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики, эффективности управления организациями АПК и отдельным аспектам информационно-аналитического обеспечения и цифровизации управления.

Анализ процессов интеграции и форм их проявления в аграрном секторе экономики потребовал привлечения эмпирических данных относительно современного состояния и тенденций развития организаций этого сектора, которые были собраны в процессе изучения специальной литературы, список которой приведен в перечне библиографических источников, проведения авторами серии глубинных интервью с отраслевыми специалистами — сотрудниками Министерства сельского хозяйства Курской области, руководителями групп профильных предприятий, анализа доступной статистической информации, размещенной на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики¹ и ее территориальных органов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В настоящее время сельскохозяйственные товаропроизводители всё чаще используют интеграцию для стабилизации доходов.

Специфика интегрированных формирований в аграрном секторе экономики имеет ряд особенностей. Во-первых, для координации деятельности и оптимизации бизнес-процессов при формировании интегрированных формирований в АПК происходят взаимодействие и объединение различных участников: производителей, переработчиков, поставщиков и дистрибьюторов. Объединяясь, у них появляется возможность использовать недостающие ресурсы совместно (это могут быть земельные угодья, пастбища, оборудование, технологии и трудовые ресурсы и др.), что позволяет повысить эффективность сельхозпроизводства. Во-вторых, в интеграционной структуре организации агробизнеса могут снизить издержки на производство и сбыт продукции за счет роста масштаба производства и оптимизации процессов. В-третьих, при формировании интегрированных формирований в АПК происходят обмен знаниями, опытом и передача технологий между участниками, что способствует повышению профессионализма и улучшению качества продукции. И наконец, при формировании интегрированных формирований в АПК растет конкурентоспособность за счет повышения качества, сокращения времени доставки и других преимуществ.

В агробизнесе существуют несколько типов межорганизационных отношений, которые помогают участникам этой отрасли сотрудничать, обмениваться ресурсами и информацией, повышать эффективность производства.

Среди форм интеграции распространение набирают вертикальные интеграции. Примером вертикальной интеграции является агропромышленное предприятие, которое объединяет производственные площадки, небольшие перерабатывающие цеха и процессы

¹ <https://rosstat.gov.ru/>

хранения продукции (чаще всего в форме агрохолдинга). Прямые и обратные (обеспечение сырьевой базой) вертикальные интеграции формируются по принципам кооперации и комбинирования. Первая больше свойственна форме сельскохозяйственных потребительских кооперативов, а вторая объединяет две последовательные стадии в рамках одной фирмы. Жизнеспособнее показывает себя жесткая комбинированная интеграция, что свойственно набирающей обороты концепции цикличной экономики. Кризисные явления в России вызвали актуальность обратных форм интеграции, основанной на преобразовании, присоединении, реорганизации или слиянии.

Не потеряли своей актуальности и горизонтальные интеграции, когда объединяются компании, находящиеся на одной стадии производства.

В АПК распространены кооперативы, стратегические партнерства, франчайзинговые модели бизнеса, субподрядческие отношения и другие типы межорганизационных отношений, которые помогают участникам агробизнеса улучшить производственные процессы, расширить рынки сбыта, снизить издержки и повысить конкурентоспособность.

Формы управления в интегрированных формированиях аграрного сектора экономики делятся, соответственно, на мягкие (ассоциация, союз, некоммерческое партнерство, стратегический альянс) и жесткие (комбинаты, концерны, тресты, холдинги). Классификация интегрированных структур по формам и типам следующая: имущественный тип, договорной тип, унитарный государственный тип с договорными отношениями с параллельной сменой статуса юридического лица, смешанный тип.

Особенностью современного этапа выступает совершенствование механизмов управления организациями АПК, в том числе основанные как на совместной собственности на активы, так и на экономике совместно-го использования.

Сложности интеграции отечественного АПК вызваны тем, что интеграция строится на разрушенных аграрной реформой 1990-х годов производственных и технологических связях. Ряд факторов, сдерживающих развитие интеграционных форм в АПК, являются основными угрозами интеграции агробизнеса.

Теоретические подходы к межорганизационным отношениям позволяют провести их классификацию по следующим признакам: концептуальным основам; формально-сущностным признакам; статусно-ролевым признакам.

На рисунке 1 представлена сравнительная характеристика по целевому признаку основных для АПК России формализованных межорганизационных формирований.

В рамках данного исследования следует отметить, что каждый хозяйствующий субъект может и является в большинстве случаев участником двух и более интеграционных объединений. Поэтому при

Таблица 1. Таксономия межорганизационных отношений для АПК России

Table 1. Taxonomy of interorganizational relations for the agro-industrial complex of Russia

№	Признак	Типы межорганизационных отношений
1	По концептуальным основам	1. Институциональный подход 2. Ресурсный подход 3. Сетевой подход 4. Транзакционно-стоимостный подход 5. Эволюционный подход (поведенческий, контингентный, экологический) 6. Контрактный подход
2	По вовлеченности сторон	1. Встречное активное взаимодействие 2. Встречное пассивное взаимодействие 3. Односторонние отношения
3	По формально-сущностному	1. Отношения в концепции цепочки создания конечного продукта 2. Сетевые взаимодействия организаций 3. Другие организационно-правовые формы в соответствии с законодательством РФ
4	По степени доминирования участников	1. Субординированные 2. Равноправные
5	По направлению иерархии	1. Вертикальные 2. Горизонтальные
6	По степени взаимодействия	1. Независимые 2. Скоординированные 3. Сотрудничество (без объединения ресурсов) 4. Коллаборация 5. Интеграция
7	В зависимости от формы диджитализации или цифровизации	1. Цифровые экосистемы 2. Сервисные экосистемы 3. Краудсорсинг 4. Краудфандинг и другие

