

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

10
2024



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



ЗООТЕХНИЯ

Качественные показатели молока и кисломолочных продуктов при включении в рацион коров активированного цеолита и пробиотиков

72

АГРОНОМИЯ

Устойчивость сортов яровой твердой пшеницы к стеблевой ржавчине на фоне естественной инфекции

128

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Разработка и испытания измерительной камеры для устройства экспресс-анализа качества молока в потоке

165

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:

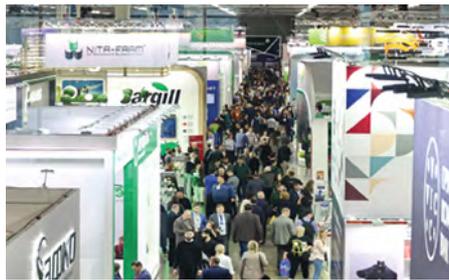
- БОЛЕЕ 60 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ И СОВЕЩАНИЯ
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ – ЗИМНЯЯ ТОЧКА
ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА

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

КормВет экспо Грэйн 2024

МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ

22-24 ОКТЯБРЯ

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ



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



FEEDVET-EXPO.RU

НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!

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

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

10 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 387, номер 10, 2024

Volume 387, number 10, 2024

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

Авторские права © 2024. Эта 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 Теллова А.С.

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

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

Тел. редакции +7 (916) 616-05-31

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agrarnayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

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

На печатный журнал можно подписаться:

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

в агентстве подписки ООО «Урал-Пресс Округ» —

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

Бесплатная подписка на электронную версию —

<https://agrarnayanauka.ru>

Подписка на архивные номера и отдельные статьи:

на сайте научной редакции

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

на сайте научной электронной библиотеки

www.elibrary.ru

Свободная цена.

Тираж 2000 экз.

Подписано в печать 11.10.2024

Дата выхода в свет 18.10.2024

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:

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

Тел. +7 (499) 130-60-19,

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

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

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

Издатель:

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

Главный редактор:

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

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

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

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

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

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

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

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.

Николайчик 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.

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Казахмедов Р.Э., доктор 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 Souza, PhD, Региональный университет Блюменау, г. Блюменау, Бразилия.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Фавзи М. 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.

10 · 2024

Agrarnaya nauka

Том 387, номер 10, 2024

Volume 387, number 10, 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 11.10.2024

Release date 18.10.2024

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

7, building 2, fl. 2, room I, Derbenevskaya embankment, Moscow 115114.

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

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

16+

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

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

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

Publisher:

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

Editor-in-chief:

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

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

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

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.

Ansori 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.

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

НОВОСТИ	8	
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТRENДЫ, НОВИНКИ		
Здоровая корова — рентабельное хозяйство: первая помощь и профилактика осложнений отела	9	
Малый агробизнес ежегодно производит около 40% всего объема сельхозпродукции	10	
Свиноводство: цели, задачи, решения	12	
Значимость комплекса «Декстран Fe ³⁺ » с гептановой кислотой для поросят-сосунов	14	
Особенности производства защищенных белков EFKOFEED	16	
Безопасность продуктов питания: применение иммуноферментного анализа в агробизнесе	18	
Значение генетических исследований для животноводов в контексте нового законодательства	20	
Просто и удобно: заменитель молока для вскармливания щенков и котят	22	
«Рядом с Николаем Ивановичем Вавиловым»	24	
Органическая фульвовая кислота: повышение продуктивности животных и урожайности растений в сельском хозяйстве	25	
Интервью. Институт прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины Красноярского ГАУ: приоритетные направления, тенденции и перспективы	26	
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ		
Терапевтическая эффективность лекарственного препарата «Мастиблок® гель» при лечении мастита овец	28	
ОТ РЕДАКТОРА		
Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Наукометрический вектор развития.	36	
ВЕТЕРИНАРИЯ		
Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В. Системное влияние онкологического процесса на организм собак	37	
Золотова А.В., Панина Е.В., Семак А.Э., Просекова Е.А., Беляева Н.П. Особенности роста и гистоструктуры двенадцатиперстной кишки японских перепелов (<i>Coturnix japonica</i>) мясного и яично-мясного направления.	44	
Тимченко Л.Д., Писков С.И., Шахбанов М.Ш., Ржепаковский И.В., Сизоненко М.Н., Аванесян С.С., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б. Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц	51	
ЗООТЕХНИЯ		
Валиуллин Л.Р., Мухаммадиев Р.С., Самсонов А.И., Яруллин А.И., Мингалиев Д.Н., Зуева Ю.В., Севостьянов М.А., Барышев М.Г., Ежкова А.М. Снижение опасности токсинов фитопатогенов с помощью композиции органоминерального происхождения.	62	
Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В., Дускаев Г.К. Изменение молочной продуктивности и качества молока козوماتок при включении в рацион жмыха и пробиотика.	67	
Крутин Е.О., Шакиров Ш.К., Гайнуллина М.К., Бикчантаев И.Т., Давлетшина Г.А., Шавалеев М.Ф., Хоггуи М., Антонов М.В., Хайруллина А.Р., Аскарлова А.А., Косенкова О.Ш. Качественные показатели молока и кисломолочных продуктов при включении в состав рациона коров активированного цеолита и пробиотиков.	72	
Беломожнов Т.Д., Клименко В.П., Маляренко С.А. Качество корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы с биологическими и химическими консервантами	80	
Турлова Ю.Г., Позовникова М.В., Крутикова А.А., Никитин В.В. Связь полиморфизма гена FSHR с воспроизводительными качествами коров голштинской породы. ...	86	
Никиткина Е.В., Плешанов Н.В., Богданова С.С., Турлова Ю.Г. Сохранение биологической полноценности сперматозоидов быков при хранении спермы в охлажденном виде.	91	
АГРОНОМИЯ		
Базюк Д.А., Белозерова А.А., Боме Н.А. Использование селекционных индексов для оценки коллекционных образцов ярового ячменя <i>Hordeum vulgare</i> L.	96	
Земцова Е.С., Боме Н.А., Новохатин В.В. Микробиота семян яровой пшеницы, выращенной в контрастных агроклиматических условиях Тюменской области.	104	
Бакулова И.В., Плужникова И.И., Кришин Н.В. Мероприятия по защите конопли посевной от болезней.	111	
Рябцева Н.А. Влияние климатических факторов на действие регуляторов роста в агроценозах ярового ячменя.	117	
Захаров Д.А., Степанова Е.В., Иваночкин И.А. Применение магнийсодержащих удобрений способом праймирования для регуляции физиологических процессов у озимой пшеницы.	122	
Серикбайкызы А., Рсалиев Ш.С., Темирбекова С.К. Устойчивость сортов яровой твердой пшеницы к стеблевой ржавчине на фоне естественной инфекции.	128	
Салех С., Мурыгина Е.А., Боме Н.А. Оценка морфофизиологических параметров устойчивости различных сортов озимой ржи к хлоридному засолению в лабораторных условиях.	134	
Подковыров И.Ю., Сметанников А.П. Влияние метеорологических условий Нечерноземной зоны на фитосанитарное состояние посевов фасоли зерновой.	139	
Некляев С.Э., Ларина Г.Е., Серая Л.Г. Сукцессионные изменения афиллофоровых макромицетов на разных этапах ксиллиза хвойных пород.	145	
Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В., Пикунцова А.В., Лаврусевич Н.Г. Конструирование новых геномов колонновидной яблони во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур.	154	
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Орлов В.А., Лукьянов А.А., Михайловская О.И. Определение морфометрических показателей почвенной поверхности виноградного насаждения по спектральному каналу спутниковых изображений.	159	
Хакимов А.Р., Юрочка С.С., Рузин С.С., Владимиров Ф.Е. Разработка и испытания измерительной камеры для устройства экспресс-анализа качества молока в потоке.	165	
Довлатов И.М., Комков И.В., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е., Хакимов А.Р. Влияние теплового стресса, определение температурно-влажностного индекса.	171	
Tretyak L.N., Rebezov M.B., Yavkina D.I. Technique of functional simulation as a tool for providing the required quality of fortified bakery products.	177	
Миневич И.Э., Ущуповский В.И., Яковлева А.А., Зайцева Л.А. Влияние способа переработки семян рапса на их белковый комплекс	185	
Серба Е.В., Юрова Е.А. Влияние зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока.	192	