Источник: Составлено авторами

Рис. 1. Сравнение по целевому признаку основных для АПК России формализованных межорганизационных формирований

Fig. 1. Comparison of the main formalized interorganizational formations for the agroindustrial complex of Russia by target feature

Источник: Составлено авторами на основе обзора литературы по исследуемой теме

Слияния и поглощения (M&A)
реорганизации бизнеса, его укрупнение, присоединение друг к другу юридических лиц. Могут иметь разные масштабы и формы. Цели могут варьироваться, основная — снижение конкуренции

Кооперация
Кооперативные отношения позволяют группе фермеров или других хозяйственных субъектов АПК объединить усилия для совместной закупки ресурсов, переработки продукции или продвижения на рынок. Основная цель — снижение затрат.

Франчайзинг
Франчайзинговая модель позволяет предпринимателям (франчайзи) использовать бренд, технологии и опыт компании-франчайзера для ведения бизнеса. Основная цель — снижение затрат.

Картель. Синдикат. Концерн. Трест
Монополистические цели — получение максимально возможного дохода посредством контроля над ценой или объемом.

ФПГ. Альянсы
Создаются в целях объединения ресурсов ее участников для повышения конкурентоспособности и эффективности производства

Холдинг
Цель — совместное управление и координация деятельности группы компаний, а также в повышении эффективности каждой из них.

Консорциумы
Цель — объединение усилий для реализации конкретного проекта.

Основные межорганизационные формирования в АПК

формировании модели межорганизационных отношений нужно использовать как минимум дихотомическое деление участников взаимодействия [15].

Дихотомический подход к управлению агробизнесом предполагает разделение управленческих решений на две противоположные стратегии или направления, которые могут быть противопоставлены друг другу [16]. Этот подход основан на идее о том, что в управлении агробизнесом существуют два противоположных подхода, которые могут быть использованы для достижения целей компании. Например, происходит разделение управленческих усилий на улучшение производственных процессов и качество продукции (производственный подход) и на разработку маркетинговых стратегий, продвижение продукции и удовлетворение потребностей клиентов (маркетинговый подход).

Другой пример дихотомического подхода к управлению агробизнесом — это разделение управленческих решений на те, которые ориентированы на текущие операционные задачи и проблемы (краткосрочное планирование), и на те, которые направлены на долгосрочное развитие компании, стратегическое планирование и инновации (долгосрочное планирование), или ориентация на централизованное или децентрализованное управление.

Предлагаемый авторами подход к управлению организациями АПК может быть полезным инструментом для анализа и понимания различных аспектов менеджмента компаний. Однако использование деления на две части при формировании модели межорганизационных отношений, когда элементы системы более связаны внутри, чем между собой, может привести к упрощению и искажению реальности, поскольку многие явления в природе и обществе не всегда поддаются такому строгому бинарному разделению и могут обладать более сложными характеристиками, которые не укладываются в две категории. В связи с этим в современном бизнесе часто используется комбинированный подход, который сочетает в себе элементы различных стратегий и направлений для достижения оптимальных результатов.

Трансформации интеграционных взаимодействий в агропромышленном комплексе (АПК) происходят под воздействием различных факторов, которые могут включать в себя изменения в экономической, политической, социокультурной и технологической сферах. Некоторые из основных причин и факторов, влияющих на трансформации интеграционных взаимодействий в АПК, включают:

1. *Ужесточение конкуренции.* Усиление конкуренции на рынке ввиду высокодинамичной среды хозяйствования организаций АПК может заставить компании объединяться для совместного использования ресурсов, расширения рынков сбыта и увеличения своей доли на рынке.

2. *Изменения в потребительском спросе.* Потребители становятся более требовательными и осознанными, что требует от участников АПК предоставлять продукцию высокого качества, экологически чистую и безопасную. Это может стимулировать интеграцию для обеспечения соответствия этим требованиям.

3. *Услобнение хозяйственных процессов в организациях АПК и рост наукоемкости.* Такие факторы, как необходимость роста компетенции сотрудников, колебания цен на сырье, изменения валютных курсов, инфляция, могут создавать нестабильность на рынке и

стимулировать компании к поиску новых форм интеграции для снижения рисков.

4. *Технологические инновации.* Активная цифровизация и автоматизация агроиндустрии с применением технологий искусственного интеллекта и машинного обучения, внедрение новых технологий могут стимулировать интеграцию для оптимизации производственных процессов и улучшения управления.

5. *Изменения законодательства.* Изменения в законодательстве, например в области торговли, финансов, экологии, могут повлиять на стратегии компаний в АПК и стимулировать интеграцию для соблюдения новых норм и требований.

6. *Структурная трансформация.* Структура производства в аграрном секторе меняется как ответ на внешнеэкономические вызовы перед национальной безопасностью страны, необходимость реализации стратегии импортозамещения.

Таким образом, трансформация интеграционных взаимодействий в агропромышленном комплексе обусловлена различными факторами (авторы не ставят целью систематизировать все факторы, стимулирующие интеграционные взаимодействия в АПК), которые заставляют компании приспосабливаться к изменяющимся условиям и стремиться к улучшению своей конкурентоспособности и эффективности.