CONTENTS

NEWS	8
INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES	
A healthy cow is a profitable farm: first aid and prevention of complications after calving	9 
Small agribusiness produces about 40% of all agricultural products annually	10
Pig farming: goals, objectives, solutions	12
The importance of the Fe ³ dextran complex with heptanoic acid for suckling piglets	14
Features of the production of protected proteins EFKOFEEED	16 
Food safety: the use of enzyme immunoassay in agribusiness	18 
The importance of genetic research for livestock breeders in the context of new legislation	20 
Simple and convenient: milk replacer for feeding puppies and kittens	22 
"Next to Nikolai Ivanovich Vavilov"	24
Organic fulvic acid: increasing animal productivity and plant yields in agriculture	25 
Interview. Institute of Applied Biotechnology and Veterinary Medicine of the Krasnoyarsk State Agrarian University: priority areas, trends and prospects	26
FROM THEORY TO PRACTICE	
Therapeutic efficacy of the drug MASTIBLOK [®] gel in the treatment of sheep mastitis	28 
EDITOR'S COLUMN	
Rebezov M.B., Violin B.V. Scientometric vector of development	36
VETERINARY MEDICINE	
Vilmis D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V. Systemic effect of the oncological process on the dog's body	37
Zolotova A.V., Panina E.V., Semak A.E., Prosekova E.A., Belyaeva N.P. Features of the growth and histostructure of the duodenum of japanese quails (<i>Coturnix japonica</i>) of the meat and universal direction	44
Timchenko L.D., Piskov S.I., Shakhbanov M.Sh., Rzhepakovsky I.V., Sizonenko M.N., Avanesyan S.S., Nagdalian A.A., Rebezov M.B. Effective technology for disinfectant ozonation of hatching chicken eggs	51
ZOOTECHNICS	
Valiullin L.R., Muhammadiev R.S., Samsonov A.I., Yarullin A.I., Mingaliev D.N., Zueva J.V., Sevostyanov M.A., Baryshev M.G., Yezhkova A.M. Reducing the danger of phytopathogen toxins by using an organomineral composition	62
Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K. Changes in milk productivity and quality of goat milk when including cake and probiotic in the diet	67
Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Gainullina M.K., Bikchantaev I.T., Davletshina G.A., Shavaleev M.F., Hoggui M., Antonov M.V., Khairullina A.R., Askarova A.A., Kosenkova O.Sh. Qualitative indicators of milk and fermented milk products when activated zeolite and probiotics are included in the diet of cows	72
Belomozhnov T.D., Klimenko V.P., Malyarenko S.A. The quality of snaplage from an early ripening corn hybrid with biological inoculant and chemical preservatives	80
Turlova J.G., Pozovnikova M.V., Krutikova A.A., Nikitin V.V. Association of FSHR gene polymorphism with fertility of Holstein cows	86
Nikitkina E.V., Pleshonov N.V., Bogdanova S.S., Turlova Yu.G. Preserving of the bovine chilled semen viability	91
AGRONOMY	
Bazyuk D.A., Belozeroва A.A., Bome N.A. Using breeding indices for evaluating collection samples of spring barley <i>Hordeum vulgare</i> L.	96
Zemtsova E.S., Bome N.A., Novokhatin V.V. Microbiota of spring wheat seeds grown within the contrasting agroclimatic conditions of the Tyumen region	104
Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. Measures to protect hemp from harmful organisms	111
Ryabtseva N.A. The influence of climatic factors on the effect of growth regulators in agroecosystems of spring barley	117
Zakharov D.A., Stepanova E.V. Ivanochkin I.A. Application of magnesium-containing fertilizers by priming method for regulation of physiological processes in winter wheat	122
Serikbaykyzy A., Rsaliev Sh.S., Temirbekova S.K. Resistance of spring durum wheat varieties to stem rust on the background of natural infection	128
Saleh S., Murygina E.A., Bome N.A. Assessment of morphophysiological parameters of resistance of various varieties of winter rye to chloride salinity in laboratory conditions	134
Podkovyrov I.Yu., Smetannikov A.P. The influence of meteorological conditions of the non-chernozem zone on the phytosanitary condition of grain bean crops	139
Neklyayev S.E., Larina G.E., Seraya L.G. Successional changes in aphyllophorales macromycetes at different stages of coniferous xylolysis	145
Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Lavrusevich N.G. Construction of new genomes of columnar apple trees in the Russian research institute of fruit crop breeding	154
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Orlov V.A., Lukyanov A.A., Mikhailovskaya O.I. Detection of morphometric indicators of the soil surface of a grape plantation using spectral bands of satellite images	159
Khakimov A.R., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Vladimirov F.E. Development and testing of a measuring chamber for a device for express analysis of milk quality in a flow	165
Dovlatov I.M., Komkov I.V., Bazaev S.O., Vladimirov F.E., Khakimov A.R. Effect of heat stress, determination of temperature-humidity index	171
Tretyak L.N., Rebezov M.B., Yavkina D.I. Technique of functional simulation as a tool for providing the required quality of fortified bakery products	177
Minevich I.E., Ushchapovsky V.I., Yakovleva A.A., Zaitseva L.A. The influence of rapeseed processing on their protein complex	185
Serba E.V., Yurova E.A. The influence of zootechnical factors on the composition of proteins in raw cow's milk	192



ПРАВИТЕЛЬСТВО ВЫДЕЛИТ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМ ФРУКТОВ И ЯГОД, ПОСТРАДАВШИМ ОТ МАЙСКИХ ЗАМОРОЗКОВ, СВЫШЕ 900 МЛН РУБЛЕЙ

Правительство окажет финансовую помощь аграриям, выращивающим фрукты и ягоды, чьи посадки пострадали от майских заморозков в 2024 году, сообщил премьер-министр России Михаил Мишустин на заседании кабинета министров. Задачу оказать дополнительную финансовую поддержку таким сельхозпроизводителям поставил президент РФ, отметил глава кабмина. Всего дополнительное финансирование составит свыше 900 млн руб., что позволит поддержать более 160 сельхозпроизводителей из девяти регионов — Белгородской, Волгоградской, Воронежской, Курской, Липецкой, Пензенской, Ростовской, Саратовской и Тамбовской областей, уточнил он. «Важно, чтобы средства как можно скорее поступили в регионы, — добавил председатель правительства. — Это должно помочь аграриям с высаживанием новых плодовых деревьев и ягодных кустарников уже сейчас, в ходе осенних полевых работ».

(Источник: Официальный сайт Правительства РФ)

РОССИЙСКИЕ УЧЕНЫЕ НАШЛИ СПОСОБ СНИЗИТЬ ТОКСИЧНОСТЬ МЕДИ В РАСТЕНИЯХ ОГУРЦА

Биологи СПбГУ совместно с коллегами из ПСПбГМУ им. И.П. Павлова и Ботанического института им. В.Л. Комарова выяснили, что наночастицы перспективного в биомедицине вещества фуллерен снижают токсичность меди в растениях огурца вдвое, информирует ТАСС со ссылкой на пресс-службу университета.

Необходимо строго контролировать содержание меди в сельхозрастениях. Избыток этого элемента в их составе ставит под сомнение возможность получения высокого урожая и высококачественной продукции растениеводства (превышение допустимой концентрации меди может нарушить ряд важных механизмов функционирования растений), отметили в вузе.

Как сообщает информагентство, ученые предложили рассмотреть в качестве регуляторов устойчивости растений к избытку меди наночастицы молекулярной формы углерода — фуллерена C60, поскольку они способны связывать некоторые тяжелые металлы, переводя их в менее токсичную форму. Кроме того, фуллерены являются антиоксидантами, то есть могут нивелировать действие активных форм кислорода. «Эксперименты доказали, что производные фуллерена C60 способны снижать токсичность меди у растений огурца, — резюмировал заведующий кафедрой агрохимии СПбГУ доктор биологических наук, профессор Николай Битюцкий. — Наиболее сильное защитное действие от избытка меди оказывал аддукт фуллерена C60, синтезированный путем присоединения аминокислоты аргинин, под влиянием которого токсичность меди снижалась более чем в два раза». Исследователи обнаружили, что фуллерен, связанный с аргинином, в 2 раза снизил концентрацию меди в клеточном соке, поступающем из корней растения в его надземные части.

По мнению ученых, результаты проведенного исследования будут полезны для синтеза новых наноматериалов, предназначенных для повышения устойчивости сельхозрастений к избытку меди.

РЕКЛАМА

helicon

Оснащение диагностических лабораторий «под ключ»

- Диагностика фитопатогенов методом ПЦР и ИФА
- Паспортизация растений и выявление ГМО
- Микрклональное размножение растений
- Генотипирование и геномная селекция



Это печатная реклама. Не для распространения в сети Интернет

helicon

Единый телефон
8 800 770 71 21
бесплатный звонок по России

000 «Компания Хеликон», г. Москва,
Новомещерский проезд, д. 9, стр. 1
Адрес центрального отдела продаж
в г. Москве: Кутузовский проспект, д. 88



ЗДОРОВАЯ КОРОВА — РЕНТАБЕЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО: ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ И ПРОФИЛАКТИКА ОСЛОЖНЕНИЙ ОТЕЛА

Прибыль молочной фермы напрямую зависит от объема производимого молока. Поддержание и рост лактации без отела невозможны, поэтому от правильного течения этого процесса зависит будущая рентабельность предприятия.

Отел — это особо важный этап в жизни коровы, который должен пройти благополучно для успешного старта новой лактации. Готовиться к отелу следует задолго до его начала, обеспечивая оптимальный уровень кормления и комфорта коров в период стельности. После подготовки в сухостойном периоде основное внимание уделяется спокойному течению отела и послеродовой фазы, своевременному выявлению осложнений. Благополучный отел гарантирует высокий потенциал продуктивности молочной коровы.

Часто коровы теряют аппетит и отказываются от кормов задолго до начала первых потуг, именно поэтому сразу после отела важно: быстро восстановить затраченные энергетические ресурсы организма коровы для запуска рубца и обменных процессов; заполнить объем, ранее занимаемый теленком в брюшной полости, для профилактики смещения сычуга и механического сокращения матки.

Эти задачи легко решаются выпойкой или дренчеванием специальных энергетических коктейлей.

Первая выпойка коровы имеет несколько преимуществ. С одной стороны, корова получает важные электролиты и быструю энергию через соединения сахаров, которые стабилизируют обмен веществ, с другой — большое количество теплой воды помогает «разбудить» содержимое рубца. Только при прохождении пассажей без нарушений можно достичь высоких уровней потребления корма в последующие дни и снизить риск смещения сычуга.

Для быстрого восстановления энергетического тонуса животных и профилактики послеродовых осложнений российские производители предлагают уникальные рецептуры коктейлей в форме водорастворимых порошков:

1. **«Фелуцен К1-2» — энергетический коктейль для новотельных коров (с высоким содержанием сахаров)**. Коктейль имеет приятный вкус за счет высокого содержания сахаров, поэтому коровы охотно выпивают его самостоятельно. Состав коктейля позволяет проводить профилактику и симптоматическое лечение заболеваний послеродового периода:

кетоза, послеродового пареза, эклампсии, задержания последа. Подходит для применения в хозяйствах с частотой родильных парезов в стаде не более 7%. Индивидуальная упаковка и способ дачи коктейля обеспечивают легкость его применения на ферме любого статуса.

2. **«Дейристарт Дринк для новотельных коров» — энергетический коктейль («Энергостарт», усиленный кальцием, литера 4306)**. Коктейль подходит для выпойки новотельным коровам, если родильный парез в стаде свыше 7,5%, при молочной продуктивности коров более 8000 л за лактацию. Рекомендован для профилактики гипокальциемии. Рецепт усилен легкодоступным кальцием. Поскольку источники кальция придают коктейлю горьковатый вкус, рекомендуем вводить его коровам через зонд (или дренчер) для гарантированного результата. Ветеринарные специалисты могут больше не прибегать к использованию капельниц с препаратами кальция, а профилактировать и лечить послеродовой парез с наименьшим стрессом для коров и трудозатратами.

3. **«Фелуцен К1-2» — стимулирующий энергетический коктейль для новотельных коров (с добавлением живых дрожжей, литера 4464)**. Коктейль используется для профилактики атонии рубца после тяжелых отелов. Раствор коктейля быстро восстанавливает энергетический баланс организма, стимулирует жвачку, помогает запустить рубец, профилактирует ацидозы. Живые дрожжи, углеводы и сахара помогают создать условия для развития полезной микрофлоры рубца и обеспечить высокую молокоотдачу на раздое. Выпойка коктейля сразу после отела способствует ускорению инволюции половых органов и плодотворному осеменению животных в дальнейшем периоде.

Опыт показывает, что однократная выпойка коктейлей позволяет сократить уровень послеродовых осложнений и заметно снизить расходы на лечение опасных последствий: задержание последа — на 15%; эндометрит — на 23%; смещение сычуга — на 90%; родильный парез — на 15%.

Наши эксперты всегда готовы помочь вашему предприятию разработать индивидуальную систему профилактики послеродовых осложнений, специально адаптированную к вашим условиям.



Тел. горячей линии: **8 (800) 3-200-888**
(бесплатно)



prok.ru



agrovit87.ru

МАЛЫЙ АГРОБИЗНЕС ЕЖЕГОДНО ПРОИЗВОДИТ ОКОЛО 40% ВСЕГО ОБЪЕМА СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Вопросы повышения эффективности господдержки сельхозтоваропроизводителей малых форм хозяйствования и доступности рынков сбыта фермерской продукции обсудили в гибридном формате участники расширенного заседания Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию. Провел заседание глава Комитета Александр Двойных.

Как сообщил в ходе мероприятия первый заместитель председателя Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин, вопросы развития малых форм агробизнеса, увеличения производства и расширения каналов сбыта фермерской продукции в стране постоянно находятся в фокусе внимания верхней палаты российского парламента, ее председателя Валентины Матвиенко, профильного Комитета. В настоящее время в РФ, согласно данным Минсельхоза России, зарегистрировано около 33 тыс. микро- и малых сельхозорганизаций, свыше 162 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств (КФХ) и индивидуальных предпринимателей, занятых в аграрной сфере, 6,5 тыс. сельскохозяйственных потребительских кооперативов (СПК), проинформировал он. При этом доля сельхозпродукции, производимая личными подсобными хозяйствами (ЛПХ), составляет около четверти от общего объема сельхозпроизводства, КФХ — порядка 15%, а в целом малые формы хозяйствования ежегодно производят около 40% от общего объема сельхозпродукции, уточнил сенатор. «Эти показатели говорят сами за себя», — заметил он. Помимо этого, малый агробизнес выполняет важную социальную роль, являясь реальным партнером государства в развитии сельских территорий, добавил парламентарий.

Важность сохранения и повышения конкурентоспособности малых форм хозяйствования в сфере АПК как в производстве, так и в торговле отметил председатель Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Александр Двойных. «Настораживает тенденция по монополизации торгового рынка», — заметил он. По мнению законодателя, очевидно, что в современных рыночных условиях, — с учетом происходящих сегодня во всем мире глобализационных процессов, — малому агробизнесу не выжить без мер поддержки. «Мы последовательно продвигаем и будем продвигать малые формы хозяйствования в АПК (тем более что у нас один из самых демократичных рынков в мире), — сказал он. — Однако ряд крупных торговых сетей пускают на свои полки малых сельхозтоваропроизводителей либо с большим трудом, либо не пускают совсем. В этой связи необходимо выстраивать систему преференции». Парламентарий акцентировал внимание на том, что сети боятся конкуренции с маркетплейсами. «Маркетплейсы также должны нести ответственность за качество товаров, поставляемых через них, а не просто быть посредниками в сделках. Важно, чтобы зона интернет-торговли для фермера была в определенном смысле безопасной», — отметил он.



Сергей Митин рассказал, что в РФ реализуется целый комплекс мер адресной поддержки для данной категории сельхозтоваропроизводителей. Например, по линии федерального Минсельхоза действует 12 таких мер, из них 9 — исключительно для фермеров, сообщил он. Также по линии Минпромторга стимулируется развитие многоформатной торговли фермерской продукцией, в том числе на розничных рынках и ярмарках, нестационарных торговых объектах, автолавках, мобильных торговых объектах, и создаются условия для реализации такой продукции через маркетплейсы, уточнил спикер. Тем не менее, отметил он, в Совете Федерации считают, что, несмотря на широкий инструментарий поддержки, вопрос сбыта фермерской продукции (как определяющий фактор развития отечественных сельхозтоваропроизводителей малых форм хозяйствования) в полной мере до сих пор не решен.

«С 2023 года по поручению председателя Совета Федерации нашим Комитетом ведется работа по созданию дополнительных механизмов реализации фермерской продукции», — сообщил парламентарий. В результате в России были реализованы пилотные проекты по созданию агроагрегаторов для обеспечения доступа фермерской продукции на полки крупных торговых сетей. Сейчас, по информации сенатора, такие агроагрегаторы функционируют в 34 регионах РФ, а по итогам текущего года они должны быть запущены еще в 10 регионах, решивших распространить данную практику на своей территории, в том числе — в Архангельской, Ярославской и Ленинградской областях, Республике Марий Эл, Удмуртской Республике. «Мы будем всячески содействовать масштабированию этого проекта», — заключил Сергей Митин.

Ю.Г. Седова



**АРМАВИРСКАЯ
БИОФАБРИКА**

100 ЛЕТ

**НОВЕЙШИХ
БИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



НОВЫЕ ВЕТПРЕПАРАТЫ

«Неодиавак» - вакцина против рота-,
коронавирусной инфекции, эшерихиоза
и клостридиоза телят



«Пастанарм-8» - вакцина против
пастереллеза и клостридиоза жвачных



«Пастервакарм-2» - вакцина
против пастереллезов жвачных



«Армаваб 2МЕ» - вакцина
против бешенства животных



«ГриппарМ» - вакцина против
слабопатогенного гриппа птиц



«Клостарм 9» - вакцина поливалентная
против клостридиоза жвачных



Являясь ведущим предприятием биологической отрасли России, на протяжении более 100 лет федеральное казенное предприятие «Армавирская биологическая фабрика» производит широкую линейку химико-фармацевтических, иммунобиологических, диагностических, стимулирующих лекарственных препаратов для ветеринарного применения.

РЕКЛАМА

352212, Краснодарский край,
Новокубанский район,
п. Прогресс, ул. Мечникова, д. 11

Тел. 8 (86195) 2-12-11
8 (86195) 4-10-28
E-mail: armbio@armbio.bio
Сайт: <http://armbio.bio>

ПЕРЕД ПРИМЕНЕНИЕМ ОЗНАКОМЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ

СВИНОВОДСТВО: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, РЕШЕНИЯ

Текущее состояние и перспективы развития свиноводческой отрасли обсудили участники III Международного ветеринарного форума по свиноводству, прошедшего при поддержке департамента ветеринарии Минсельхоза России и Россельхознадзора в Международной промышленной академии. Организаторами мероприятия выступили Национальный Союз свиноводов (НСС) и МПА.

Генеральный директор Национального Союза свиноводов (НСС) Юрий Ковалев, выступая на форуме, обозначил приоритетные цели и задачи для отрасли на ближайшие 5–6 лет, взяв за основу ориентиры национальных проектов для АПК до 2030 года. Первый целевой ориентир — увеличение производства продукции агросектора на 25% к уровню 2021 года, что означает дополнительное производство 1 млн т продукции свиноводства в живом весе (в 2023 году такой продукции было произведено 6 млн т) к указанному году, отметил он. «Это очень серьезная задача: она предполагает расширение поголовья на 10 миллионов», — уточнил эксперт. Второй ориентир — увеличение на 50% от уровня 2021 года экспорта продукции агропромышленного комплекса, при этом поставки свинины должны возрасти в 2,5 раза, с 240 тыс. т в 2023-м до 550–600 тыс. т в 2030 году, констатировал он. Третий ориентир — технологическая независимость, — для ее обеспечения необходимо снизить зависимость от импортных ветеринарных средств, отметил спикер. Согласно его данным, на сегодняшний день отечественные производители способны произвести практически все необходимые ветеринарные препараты. «Российские компании могут обеспечить около 90 процентов потребности рынка и по количеству, и по производственным мощностям. Тем не менее, импорт продолжает активно присутствовать. Его доля на рынке, при отсутствии критической зависимости, составляет сейчас порядка 30–40 процентов. Это нормальная ситуация. Импорт нужен обязательно — это ценовая и качественная конкуренция. Да и 3–4 наши крупные компании все равно не смогут покрыть весь спектр болезней животных. Следовательно, компании-дистрибьюторы выполняют крайне важную роль, обеспечивая

разнообразие спектра химветпрепаратов», — резюмировал глава НСС.