Авторами разработана модель межорганизационных отношений на примере интегрированной структуры АПК ГК «ТРИО». Организации в рамках исследования заменены на условные обозначения с целью демонстрации концептуальных аспектов типовой формы организационной структуры. Дихотомический подход позволил использовать сложные системные признаки и построить организационную структуру сложной формы. За базу сформированной организационной структуры принята типология стейкхолдеров Митчелла и Вуда [17] на основании классификации Фассина [18]. Теория стейкхолдеров Фримана [19, 20] не уделяет должного внимания идентификации и отбора, группировки стейкхолдеров как объектов ответственности, поэтому авторами были интегрированы две классификации и на примере Группы компаний X разработана модель организационной структуры.

На рисунке 2 представлены ключевые бизнес-процессы организаций АПК, совместное и скоординированное выполнение которых может стать основой для формирования интегрированных структур. Эти процессы могут принимать межорганизационный характер и являться драйверами интеграции.

Приведенные на рисунке 2 бизнес-процессы при их совместном выполнении становятся фактором привлечения партнеров для генерации синергетической конкурентоспособности межорганизационного сотрудничества. Для комплементации компетенций и ресурсов необходимо привлекать потенциальных членов сотрудничества в зависимости от типов членства.

Рассмотрим авторскую классификацию и графическую интерпретацию типов межорганизационных отношений для группы компаний (табл. 2), где 1, 2, 3, 4, 5 — условные обозначения субъектов межорганизационных отношений.

Дихотомическая организационная структура предполагает разделение субъектов межорганизационных отношений на две группы в зависимости от определенных признаков. Если рассматривать такое деление в контексте межорганизационных отношений в АПК на примере интегрированной структуры группы

Рис. 2. Бизнес-процессы, в которых возможна комплементария ресурсов и компетенций членов межорганизационных отношений в АПК

Fig. 2. Business processes in which complementarity of resources and competencies of members of interorganizational relations in the agro-industrial complex is possible

Источник: Составлено авторами

Бизнес-процесс	Краткая характеристика и роль в АПК
Сбыт	Торгово-реализационный сегмент в АПК занимает ключевое место в цепочке создания стоимости продукции от сельского хозяйства до конечного потребителя. Включает в себя различные виды деятельности, связанные с продажей.
Снабжение	Снабженческо-заготовительный сегмент в АПК отвечает за обеспечение необходимыми ресурсами для ведения хозяйства и за сбор (заготовку) продукции у производителей для дальнейшей переработки или продажи.
Производство	Производственный сегмент в АПК является основой для всей отрасли и охватывает деятельность, связанную с выращиванием сельскохозяйственных культур и разведением животных.
Складирование и хранение	Являются критически важными аспектами логистической цепочки, которые напрямую влияют на сохранность и качество сельскохозяйственной продукции, а также на эффективность и прибыльность агробизнеса.
Транспортно-логистический	Транспортно-логистический сегмент в АПК играет критически важную роль в обеспечении эффективного движения сельскохозяйственной продукции от места производства к месту потребления.
НИОКР и сегмент качества продукция	Сегмент научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и сегмент качества продукции являются двумя ключевыми аспектами АПК, которые играют важную роль в повышении эффективности.

Таблица 2. Обозначения графических изображений преобладающих типов межорганизационных отношений группы компаний

Table 2. Designations of graphic images of the prevailing types of interorganizational relations of the Group of Companies

№	Признак	Наименование формы	Графическое обозначение
1	По степени взаимодействия	Независимые	
2		Скоординированные	
3		Сотрудничество	
4		Коллаборация	
5		Интеграция	

Источник: Составлено авторами

компаний, то можно предположить разделение на внутренних и внешних участников.

Под внутренними субъектами могут пониматься различные структурные подразделения, обособленные подразделения и филиалы самой группы компаний, которые взаимодействуют друг с другом в рамках единой корпоративной структуры холдингового типа. В группе компаний X авторами выделены следующие сегменты деятельности:

- производственный (фермы, заводы, обрабатывающие предприятия);
- транспортно-логистический (логистические центры и транспортно-распределительные хабы);
- торгово-реализационный (отделы сбыта, маркетинга и продаж);
- НИОКР и сегмент качества продукции (исследовательские и разработочные центры);
- снабженческо-заготовительный;
- управленческий (управленческие и финансовые департаменты).

Внешние субъекты — это сторонние организации, которые взаимодействуют с группой компаний X, но не входят в ее формальную организационную структуру. К таким контрагентам относятся: поставщики сырья и материалов; дистрибьюторы и торговые партнеры; клиенты и потребители; государственные регулирующие органы; научные и образовательные учреждения; сервисные и консультационные агентства.

В контексте интегрированной структуры, такой как ГК «ТРИО», дихотомическое деление помогает упорядочить взаимодействие внутри корпоративной сети и с внешней средой. Это деление может быть использовано для оптимизации управленческих процессов, улучшения координации деятельности и повышения эффективности внешних и внутренних коммуникаций.

Важно отметить, что в реальной бизнес-практике границы между «внутренними» и «внешними» субъектами могут быть не столь четко выражены, существует множество перекрестных и многоуровневых связей, что делает межорганизационные отношения более сложными, чем простое дихотомическое деление.

Эффективные межорганизационные отношения в АПК могут привести к повышению эффективности, снижению издержек, улучшению доступа к рынкам и технологиям, к устойчивому развитию всех участников цепочки создания стоимости.