Значительно более сложная ситуация — с вакцинами, особенно учитывая, что сегодня 90–95% вакцин от экономически значимых болезней — импортные (тогда как по вакцинам от особо опасных болезней достигнута почти 100%-я самообеспеченность), отметил спикер. По его словам, в ближайшие годы в нашей стране основной упор будет сделан на развитие отечественного производства вакцин от экономически значимых болезней, — чтобы через 5–6 лет выйти с 5% хотя бы на 50%-й уровень самообеспеченности.

Как сообщил исполнительный директор Национальной ветеринарной ассоциации Тимур Чибилев, рынок ветеринарных препаратов в России после двухлетней стагнации вырос на 37% в 2023 году и достиг 97,7 млрд руб. (причем рост отечественного сегмента шел с опережением на 4%, а доля российских производителей достигла 46%). В ценовом объеме внутри сельхозсегмента на долю свиноводства приходится иммунобиологических средств — 5,8 млрд руб., химветпрепаратов — 11 млрд руб., уточнил он. В рамках национального проекта «Технологическое обеспечение продовольственной безопасности», запускаемого со следующего года, долю российских вакцин на рынке намерено увеличить с 30 до 47%, а долю химветпрепаратов — с 50 до 70%, проинформировал эксперт.

Начальник отдела анализа состояния и развития ветслужб ФГБУ «Центр ветеринарии» Минсельхоза России Сергей Филатов акцентировал свой доклад на вопросах обеспечения биобезопасности на промышленных свиноводческих предприятиях страны. «Создание, функционирование и развитие систем биологической защиты свиноводческих объектов — основа обеспечения эпизоотического благополучия и продовольственной безопасности», — отметил он. По мнению докладчика, для каждого отраслевого производства должен быть разработан индивидуальный, уникальный план по биозащите (с учетом технологических особенностей производства и на основе анализа эпизоотологических рисков). «На всех предприятиях должен быть сотрудник, ответственный за биологическую безопасность, — специалист, который будет координировать все возникающие вопросы и находить пути их решения, а также проводить регулярную оценку рисков с учетом внешних и внутренних факторов», — заключил он.

Ю.Г. Седова



НОВИНКА



ПОРОШОК ХЛОРТЕТРАЦИКЛИН 20%

ЛЕЧЕНИЕ • ПРОФИЛАКТИКА • СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА



- СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРМЛЕНИЯ
- ЛЕЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЭНТЕРИТОВ (ESCHERICHIA COLI И S. CHOLERAESUIS)
- ЛЕЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПНЕВМОНИИ (PASTEURELLA MULTOCIDA)

ПОКАЗАНИЯ

Хлортетрациклин 20% порошок применяют с лечебной целью телятам и свиньям при пастереллезе, колибактериозе, сальмонеллезе, бронхопневмонии, гастроэнтероколите бактериальной этиологии; цыплятам-бройлерам, ремонтному молодняку кур и индюшатам при колибактериозе и сальмонеллезе, а также при других заболеваниях бактериальной этиологии, вызванных чувствительными к хлортетрациклину микроорганизмами.

СРОК ОЖИДАНИЯ



– ТЕЛЯТА И СВИНЬИ
ЧЕРЕЗ 12 СУТОК



– КУРЫ, ЦЫПЛЯТА И ИНДЮШАТА
ЧЕРЕЗ 10 СУТОК



УЗНАТЬ БОЛЬШЕ

25 КГ

СОСТАВ:

В 1 г СОДЕРЖИТСЯ: ХЛОРТЕТРАЦИКЛИН
В ФОРМЕ ГИДРОХЛОРИДА – 200 МГ

ASKONT.RU
+7 (495) 781-49-43

INFO@ASKONT.RU
ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА "АСКОНТ+"



Реклама

ЗНАЧИМОСТЬ КОМПЛЕКСА «ДЕКСТРАН Fe³⁺» С ГЕПТАНОВОЙ КИСЛОТОЙ ДЛЯ ПОРОСЯТ-СОСУНОВ

В России уже более 10 лет активно развивается промышленное свиноводство, что соответствует общему тренду развития сельского хозяйства в стране. Одним из основных направлений развития отрасли является создание крупных свиноводческих комплексов, технология которых направлена на максимальную реализацию генетического потенциала и интенсивную эксплуатацию маточного поголовья. Условия, сопутствующие высокому темпу производства, существенно повышают риск развития различных заболеваний у свиней, приводящих к снижению общей резистентности организма. Один из ярких примеров такого рода заболеваний — железодефицитная анемия.

Железо — неоспоримо важный микроэлемент, участвующий в обменных процессах организма свиней, особенно поросят-сосунов. С уменьшением железа в организме нарушается обмен веществ, снижается активность ферментных систем. Развитие железодефицитной анемии приводит к снижению среднесуточных привесов, отставанию в развитии, способствует развитию инфекционных заболеваний вследствие снижения иммунитета и повышает риск смертности.

Проблема железодефицитной анемии является актуальной для промышленных свинокомплексов и сегодня, отсутствие (или недостаток) доступа животных к природным источникам микроэлементов негативно влияет на здоровье свиней и качество продукции. Разработка и применение эффективных мер предотвращения развития железодефицитной анемии в условиях современного промышленного свиноводства должны стать важной частью стратегии поддержания здоровья поголовья и качества продукции.

Железо является одним из важнейших микроэлементов, входящих в состав гемоглобина, многих коферментов и простетических групп. Несмотря на то что его содержание в земной коре достаточно велико, биодоступность железа существенно различается в зависимости от региональных и биологических особенностей различных видов. В связи с этим организм новорожденных животных использует различные механизмы для получения и накопления железа, чтобы обеспечить необходимый уровень этого элемента для поддержания жизнедеятельности. К наиболее известным элементам метаболизма железа относятся гемосидерин и система ферритина-апоферритина (схема 1).

Данная система обеспечивает связывание и накопление ионов железа. Ключевую роль в этом процессе играет апоферритин — высокомолекулярный белок. При поступлении ионов железа перорально они связываются с апоферритином, образуя ферритин (динамический накопитель железа), из которого железо может быть быстро извлечено по мере необходимости. Этот процесс обеспечивает эффективное использование железа в организме.

Трансферрин является важнейшей транспортной формой железа и отвечает за доставку железа к местам синтеза железозависимых молекул и метаболизма. Таким образом, можно выделить функциональное железо, которое активно участвует в процессах жизнедеятельности организма, и запасы железа, которые хранятся в виде ферритина и могут быть использованы при необходимости.

В процессе накопления железа до определенно-го уровня ферритин и гемосидерин накапливаются

Схема 1. Система ферритина-апоферритина



приблизительно в равных пропорциях. Гемосидерин относится к конечным продуктам энергетического обмена, поэтому извлечение железа из него затруднено.

К функциональному комплексу железа относятся железозависимые ферменты и функциональные протеины. Одним из наиболее важных элементов этого комплекса является гемоглобин. Без гема, содержащегося в порфирино-железном комплексе гемоглобина, транспортировка кислорода из вдыхаемого воздуха к клеткам организма была бы невозможна. Для этой ключевой функции внутриклеточно-го обмена железо играет решающую роль.

Железо имеет большое значение в качестве коэнзима цитохрома. Цитохром поддерживает электронный поток в дыхательной сети для образования аденозинтрифосфата (АТФ), а цитохром Р-450 осуществляет функцию гидроксильирования, которая важна для обезвреживания токсичных соединений.

Гипохромная микроцитарная анемия у молочных поросят — распространенное явление, которое обусловлено острым дефицитом железа. Сравнительные исследования с другими дефицитными состояниями показали, что именно недостаток железа приводит к существенным изменениям важных параметров крови. Содержание гемоглобина и гематокрита при условии снижения поступления железа составляет лишь 50% от уровня нормы, тогда как недостаток белка ведет к падению их содержания всего на 15–18%. Дефицит меди существенно снижает значение гемоглобина и гематокрита, так как предположительно влияет на биологическую доступность железа и тем самым обуславливает описываемый эффект.

На схемах 2, 3 представлена инфографика обеспечения железом молочных поросят в условиях содержания на свинокомплексах.

Причины возникновения железодефицитной анемии у поросят включают:

Неполноценный резерв железа при рождении. Новорожденные поросята имеют ограниченный запас железа, который постепенно расходуется по мере роста и развития организма.

Недостаточное поступление железа с материнским молоком. Недостаточное количество или качество молока у свиноматок способствует более быстрому прогрессированию анемии и усугублению ее течения.

Нарушение всасывания железа в кишечнике. У поросят могут наблюдаться нарушения в процессе усвоения железа из корма. Например, на фоне клинического течения синдрома неонатальной диареи.

Высокую потребность в железе в связи с быстрым ростом и необходимостью в кроветворении. В современных генетических линиях селекцией заложен высокий темп роста. В период активного формирования мышечной ткани и внутренних органов требуется большое количество железа для синтеза гемоглобина и других железосодержащих белков.

Схема 2. Анализ соотношения запасов железа и потребности в нем у поросят в первые три месяца жизни

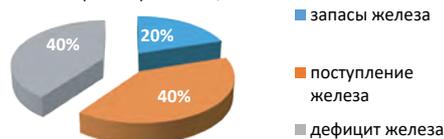


Схема 3. Баланс железа в организме молочных поросят

Резерв железа при рождении (поросенок 1,4 кг)	30–50 мг
Поступление железа с молоком (1 мг/л материнского молока)	1 мг/день
Доступное железо к 28-му дню жизни	60–80 мг
Потребность в железе одного поросенка при ежедневном привесе в 250 г	10 мг
Потребность в железе к 28-му дню жизни	280 мг
Потребность в дополнительном железе (минимальная)	200 мг

При отсутствии грамотных профилактических мероприятий дефицит железа приводит к развитию серьезных осложнений. К таким осложнениям относятся: нарушение состава крови, что приводит к ухудшению кислородного питания тканей и органов; нарушение железозависимого клеточного обмена, включая работу дыхательной цепи и синтез цитохрома; нарушение механизмов транспортировки и запасов железа.

Симптоматически заболевание проявляется анемией, снижением витальности и повышенной подверженностью инфекционным заболеваниям.

У молочных поросят, как и у других молодых животных, есть несколько источников доступного железа: эндогенный запас в печени и гемоглобине, поступление с молоком матери, раннее начало потребления рациона, обогащенного железом, возможность получения препаратов железа перорально или парентерально.

При повышении уровня железа в организме необходимо учитывать его взаимодействие с витамином E, так как дефицит последнего может усилить токсический эффект ионов железа. В связи с этим парентеральное введение препаратов железа рекомендуется осуществлять не ранее третьего дня жизни, поскольку к этому моменту поступление витамина E с молоком матери обеспечивает более эффективную защиту при метаболизме липидно-пероксидных связей. Внутримышечное введение препаратов железа в первый день жизни возможно, но необходимо учитывать, что в гнездах, где средний вес поросенка к этому моменту составляет менее 1,4 кг, ожидается более высокий уровень смертности (до 10-го дня жизни включительно).

Понимание того, что железодефицитная анемия у поросят возникает из-за недостатка железа, привело к поиску способов его восполнения. Первоначально для этого пытались использовать элементарное железо (*Ferrum reductum*) и неорганические соли железа (хлорид железа, сульфат железа, амонисульфат железа).

Однако результаты были неудовлетворительными: большая часть введенного железа выводилась из организма, ресорбция как чистого железа, так и в составе многих химических соединений в желудке и кишечнике недостаточна. Кроме того, соли железа токсичны для организма, поэтому передозировка может привести к непереносимости или даже летальному отравлению железом.

Органические соли железа, такие как аспарат, fumarat, глюконат, лактат и сукцинат, имеют более подходящие характеристики ресорбции и токсичности по сравнению с неорганическими соединениями. Однако они утратили свою значимость в свиноводстве из-за появления современных комплексов железа с высокомолекулярными декстранами (полиглюкинами) и их производными.

Железодекстрановые комплексы отличаются низкой токсичностью, которая обусловлена спецификой молекулярных связей. Благодаря механизму отложенного физиологического высвобождения железа и связанной с ним пролонгированной биодоступностью успешное лечение железодефицитной анемии может быть достигнуто однократным или двукратным введением препарата, содержащего подобные соединения железа.

Первые попытки создания лекарственных средств на основе декстрана железа были предприняты более 70 лет назад. Первым был разработан препарат, содержащий 2% декстрана железа, но его концентрация была признана недостаточной. В конце 60-х годов XX века был создан препарат с концентрацией активного железа 7,5%, который стал основой для современных железосодержащих препаратов.

На сегодняшний день разработкой последнего поколения является препарат, созданный «ВИК — здоровье животных». Он представляет собой комплекс декстрана трехвалентного железа с гептановой кислотой. Особенностью производства этого препарата является замена очистки метанолом на ультратонкую фильтрацию. Благодаря этому новый комплекс отличается высокой степенью очистки и точной воспроизводимостью состава. Производство осуществляется на запатентованном оборудовании, сертифицированном в соответствии с GMP.

Многолетнее исследование воздействия препарата «Урсоферран 200» на гематологические показатели крови и

Схема 4. Концентрация гемоглобина в крови поросят при введении «Урсоферрана 200» в сравнении с инъекционными препаратами декстрана железа

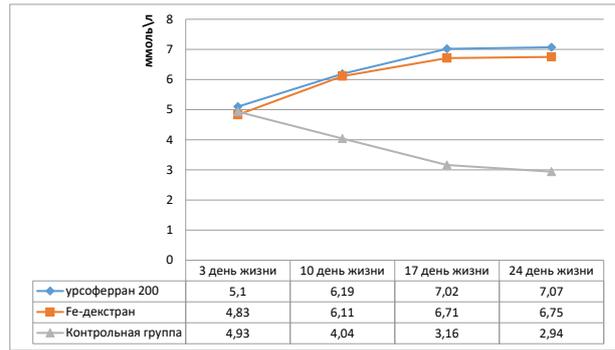
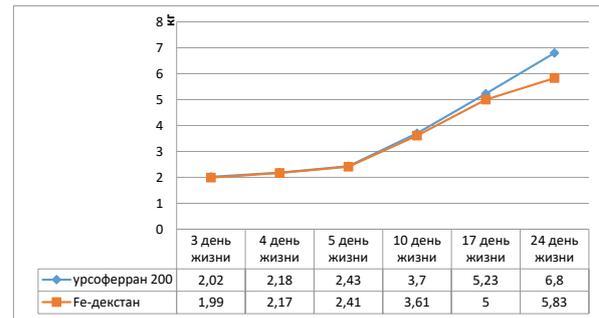


Схема 5. Динамика изменения массы



производственные показатели в условиях практического применения продемонстрировало его высокую эффективность и хорошую переносимость у животных.

Исследования обезличенных проб крови проводились на базе диагностического центра «ЭПСИЛОН БИО» с использованием волюметрического метода импеданса для подсчета клеток на автоматическом анализаторе MEK-6550.

Волюметрический метод импеданса — это один из методов подсчета и анализа клеток, основанный на измерении изменений электрического сопротивления при прохождении клеток через микроотверстия в датчике прибора. Анализатор MEK-6550 позволяет автоматизировать процесс подсчета клеток и получать точные результаты.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что в группе, получавшей препарат «Урсоферран 200», показатели содержания гемоглобина в крови были выше на 17-й и 24-й день жизни по сравнению с группой, которая получала препарат сравнения.

Увеличение уровня гемоглобина свидетельствует об эффективности профилактики анемии и более высоком темпе развития обменных процессов у поросят, получивших инъекцию препарата «Урсоферран 200». Применение данного препарата способствует профилактике задержки роста и снижения массы тела животных, что является важным результатом для производства.

Схема 5 демонстрирует динамику набора массы поросятами в группах, получавших «Урсоферран 200» и препарат декстрана железа. Необходимо отметить, что к 25-му дню жизни средний привес в контрольной группе был на 1 кг меньше, чем в группах, где применялся препарат в виде комплекса декстрана трехвалентного железа с гептановой кислотой.

На основании полученных данных можно с уверенностью сделать вывод о том, что применение препарата «Урсоферран-200» на основе комплекса декстрана трехвалентного железа с гептановой кислотой в качестве однократной инъекции является эффективным методом профилактики железодефицитной анемии у поросят. Такая практика способствует значительному улучшению обеспеченности организма поросенка железом, что в свою очередь приводит к стимуляции роста и повышению общего статуса здоровья животного.

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

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗАЩИЩЕННЫХ БЕЛКОВ EFKOFEED

Достижения отечественных и зарубежных селекционеров помогли значительно увеличить продуктивные способности дойных коров за последние несколько десятков лет. Чтобы животное было обеспечено достаточным количеством питательных веществ для поддержания жизнедеятельности и высоких надоев, существенно возросла роль удовлетворения потребностей организма коров при планировании кормления.



Рационы, которые применяли ранее, уже не в состоянии обеспечить животное всеми необходимыми питательными элементами, поэтому возникает высокая потребность в использовании специализированных кормовых добавок.

Многие хозяйства сталкиваются с проблемой дефицита протеина в рационе дойных коров. Это неблагоприятно сказывается на скорости обмена веществ, воспроизводительной функции, биологической полноценности получаемого молока. Возникает такая проблема от того, что при нормировании кормления дойных коров уделяется недостаточно внимания качеству протеина и его расщепляемости в рубце жвачных.

Протеин кормов в рубце коров распадается до простых азотистых соединений и аммиака, одна часть которого используется для синтеза микробного белка, а другая — всасывается в кровь и выводится из организма. Чем выше продуктивность коровы, тем меньше ее потребности в протеине удовлетворяются за счет микробного белка.

Количество нерасщепляемого в рубце протеина (НРП) в белковых кормах варьирует в крайне широком диапазоне — от 10 до 90%.

При НРП <30% аммиак не успевает усваиваться микроорганизмами рубца. Он поступает в кровь, в печени превращается в мочевину и далее выводится с мочой, то есть не приносит животному никакой пользы. Таким образом, с экономической точки зрения перерасход кормового протеина — это прямые убытки для фермера. При длительном дефиците НРП у коровы развивается интоксикация. Это приводит к ряду заболеваний печени, проблемам с вынашиванием телят. Корова теряет в весе, значительно снижается ее способность к воспроизводству. Решить такую проблему помогает защищенный белок.

Для чего был создан защищенный протеин

Защищенный протеин — это кормовая добавка, формула белка которой устойчива к воздействию протеолитических ферментов микрофлоры рубцового отдела желудка коровы. Количество НРП и переваримого протеина (ПП) в данном продукте идеально подходит для увеличения молочной продуктивности.



В первую очередь защищенный белок был создан для уменьшения потерь дорогостоящего белка в рубце и обеспечения максимальной молочной продуктивности коров. Благодаря высокому содержанию нерасщепляемого в рубце протеина значительно снижается нагрузка на печень животного, предотвращается появление многих болезней. Помимо этого, применение защищенного протеина уменьшает количество выбрасываемых в атмосферу газов, таких как аммиак, что положительно сказывается на экологической обстановке.