Механизм системы управления интегрированными структурами в АПК необходимо начинать с разработки дихотомической организационной структуры организаций потенциальных партнеров и оценки ключевых элементов, запускающих бизнес-процессы. В системе управления

интегрированными формированиями следует оценивать следующие параметры:

1. Активаторы производительности.
2. Провокаторы рыночной среды.
3. Вызывающие факторы климатических условий.
4. Нормативно-правовые факторы.
5. Технологические пусковые механизмы.
6. Сигналы из системы мониторинга аномалий.
7. Финансовые индикаторы.
8. Кадровые стимулы.
9. Стандарты качества.
10. Инициативы от потребителей (запускающий элемент, обратная связь).

Алгоритм партнерства и сотрудничества в агропромышленном комплексе включает в себя систематический подход к созданию и развитию взаимовыгодных отношений между различными участниками рынка, такими как фермеры, поставщики, перерабатывающие предприятия, дистрибьюторы, розничные продавцы и потребители.

Место и роль вышеописанных элементов в системе управления интегрированными формированиями представлены на рисунке 3. Оценка эффективности межорганизационного сотрудничества основывается на системе сбалансированных показателей с заданными индикаторными значениями по каждому из них. Оценка взаимодействия субъектов межорганизационных отношений сводится к интегральному показателю синергии, который рассчитывается как отношение суммы освоения новых видов сегментов АПК, уровня освоения новых сегментов, скорости освоения деятельности к числу субъектов межорганизационных отношений.

Интеграция возможна по 6 сегментам деятельности, которые обусловили минимальное положительное значение показателя 6, а максимальное — 1. Показатели

меньше 0,6 свидетельствуют о низком (или отсутствии) потенциале развития сотрудничества, а в результатах деятельности отсутствуют синергетические способности партнеров. Шкала, обозначенная выше, является базовой и может претерпевать изменения, быть уточнена для различных отраслей и рынков. На базе индикатора формируются стратегические цели развития межорганизационных отношений и принимаются оптимальные варианты стратегий устойчивого развития агроформирований.

Для оценки синергетического эффекта партнеров необходимо учитывать дихотомическое деление членов сотрудничества, отдельно оценивать внешних и внутренних субъектов межорганизационных отношений.

Рассмотрим дихотомическую организационную структуру на примере ГК «ТРОЯ», которая является агропромышленным интегрированным холдингом с разделением членов межорганизационных отношений на внутренних и внешних (рис. 4). Цифрами обозначены участники межорганизационных отношений (в табл. 3 представлен фрагмент оценки членов межорганизационных отношений ГК «ТРОЯ»). Бинарное деление членов имеет существенное значение для оценки синергетического вклада партнеров в общую эффективность межорганизационных отношений.

Важным фактором является динамизм участников межорганизационных отношений. Оценить динамизм возможно, разработав индивидуальную шкалу и классификацию организаций по степени их динамизма, что представляет собой значение для внутренних участников 1, для внешних — 0,7.

Классификация участников межорганизационных отношений проводилась исходя из анализа внутренних документов базовой организации, в том числе по расчетам с стейкхолдерами, стейкиперами и стейквотчерами

Рис. 3. Роль и место индикаторов в алгоритме создания эффективного управленческого решения в интегрированных структурах на примере интегрированной структуры

Fig. 3. The role and place of indicators in the algorithm for creating an effective management solution in integrated structures using the example of the integrated structure