Преимущества защищенного протеина «ЭФКО»:

- высокое содержание нерасщепляемого в рубце протеина;
- применение протеина только растительного происхождения: добавка не содержит небелкового азота, например мочевины;
- оптимальное для микрофлоры рубца соотношение нерасщепляемого и расщепляемого в рубце протеина;
- высокая перевариваемость в тонкой кишке;
- необходимое количество аминокислот.

Получение защищенных белков на производственных площадках «ЭФКО»

В 2020–2022 годах технологи «ЭФКО» разработали и внедрили в промышленное производство новые высокоценные продукты — шрот подсолнечный с защищенным белком EFKOFEED PRO SF 90 и шрот соевый с защищенным белком EFKOFEED PRO SB 95.

В 2023 году разработчики масштабировали в производство новый продукт, сбалансированный по аминокислотному составу, — защищенный белок EFKOFEED PRO OPTIMUM, состоящий из смеси подсолнечного и соевого шрота.

smartfarm@efko.ru
www.smartfarming.ru
https://t.me/agrosmartfarming
+7 (980) 520-05-10
+7 (980) 320-20-10



1 ЭФФЕКТИВНЫЕ КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ

ЗАЩИЩЕННЫЕ ЖИРЫ – КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, КОТОРЫЕ НЕ ПОДВЕРГАЮТСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРООРГАНИЗМОВ В РУБЦОВОМ ОТДЕЛЕ ЖЕЛУДКА, А УСВАИВАЮТСЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО В КИШЕЧНИКЕ ЖИВОТНОГО

- **ULTRA FEED F** – гидрогенизированный жир
- **EXTRA FEED F** – фракционированный жир
- **CALCI FEED MAX** – кальциевые соли жирных кислот

ЗАЩИЩЕННЫЕ ПРОТЕИНЫ – КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ, ФОРМУЛА БЕЛКА КОТОРЫХ УСТОЙЧИВА К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ РУБЦОВОЙ МИКРОФЛОРЫ И НЕСПОСОБНА К РАСПАДУ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ: АММИАК И УГЛЕРОДНУЮ ЦЕПОЧКУ

- **EFKOFEED PRO SB 95** – шрот соевый с защищенным белком
- **EFKOFEED PRO SF 90** – шрот подсолнечный с защищенным белком
- **EFKOFEED PRO OPTIMUM** – шрот подсолнечный и соевый с защищенным белком

2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- **СЕЛЕКЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МОЛОКА**
(с помощью анализатора молока DairySpec Combi производительностью 3000 проб/день)
- **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ МОЛОКА СЫРОГО И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**
(по ГОСТ Р 52054 «Молоко коровье сырое» и ГОСТ 31449 «Молоко коровье сырое», по требованиям Технических регламентов Таможенного союза, а также выявление фальсификации немолочными компонентами)
- **ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРМОВ, КОРМОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ**
ИК-анализ на анализаторе корма NIRS DS 2500 FOSS и методы аналитической «мокрой» химии

3 СЕРВИС И СОПРОВОЖДЕНИЕ КЛИЕНТОВ

- Выездной сервис для отбора и доставки проб в лабораторию
- Выездной сервис по комплексной оценке текущего состояния молочного комплекса, условий содержания животных, кормовой базы, рационов, состояния здоровья стада, уровня продуктивности и рентабельности кормления
- Предоставление рекомендаций по решению текущих задач на ферме
- Расчет рационов для КРС

smartfarm@efko.ru
www.smartfarming.ru
+7 980-320-20-10
+7 980-520-05-10



БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ: ПРИМЕНЕНИЕ ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА В АГРОБИЗНЕСЕ

Контроль качества сырья и продукции для любого предприятия АПК обусловлен как требованиями законодательства, так и самого технологического процесса. Чтобы производственная лаборатория могла справиться с этой задачей, важно сделать правильный выбор методов анализа. Лаборатория должна найти оптимальное решение, соответствующее как ее задачам, так и экономическим соображениям.

Суть метода

Одним из перспективных методов в сельскохозяйственном секторе является иммуноферментный анализ (ИФА). ИФА — метод иммунохимии, основанный на реакции антигенов с антителами. Антитела белковой природы могут специфично распознавать различные вещества, а сигнальной молекулой для оценки результата выступают ферменты.

ИФА применяется для диагностики заболеваний, но он широко используется в контроле безопасности пищевых продуктов. С его помощью можно выявлять: антибиотики; гормональные препараты; микотоксины; инсектициды и гербициды; промышленные экотоксиканты; пищевые аллергены белковой природы и глютен; витамины группы В и др.

Для АПК необходимость контролировать ряд показателей возникает на всех этапах жизненного цикла продукции — от выращивания зерновых культур на корма до готового продукта на полке супермаркета.

Преимущества использования ИФА для производственного контроля АПК

Иммуноферментный анализ обладает рядом значительных преимуществ для производственных лабораторий.

- *Высокая чувствительность метода:* обнаруживает даже маленькие концентрации.
- *Специфичность:* принцип иммунохимии дает высокую избирательность к аналиту.
- *Качественный и количественный варианты анализа.*
- *Скорость и производительность:* серия ИФА длится от 30 мин. (можно исследовать до 42/84 проб в серию).
- *Безопасность для исполнителя:* минимальный контакт с вредными реактивами.
- *Экономичность:* стоимость ИФА-лаборатории ниже в сравнении с методами ВЭЖХ-МС-МС.
- *Универсальность:* метод подходит для различных показателей при использовании одного и того же оборудования.
- *Доступность внедрения:* ИФА не требует длительного обучения исполнителя.

Оснащение ИФА-лаборатории

Для проведения ИФА нужны фотометр для планшетов, комплект дозаторов, наборы реагентов на исследуемые показатели, дополнительные реактивы (дистиллированная вода, иногда — органические растворители).

Наборы для ИФА компании «Альгимед Техно» требуют минимального перечня дополнительных реагентов, а процедуры подготовки проб просты и безопасны.

Оборудование для подготовки проб выбирается по типу исследуемого образца, но может быть уже найдено в действующей лаборатории. Всё это дает возможность быстро и сравнительно недорого запустить ИФА-метод.

Поддержка от «Альгимеда»

Компания «Альгимед» специализируется на комплексном оснащении лабораторий любых типов уже более 20 лет. Наши эксперты готовы оказать помощь производственным лабораториям на всех этапах выбора и внедрения ИФА-методик в практику:

- подбор и поставка наборов для ИФА под ваши цели, техническая поддержка на всех этапах использования наборов;
- консультации по планировке лабораторий и поставка оборудования, сервисный центр и ТО;
- обучение персонала на базе оснащенной лаборатории;
- предоставление метрологически аттестованных методик.

Иммуноферментный анализ благодаря своей гибкости чувствительности и простоте занимает важное место в оценке безопасности пищевой продукции. Метод является экономичным и может использоваться для больших потоков проб. Отличительным преимуществом ИФА является скорость.

Государственные контролирующие организации применяют ИФА, например, для подтверждения соответствия требованиям технических регламентов (наборы «Альгимед Техно» входят в перечни к ТР ЕАЭС).

Более того, последние изменения законодательства обязали производителей сырья животного происхождения контролировать большое количество антибиотиков, основываясь на перечисленных преимуществах метода, можно рекомендовать сделать выбор в пользу иммуноферментного анализа для производственных лабораторий АПК.

О компании

«Альгимед» поставляет аналитическое и общелaborаторное оборудование, реагенты и расходные материалы для комплексного оснащения ветеринарных лабораторий, испытательных лабораторий по контролю качества и безопасности пищевой продукции, научных центров, производственных и биотехнологических компаний, агропромышленных холдингов. Совместно с крупнейшими производителями АПК «Альгимед» разрабатывает высокочувствительные тест-системы в ответ на потребности заказчиков и актуальные запросы рынка.

ООО «Альгимед»
121096, г. Москва,
ул. Василисы Кожиной, д. 1
Тел. +7 (499) 682-61-09
mail@algimed.ru

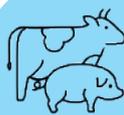


algimed.ru

ИФА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ЦИКЛЕ АГРОКОМПЛЕКСА



ЗАГОТОВКА ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ
• проверка на микотоксины



ФЕРМА: ВЫРАЩИВАНИЕ ЖИВОТНЫХ

- диагностика заболеваний: контроль эпизоотической ситуации и вакцинаций
- микотоксины: проверка кормов
- антибиотики и гормоны: молоко, мясо, субпродукты



КОМБИКОРМОВЫЙ ЗАВОД
• микотоксины (сырье и готовые корма)
• витамины группы В
• антибиотики



ВЫПУСК ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ: АНТИБИОТИКИ, ГОРМОНЫ МИКОТОКСИНЫ, ПИЩЕВЫЕ АЛЛЕРГЕНЫ, ДР.