Источник: Составлено авторами

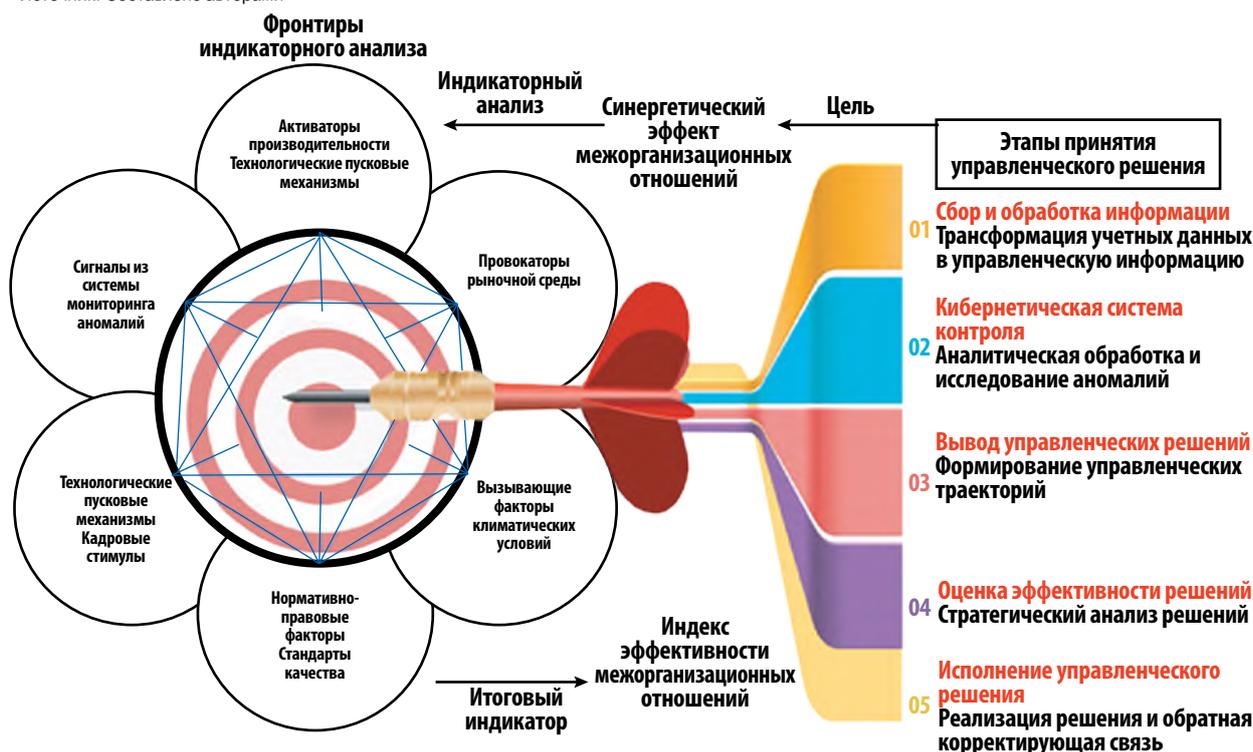


Рис. 4. Дихотомическая организационная структура субъектов межорганизационных отношений в АПК на примере интегрированной структуры ГК «ТРОЯ» (пояснение в табл 3)

Fig. 4. The dichotomous organizational structure of subjects of interorganizational relations in the agro-industrial complex on the example of the integrated structure of the “TROY” Group of Companies (explanation in table 3)

Источник: Составлено авторами

Сегменты деятельности

- Торгово-реализационный
- Снабженческо-заготовительный
- Производственный
- Транспортно-логистический
- Сегмент качества продукции
- НИОКР
- Управленческий
- Складирование и хранение

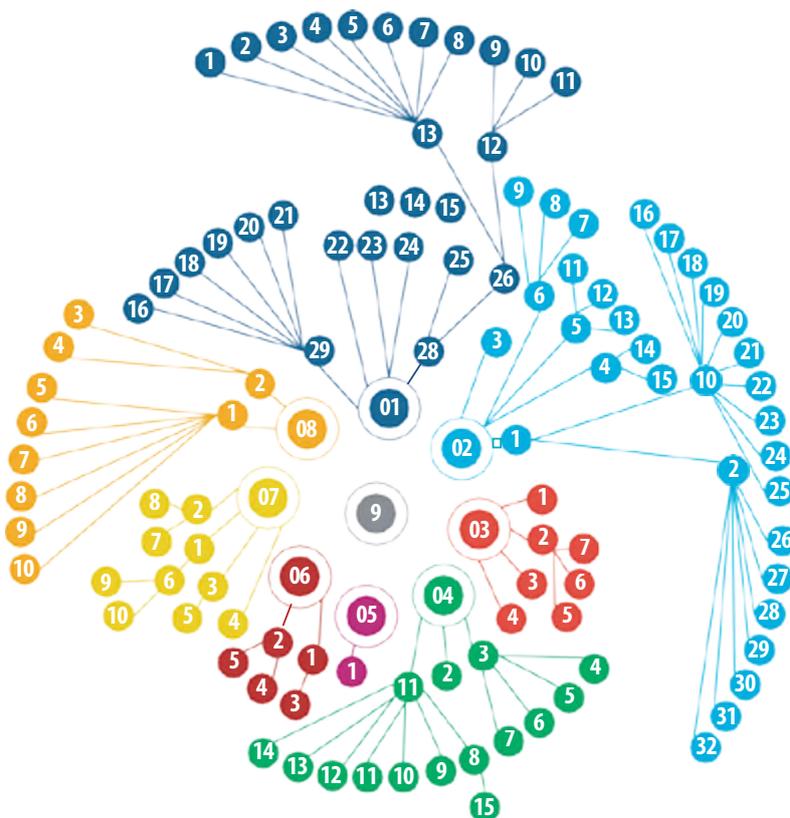


Таблица 3. Фрагмент оценки членов межорганизационных отношений группы компаний «ТРОЯ» (к рис.4)

Table 3. A fragment of the evaluation of the members of the interorganizational relations of the “TROY” Group of companies (to Fig.4)

Сегмент	Торгово-реализационный	Снабженческо-заготовительный	Производственный	Транспортно-логистический	Сегмент качества продукции	НИОКР	Управленческий	Складирование и хранение
<i>Контрагенты с высоким уровнем динамизма (K_д = 0,5–0,7)</i>								
Высокое влияние на МОС	16 ООО «НПК»	7 ООО «ПАРТНЕР»	7 ООО «Первая перерабатывающая компания»	4 ООО «ПЭК1»	5 ООО «Патент групп»	5 ООО «Проектная группа»	3 Органы государственной и исполнительной власти	...
	17 ООО «Тербуны-агро»	8 ООО «Сельхозпоставкагрупп»	6 ООО «Лейс»	5 ООО «КСЭ»	4 ООО «Эксперт»	6 ООО «Селекция ФАРМ»	4 ООО «НИОКР»	...
	18 ООО «Интел Брокер»	9 ООО «АТМ-снаб»	5 АО «Зерновая компания»	6 ООО «ДЛ»	3 ООО «Сельхозбюро»	7 ООО «КВС»	5 ООО «Техконсультант»	...
	19 ООО «Ирис»	11 ООО «КГС»	...	7 ООО «ИБ»	...	8 ООО «Схлаб»	6 ООО «Картофельный союз»	...
	20 ООО «Лайс»	12 ООО «КВС»	...	8 ООО «ИЛГ»	...	...	7 ООО «Агроконсультант»	...
	21 ООО «КУ»	13 ООО «Елецкий»	...	9 ООО «ГрузОК»	...	...	8 ООО «Первый бит»	...
	22 ООО «Тандем»	14 ООО ТМ	...	10 ИП Импанов	...	...	9 ООО «КОНСАЛТ»	...
	23 ООО «АГРООМ»	15 ООО «Русагроном»	...	11 ИП Салапанов	...	...	10 ООО «АЙТИ ГРУПП»	...
	24 ООО «ЛТЗ»	10 ООО «АФ Тербуны»	...	12 ИП Карманова	...	...	...	...
	25 ООО «МТС»	2 ООО «КАНДИ»	...	13 ИП Саввина	...	...	...	...
26 АО «АГРОРУС»	...	...	14 ИП Севаров	...	...	...	...
<i>Контрагенты со средним уровнем динамизма (K_д = 0,3–0,5)</i>								
Высокое влияние на МОС	12 ООО «Картофельное объединение»	16–25 Прочие компании — поставщики сырья и посадочного материала для растениеводства	...	15 Прочие транспортные компании	...	9 Сторонние контрагенты по реализации НИР	...	...
	13 ООО «СХснаб»	26–32 Прочие компании — поставщики сырья и посадочного материала для животноводства	...	...	...	10 Сторонние контрагенты по реализации ОКР	...	...

Контрагенты с низким уровнем динамизма ($K_d = 0, 1-0,3$)								
Низкое влияние на МОС	1 000 «ТК СНАБ»	...	...	...	...	...	...	...
	2 000 «АГРОСНАБ»	...	...	...	...	...	...	...
	3 000 «АГРОИНВЕСТ»	...	...	...	...	...	...	...
	4 000 «СК МАГИК»	...	...	...	...	...	...	...
	5 000 «ТРК АГРО»	...	...	...	...	...	...	...
	6 000 «МТГ»	...	...	...	...	...	...	...
	7 000 «Снабфирм»	...	...	...	...	...	...	...
	8 000 «ТАНДЕМ1»	...	...	...	...	...	...	...
	9 000 «Виразж»	...	...	...	...	...	...	...
	10 000 «ППК»	...	...	...	...	...	...	...
	11 АО «СНАБАГРОПУЛ»	...	...	...	...	...	...	...
Контрагенты с незначительным уровнем динамизма ($K_d = 0,01-0,1$)								
...
Контрагенты независимые ($K_d = 0,01-0,1$)								
Нет влияния	13 000 «Рассада»	...	...	...	...	...	...	...
	14 000 «Овощ» открытый	...	...	...	...	...	...	...
	15 000 «Фармед»	...	...	...	...	...	...	...
Внутренние партнеры ($K_d = 1$)								
Прямое сильное влияние	29 000 «Сахарный Елецкий завод»	5-4 ООО «АвторемонтТРИ» и ООО «ЗапчастиВерсаль»	1-2 ЖК «Анечка» и ЖК «Лиза»	1-2 000 «ТП» и ООО «АТП»	1 Лаборатория продукции растениеводства	1-2 ГК ТРИО НИР	1 ГК ТРИО	1 000 «Складская сеть»
	28 000 «Хлебозавод»	1-3 Школа селекции и семеноводства	3-4 Растениеводческий комплекс	3 000 «Логист центр»	2 Лаборатория животноводства	3-4 ГК ТРИО ОКР	2 000 «АГРО-ФИРМА ТРИО»	
...

Источник: Составлено авторами

(на рис. 4 они обозначены цифрами). В периметр сотрудничества вошли организации, которые имеют не менее 5% от общего оборота по конкретному виду договоров от общего оборота центра партнерства по анализу оборотно-сальдовой ведомости.

Взаимодействие позволяет компаниям повысить конкурентоспособность за счет синергетического эффекта. Положительные эффекты между предприятиями могут возникать как объективное следствие пространственной концентрации производства или быть результатом активного взаимовыгодного сотрудничества.

Выводы/Conclusions

Изучение различных факторов, под влиянием которых происходит трансформация интеграционных

взаимодействий в агропромышленном комплексе, позволило разработать модель межорганизационных отношений, основанную на реализации дихотомического подхода к управлению агробизнесом. Дихотомический подход позволил использовать сложные системные признаки и построить экосистемную организационную структуру. За базу сформированной организационной структуры принята типология стейкхолдеров Митчелла и Вуда на основании классификации Фассина.

По мнению авторов, управление интегрированными структурами в АПК необходимо начинать с разработки дихотомической организационной структуры организаций потенциальных партнеров и оценки ключевых элементов, запускающих бизнес-процессы.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках реализации гранта РФФ по президентской программе исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными, № 23-78-01247.