- молоко и молочная продукция
- мясо и субпродукты, продукция переработки



СХЕМА АНАЛИЗА ЗЕРНА И КОРМОВ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКОТОКСИНА ЗЕАРАЛЕНОН С ПОМОЩЬЮ НАБОРА ИФА-МИКОТОКСИН ЗЕАРАЛЕНОН, ПРОИЗВОДСТВО АЛЬГИМЕД ТЕХНО

ПОДГОТОВКА ПРОБЫ



зерно



размол и взятие навески пробы



экстракция «перемешивание с экстрагентом»



центрифугирование/ фильтрация

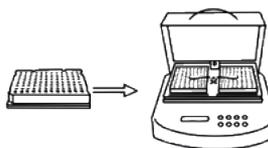


разбавление

ПРОЦЕДУРА ИФА



внесение проб и реагентов на планшет



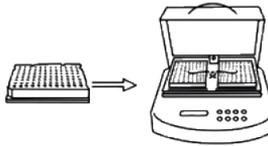
инкубация



отмывка планшета



остановка реакции и измерение оптической плотности и обработка результатов



инкубация



добавление субстрата

КОМПЛЕКСНОЕ ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРИЙ

Компания «Альгимед» предлагает оснащение ветеринарных и испытательных лабораторий в сфере пищевой безопасности «под ключ»



ОБОРУДОВАНИЕ



ПЛАСТИК И РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



НАБОРЫ РЕАГЕНТОВ



ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА И ПОСТАНОВКА МЕТОДА ИФА

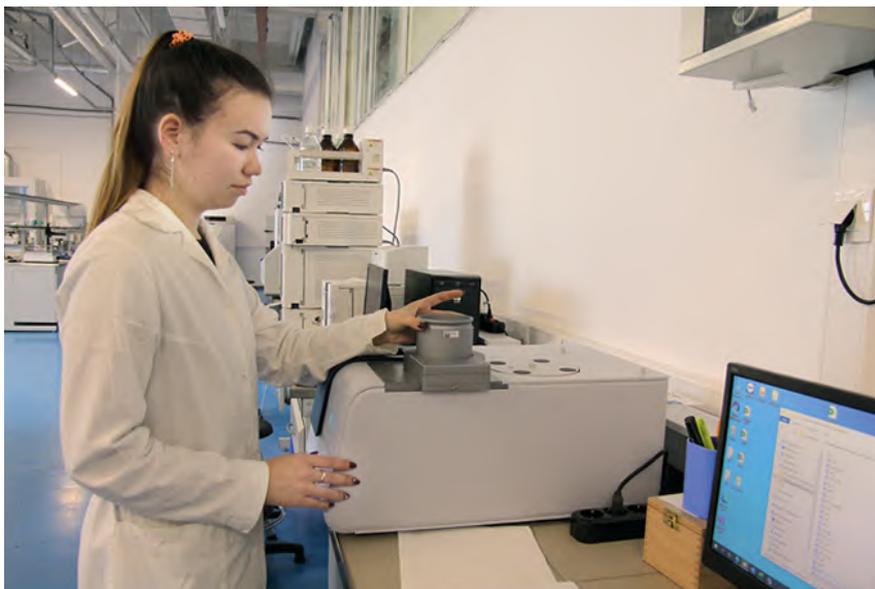
ЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДОВ В КОНТЕКСТЕ НОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

С 1 сентября 2024 года в России начали действовать сразу несколько важных положений закона от 25 декабря 2023 года № 660-ФЗ, который меняет правила ввоза в страну племенных животных, семени и эмбрионов.

Теперь для поставок этой продукции требуется получение специального разрешения на ввоз, которое выдает-ся при подтверждении племенной ценности импортируемого материала и предоставлении заключения о результатах молекулярно-генетической экспертизы на носительство генетических аномалий. Это необходимо для предотвращения ввоза носителей таких генетических мутаций, которые оказывают негативное влияние на воспроизводительные и другие качества скота, снижая тем самым их экономическую ценность.

Новый закон вводит строгие требования к ввозу племенных животных, семени и эмбрионов из стран, которые не входят в Евразийский экономический союз (ЕАЭС). Импортерам потребуется получить заключение о том, что животные, семя и эмбрионы считаются племенной продукцией. Выдавать такие заключения будет Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.

Каждая партия импортируемой племенной продукции должна быть сопровождаться соответствующим документом, который будет содержать информацию о виде племенного материала, названии породы или кросса, о половозрастной группе. Таким образом, соблюдение новых требований обеспечивает не только безопасность, но и повышение качества племенной продукции, что имеет критическое значение для устойчивого развития отечественного животноводства,



являясь немаловажным критерием обеспечения продовольственной безопасности страны.

Особое внимание уделено тому, что при ввозе племенных животных, семени и эмбрионов необходимо предоставить результаты молекулярно-генетической экспертизы, доказывающие отсутствие носительства генетически детерминированных болезней.

Сегодня услуги проведения исследования и оформления соответствующего заключения предлагают многие лаборатории. Обращаться следует исключительно в аккредитованные профессиональные учреждения, работающие не первый год. К таковым относится молекулярно-генетическая лаборатория в лабораторно-исследовательском центре «Агроплем». Она оказывает услуги на рынке АПК уже более 5 лет. В 2024 году лаборатория обновила племенное свидетельство на основе ранее полученной аккредитации. Сюда можно обратиться за тестированием животного на моногенные заболевания, за другими генетическими исследованиями, необходимыми для племенных хозяйств.

Ведомство определило список генетических заболеваний, для проверки на которые должно быть проведено исследование для различных пород животных. Этот перечень был включен в проект приказа министерства. Например, для голштинской породы коров требуется проверить в аккредитованной лаборатории отсутствие 14 обязательных аномалий.



На основании экспертизы лаборатория выдает заключение — геномный паспорт животного. Тестирование животных в лаборатории гарантирует выполнение всех требований по регулированию моногенных заболеваний по данной породе согласно новым законодательным требованиям.

Перечень генетических аномалий, обязательных для тестирования для голштинской породы:

Генетические аномалии	Код OMIA	Полное наименование
BLAD	000595-9913	Дефицит лейкоцитарной адгезии
CVM	001340-9913	Комплексный порок позвоночника
DUMPS	000262-9913	Дефицит уридинмонофосфатсинтазы
FXID	000363-9913	Дефицит фактора XI (одиннадцать) крови
BC	000194-9913	Цитруллинемия
BY	000151-9913	Брахиспина
HH1	000001-9913	Голштинской гаплотип 1
HH2	001823-9913	Голштинской гаплотип 2
HH3	001824-9913	Голштинской гаплотип 3
HH4	001826-9913	Голштинской гаплотип 4
HH5	001941-9913	Голштинской гаплотип 5
HH6	002149-9913	Голштинской гаплотип 6
HCD	001965-9913	Дефицит холестерина
MF	000963-9913	Синдактилия (мулье копыто)

На правах рекламы

Импортеры племенного материала обязаны будут представить:

- положительный геномный прогноз племенной ценности по удою, жирности и белковому составу молока (при уровне подтвержденности не менее 70%) либо положительную оценку по качеству потомства;
- позитивные показатели по оплодотворяющей способности, признакам здоровья и экстерьеру.

Закон вступил в силу с 1 сентября текущего года, за исключением пункта 3 статьи 1, который начнет действовать с 1 марта 2026 года.

В лаборатории «Агроплем» можно получить консультацию, как племенному хозяйству следовать новым правилам Минсельхоза, и обратиться за такими услугами, как:

- разработка индивидуальной селекционной программы под ключ;
- геномная оценка КРС (CDCB и собственная на российских фенотипических данных);
- геномные паспорта для ввоза животных;
- подтверждение происхождения животных.



АГРОПЛЕМ
ЛАБОРАТОРИЯ

АГРОПЛЕМ
ЛАБОРАТОРИЯ

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА В ЛАБОРАТОРИИ АГРОПЛЕМ

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ

АККРЕДИТОВАННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ С ПЛЕМЕННЫМ СВИДЕТЕЛЬСТВОМ МИНСЕЛЬХОЗА РФ ОТ 2024 ГОДА

- ✓ Геномная оценка племенной ценности (на основе данных CDCB и отечественной высокодостоверной базы данных)
- ✓ Геномные паспорта
- ✓ Разработка индивидуальной селекционной программы под ключ
- ✓ Подтверждение происхождения животных (по ICAR и ISAG)



ПРОСТО И УДОБНО: ЗАМЕНИТЕЛЬ МОЛОКА ДЛЯ ВСКАРМЛИВАНИЯ ЩЕНКОВ И КОТЯТ

Потребители хорошо знакомы с продукцией торговой марки «Биолактис» для сельскохозяйственных животных: телят, поросят, коз и овец. Сухая молочная смесь для щенков и котят — продукт достаточно новый, но уже прекрасно себя зарекомендовавший среди заводчиков домашних питомцев. Смесь позволяет вскармливать детенышей, если их родители по какой-то причине не могут этого сделать.

Смесь торговой марки «Биолактис», которая используется для приготовления заменителя молока, производится на собственном оборудовании ООО «Уральский маслозавод» (предприятие ГК «Продхолдинг») и соответствует всем ветеринарным требованиям. **Технолог производственной площадки Евгений Марков** рассказал «Аграрной науке» о продукте.

— **Евгений Анатольевич, что представляет собой смесь «Биолактис» для вскармливания щенков и котят?**

— Это полноценный заменитель молока, содержащий компоненты высокого качества в оптимальном количестве и пропорциях. В его состав входит не сухое молоко, а концентрат сывороточного белка, что делает продукт безопасным для пищеварения животных с самого первого дня жизни. Гомогенный жир в форме микрочастиц прекрасно усваивается. При этом смесь обогащена витаминами, аминокислотами, в том числе таурином, макро- и микроэлементами, пробиотиками, содержит небольшое количество лактозы, не угрожающее здоровью. «Биолактис» обеспечивает полноценный рацион, удовлетворяет потребности в питании щенков и котят всех пород, гарантирует их правильный рост и развитие до четырех недель.