FUNDING

The research was carried out as part of the implementation of the RGNF grant under the Presidential Program of Research projects implemented by leading scientists, including young scientists, No. 23-78-01247.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Плотников В.А. Перспективы экономического развития в условиях постнормальности. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2022; (6): 15–21. <https://elibrary.ru/rwcnrh>
- Шамин А.Е., Фролова О.А., Вертакова Ю.В., Каспаров И.В., Яшкова Н.В. Проблемы развития сельского хозяйства и пути их решения. *Вестник НГИЭИ*. 2023; (10): 109–125. <https://elibrary.ru/aucmo>
- Алтухов А.И. Проблемы социально-экономического развития отечественного АПК требуют активного решения. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2021; (6): 2–12. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12>
- Хорошева Е.С., Денисова Н.В. Бизнес-процессы в АПК: сущность, виды и особенности в современных экономических условиях. *Научный журнал*. 2018; (11): 14–19. <https://elibrary.ru/yqwtv>

REFERENCES

- Plotnikov V.A. Prospects for economic development under postnormal conditions. *Izvestiâ Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta*. 2022; (6): 15–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/rwcnrh>
- Shamin A.E., Frolova O.A., Vertakova Yu.V., Kasparov I.V., Yashkova N.V. Problems of agricultural development in the region and ways to solve them. *Bulletin NGIEI*. 2023; (10): 109–125 (in Russian). <https://elibrary.ru/aucmo>
- Altukhov A.I. Problems of socio-economic development of the domestic agro-industrial complex require an active solution. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2021; (6): 2–12 (in Russian). <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2021-0-6-2-12>
- Khorosheva E.S., Denisova N.V. Business processes in agriculture: essence, types and features in modern economic conditions. *Science magazine*. 2018; (11): 14–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/yqwtv>

5. Кириленко А. Интеграционные процессы в сельском хозяйстве (на примере Иркутской области). *Экономист*. 2003; (3): 86–88. <https://elibrary.ru/rzwhaw>
6. Головина С.Г., Ручкин А.В. Роль кооперативов в устойчивом развитии сельских территорий. *Аграрная наука*. 2023; (6): 131–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-131-138>
7. Ушачев И.Г. Стратегические подходы к развитию АПК России в контексте межгосударственной интеграции. *АПК: экономика, управление*. 2015; (1): 3–16. <https://elibrary.ru/tduclj>
8. Гумеров Р. Сельскохозяйственная кооперация и агропромышленная интеграция в пореформенной России. *Российский экономический журнал*. 1998; (4): 66–76. <https://elibrary.ru/vuugvb>
9. Авдашева С., Дементьев В. Акционерные и неимущественные механизмы интеграции в российских бизнес-группах. *Российский экономический журнал*. 2000; (1): 13–27. <https://elibrary.ru/ojbmvcw>
10. Christopher M., Payne A., Ballantyne D. Relationship Marketing: Bringing Quality, Customer Service and Marketing Together. Oxford; Boston: *Butterworth-Heinemann*. 1991; viii, 204. ISBN: 0-7506-0978-8
11. Петров С.П., Гильмундинов В.М. Интеграция цепочек поставок как форма вертикального взаимодействия в теории фирмы. *Вопросы экономики*. 2022; (3): 147–160. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-3-147-160>
12. Пионткевич Н.С. Развитие финансового менеджмента организаций в контексте интеграции факторов эндогенной и экзогенной среды. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2024; 245(1): 223–234. <https://elibrary.ru/fwnenp>
13. Шилова Н.П. Этапы развития и принципы организации интегрированных формирований в АПК России. *Организатор производства*. 2010; (4): 22–25. <https://elibrary.ru/oyqwxw>
14. Черных О.Г. Оценка эффективности интеграции цифровых платформ в малых и средних организациях. *Менеджер*. 2023; (3): 84–93. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10065840>
15. Благирев М.М. Дихотомическое деление и дихотомический анализ в исследовании разнородных объектов. *Образовательные ресурсы и технологии*. 2022; (1): 83–90. <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2022-1-83-90>
16. Хоружий Л.И., Катков Ю.Н., Романова А.А. Матричный анализ в системе управления межорганизационным сотрудничеством организаций АПК. *Бухучет в сельском хозяйстве*. 2019; (11): 67–77. <https://elibrary.ru/pcywwf>
17. Fassin Yu. The Reasons Behind Non-Ethical Behaviour in Business and Entrepreneurship. *Journal of Business Ethics*. 2005; 60(3): 265–279. <https://doi.org/10.1007/s10551-005-0134-3>
18. Freeman R.E., McVea J. A Stakeholder Approach to Strategic Management. Working Paper No. 01-02. *Darden Graduate School of Business Administration, University of Virginia*. 2001. <http://doi.org/10.2139/ssrn.263511>
19. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: *Cambridge University Press*. 2010; 292. ISBN: 9780521151740
20. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*. 1997; 22(4): 853–886. <https://doi.org/10.2307/259247>
5. Kirilenko A. Integration processes in agriculture (on the example of the Irkutsk region). *Economist*. 2003; (3): 86–88 (in Russian). <https://elibrary.ru/rzwhaw>
6. Golovina S.G., Ruchkin A.V. The role of cooperatives in the sustainable development of rural areas. *Agrarian science*. 2023; (6): 131–138 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-131-138>
7. Ushachev I.G. Strategic approaches to the development of the agro-industrial complex of Russia in the context of interstate integration. *AIC: economy, management*. 2015; (1): 3–16 (in Russian). <https://elibrary.ru/tduclj>
8. Gumerov R. Agricultural cooperation and agro-industrial integration in post-reform Russia. *Russian Economic Journal*. 1998; (4): 66–76 (in Russian). <https://elibrary.ru/vuugvb>
9. Avdasheva S., Demyntev V. Joint-stock and non-property integration mechanisms in Russian business groups. *Russian Economic Journal*. 2000; (1): 13–27 (in Russian). <https://elibrary.ru/ojbmvcw>
10. Christopher M., Payne A., Ballantyne D. Relationship Marketing: Bringing Quality, Customer Service and Marketing Together. Oxford; Boston: *Butterworth-Heinemann*. 1991; viii, 204. ISBN: 0-7506-0978-8
11. Petrov S.P., Gilmundinov V.M. Supply chain integration as a form of vertical interaction in the theory of the firm. *Voprosy Ekonomiki*. 2022; (3): 147–160 (in Russian). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-3-147-160>
12. Piontkovich N.S. Development of financial management of organizations in the context of factor integration endogenous and exogenous environment. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*. 2024; 245(1): 223–234 (in Russian). <https://elibrary.ru/fwnenp>
13. Shilova N.P. The stages of integration development and principles of organization of integrated formations in agrarian and industrial complex of Russia. *Production manager*. 2010; (4): 22–25 (in Russian). <https://elibrary.ru/oyqwxw>
14. Chernykh O.G. Evaluation of the efficiency integration of digital platforms in small and medium organizations. *Manager*. 2023; (3): 84–93 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10065840>
15. Blagirev M.M. Dichotomous division and dichotomous analysis in the study of heterogeneous objects. *Educational resources and technologies*. 2022; (1): 83–90 (in Russian). <https://doi.org/10.21777/2500-2112-2022-1-83-90>
16. Khoruzhy L.I., Katkov Yu.N., Romanova A.A. Matrix analysis in the system of management of inter-organizational cooperation of AIC organizations. *Accounting in agriculture*. 2019; (11): 67–77 (in Russian). <https://elibrary.ru/pcywwf>
17. Fassin Yu. The Reasons Behind Non-Ethical Behaviour in Business and Entrepreneurship. *Journal of Business Ethics*. 2005; 60(3): 265–279. <https://doi.org/10.1007/s10551-005-0134-3>
18. Freeman R.E., McVea J. A Stakeholder Approach to Strategic Management. Working Paper No. 01-02. *Darden Graduate School of Business Administration, University of Virginia*. 2001. <http://doi.org/10.2139/ssrn.263511>
19. Freeman R.E. Strategic Management: A Stakeholder Approach. Boston: *Cambridge University Press*. 2010; 292. ISBN: 9780521151740
20. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*. 1997; 22(4): 853–886. <https://doi.org/10.2307/259247>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Владимировна Вертакова¹
доктор экономических наук, профессор
vertakova7@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1685-2625>

Юрий Николаевич Катков¹
кандидат экономических наук, доцент
kun95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5258-1343>

Анастасия Алексеевна Романова²
кандидат экономических наук
romanovargaymsha@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8405-0715>

¹Российский государственный гуманитарный университет, Миусская площадь, 6, Москва, 125047, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Yulia Vladimirovna Vertakova¹
Doctor of Economics, Professor
vertakova7@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1685-2625>

Yuri Nikolaevich Katkov¹
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
kun95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5258-1343>

Anastasia Alekseevna Romanova²
Candidate of Economic Sciences
romanovargaymsha@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8405-0715>

¹Russian State University for the Humanities, 6 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia

²Russian State Agrarian University — Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia



XXXIII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2025



9-11
АПРЕЛЯ
2025

ОБУЧЕНИЕ! ОТДЫХ! ОБЩЕНИЕ!



18+



Event-пространство Амальтея Hall
Инновационный центр Сколково
Большой бул., 40. Москва

www.vetcongress.ru
infosupport@vetcongress.ru
+7 (495) 989 44 60



ЦЕНТР ИЗУЧЕНИЯ
ПИТАНИЯ
И БЛАГОПОЛУЧИЯ
ЖИВОТНЫХ

par+ners

ВЕТПРОМ



ГРУППА
КОМПАНИЙ
ВК

Валта
pet products

МИРАЛЕК

ВЕТБИОХИМ

NITA-FARM
ветеринарные препараты



KRKA

МОСЗООВЕТНАБ
Мы рядом, вместе с вами

Brit

apicenna
ветеринарные фармацевтика



Happy pet. Happy You.

ЯРВЕТ



neoterica
ветеринарные препараты

astraфарм
Группа компаний

Agros 2025 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

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

22-24 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

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

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 СПИКЕРОВ:

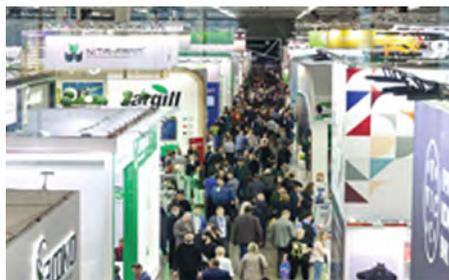
- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА
ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА

НОВОЕ В 2025г.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
МЯСОПЕРЕРАБОТКИ

МУКОМОЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАСЛОЖИРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



«Выставка Агрос - №1 в животноводстве в России и, самое главное, она сделана для специалистов, представителей отрасли, аналитиков и экспертов»

Алексей Гордеев, заместитель Председателя Государственной Думы Федерального Собрания РФ

СОВМЕСТНО С

PotatoHorti
2025 agritechexpo

800+ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСТАВЩИКОВ
21 000+ ПОСЕТИТЕЛЕЙ
80+ МЕРОПРИЯТИЙ ПРОГРАММЫ
600+ ЭКСПЕРТОВ



РЕКЛАМА

Больше информации об участии в наших выставках:

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com

Организатор: ООО «Агрос Экспо Групп»

САМАЯ
АКТУАЛЬНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ
О ВЫСТАВКЕ