— **Может ли «Биолактис» полностью заменить материнское молоко? В каких случаях он применяется?**

— Смесь рассчитана на вскармливание котят и щенков с рождения до четырех недель, когда они уже начинают питаться обычной едой, подобранной специалистом. Лицензированная лаборатория позволяет проводить все надлежащие исследования продукта и гарантировать качество и безопасность даже для самых маленьких животных. Вскармливание заменителем молока — это не редкость, приобретает всё большую популярность. Наши клиенты используют смесь, если мать животных по каким-то причинам отказалась от малышей или у нее просто не хватает собственного молока при слишком большом помете. Кроме того, бывает, что натуральное материнское молоко оказалось токсично (например, при заболевании или отравлении животного). Но даже если всё в порядке, то детенышам может потребоваться усиленное питание с витаминами и минералами для полноценного роста и развития. Во всех этих случаях «Биолактис» прекрасно справляется со своей задачей.

— **Как появилась идея создать заменитель молока для щенков и котят? В основном сухие смеси используются для вскармливания сельскохозяйственных, а не домашних животных.**

— Изначально этот продукт был разработан для одного из клиентов по индивидуальному запросу. Как собственная торговая марка. Позже появились похожие заявки от других компаний, и мы провели небольшое исследование, которое выявило потребность в таком продукте на рынке. Интерес возникает в первую очередь у заводчиков домашних животных, которые профессионально выращивают породистых собак и кошек, весьма требовательных к особенностям питания. В данном случае очень важно сохранить потомство, вырастить здоровый молодежь, поэтому клиенты ищут оптимальное решение, и мы обеспечиваем им высокое качество и безопасность. Кроме того, сухая смесь используется в приютах для животных. Иногда это настоящее спасение для волонтеров, которые помогают бездомным собакам и кошкам. Сухую смесь «Биолактис» уже сейчас можно приобрести в специализированных отделах зоомагазинов и в партнерских ветеринарных аптеках. Мы видим растущий спрос, поэтому география поставок расширяется. Со временем планируем охватить все регионы страны, есть разработки по экспорту товара.

— **В чем преимущество сухой смеси «Биолактис» перед аналогичными товарами других производителей?**

— На рынке представлено несколько похожих продуктов, но «Биолактис» имеет ряд плюсов: сбалансированный состав, отсутствие каких-то особых требований при хранении и использовании. Смесь легко приготовить: растворить в теплой кипяченой воде и дать животному в бутылке с соской. При этом можно сделать сразу две-три порции и несколько часов хранить в холодильнике без потери полезных свойств, достаточно просто подогреть на водяной бане. Смесь «Биолактис» доступна по цене. Универсальность и адекватная стоимость — самые главные преимущества, на мой взгляд.



ЗАМЕНИТЕЛЬ МОЛОКА

ДЛЯ ЩЕНКОВ И КОТЯТ (ДОМАШНИХ ЖИВОТНЫХ)

ПОКАЗАНИЯ К ПРИМЕНЕНИЮ:

- слишком большой помет.
- осиротение или отторжение помёта.
- недостаточное количество молока матери или токсичное молоко.
- докармливание и восполнение всех недостатков в питании щенков, котят.

НОВИНКА!

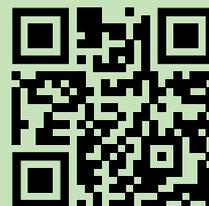
«Биолактис» – это полноценный заменитель молока для щенков и котят, содержащий компоненты высокого качества в оптимальном количестве и пропорции. Содержащийся в нём белок имеет молочное происхождение. Гомогенный жир в форме микрочастиц прекрасно усваивается. Препарат восполняет в организме витамины, аминокислоты (в т.ч. таурин), макро- и микроэлементы, а также лактозу на безопасном уровне. «Биолактис» полностью обеспечивает потребности в питании щенков всех пород, гарантирует их правильный рост и развитие.



Заменители цельного и обезжиренного молока для кормления всех видов животных.

- эксперт на рынке кормов и кормовых добавок
- предлагаем комплексные технологии кормления
- сбалансированный продуктовый портфель
- несем ответственность за результат
- организуем доставку

prodholding.ru
 sas@prodholding.ru
 8 (351) 220-31-21
(Доб.: 407,436)



Агромилк

БИОЛАКТИС
Выбор с первых дней



«РЯДОМ С НИКОЛАЕМ ИВАНОВИЧЕМ ВАВИЛОВЫМ»

ФГБНУ Всероссийский НИИ фитопатологии выступил организатором Международной научно-практической конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны». Конференция проходила 18–19 июня 2024 года в РАН. 20 июня участники конференции посетили родной вуз Н.И. Вавилова — РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, встретились с профессурой вуза у памятника Н.И. Вавилова, возложили цветы и посетили его музей.

Гений биологической и сельскохозяйственной науки Николай Вавилов был великим в самых разных областях жизнедеятельности: как ученый, как администратор, как человек. Он целиком погружался в работу, в служение науке и народу, в разрешение проблем, научный анализ и синтез, в наблюдения и эстетическое восприятие.

Николай Иванович был человеком огромной энергии, физической мощи, грандиозных идей и невероятной работоспособности, благородных поступков. Н.И. Вавиловым были организованы 180 экспедиций в 65 стран мира, собрана самая богатая и уникальная мировая коллекция культурных растений — банк генов свыше 250 тыс. образцов (1940 г.).

Сегодня более 70% сортов сельскохозяйственных культур, возделываемых в России и странах СНГ, созданы на основе мировой коллекции Н.И. Вавилова. Она является основой не только продовольственной, но и экологической, биологической безопасности России. Мировая коллекция культурных растений и их дикорастущих сородичей является нашим национальным достоянием. На планете из-за катаклизмов сокращается биологическое разнообразие, исчезают многие виды. Однако в коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова сохранились более 30% культур, которые уже считаются вымершими. Мировая коллекция ВИР, собранная Н.И. Вавиловым и пополняемая виворцами, представляет собой золотой фонд. Соратники Вавилова в суровые годы Великой Отечественной войны умирали от голода рядом с генофондом, не тронув ни одного зернышка, ни одного клубня.

В настоящее время продолжают свои фундаментальные и прикладные исследования по обеспечению национальной независимости России, продовольственной, экологической безопасности ученые, воспитанные научными школами последователей Николая Ивановича Вавилова: В.Р. Вильямса, Д.Н. Прянишникова, Н.А. Майсuryяна, С.И. Жегалова, А.Г. Лорха, И.С. Шатилова, А.А. Жученко, М.С. Дунина, А.Я. Камераза, И.И. Гунара, Е.Н. Синской, В.С. Шевелухи и многих других, в том числе ныне здравствующих последователей А.А. Гончаренко, Б.И. Сандухадзе, Л.А. Беспаловой, П.Н. Харченко, В.Ф. Пивоварова, А.Н. Березкина, Н.А. Боме, А.А. Соловьёва и др.

Ученики этих выдающихся учителей представили устные и стендовые доклады на конференции «Рядом с Н.И. Вавиловым — научные школы России по обеспечению продовольственной и экологической безопасности страны». Всего более 70 устных и 16 стендовых докладов.

В работе конференции приняли участие специалисты в области сельского хозяйства из научно-исследовательских учреждений системы РАН, Министерства науки и высшего образования, Минсельхоза, дружественных стран, представители исполнительной и законодательной власти. Более 200 авторов представили свои оригинальные научные работы, посвященные актуальным аспектам продовольственной, экологической и биологической безопасности страны.

Организаторы конференции уверены, что научные дискуссии были плодотворны, способствовали творческому сотрудничеству. Все участники мероприятия отметили особую доброжелательную атмосферу, подобно той, что была во времена проведения научных мероприятий Н.И. Вавиловым.

Оргкомитет конференции выражает благодарность генеральному директору ООО «Агрохим-XXI» И.В. Мишаниной, генеральному директору АО «Щёлково Агрохим» академику РАН С.Д. Каракотову и фирме Syngenta.

Темирбекова С.К., председатель оргкомитета конференции, заслуженный деятель науки РФ, профессор, д-р биол. наук ФГБНУ ВНИИФ

В этом выпуске журнала «Аграрная наука» размещено несколько научных статей специалистов, принявших участие в конференции. В № 11/2024 публикации продолжатся.



ОРГАНИЧЕСКАЯ ФУЛЬВОВАЯ КИСЛОТА: ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ И УРОЖАЙНОСТИ РАСТЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Для повышения производительности агрохолдинги всё чаще используют в своей деятельности фульвовые кислоты. Молекулы фульвовой кислоты относятся к так называемым наномолекулам, благодаря чему являются отличными хелаторами (транспортёрами питательных элементов) в клетки растений и животных. За счет небольшого молекулярного веса фульвовая кислота способна проникать через клеточную мембрану, транспортируя с собой макро- и микроэлементы, питательные вещества, обладает огромным количеством дополнительных полезных свойств.

В животноводстве фульвовая кислота достоверно повышает производственные показатели, увеличивает сопротивляемость животных и птицы к заболеваниям за счет естественного стимулирования иммунной системы, повышает эффективность использования кормов, нормализует обмен веществ.

В растениеводстве применение фульвовой кислоты повышает энергию прорастания и полевую всхожесть семян, усиливает фотосинтез, стимулирует рост и развитие корневой системы, повышает содержание белка, сахаров, витаминов, регулирует процесс транспирации, повышает стойкость растений к стрессовым факторам периода активного роста, снижает накопление токсичных веществ в растениеводческой продукции и увеличивает урожайность.

Максимально эффективной и безопасной признана **органическая** фульвовая кислота, получаемая путем экстракции из растительного сырья. Важно отметить, что в России есть только **один** завод, производящий такую форму фульвокислоты по уникальной запатентованной технологии, — «Органик Логос». Растительное сырье позволяет заявлять высокую чистоту получаемого вещества **фармацевтического стандарта**. Производство расположено в Пермском крае, завод сертифицирован по стандарту ИСО 22000-2019 (ISO 22000:2018).

На сегодняшний день заводом «Органик Логос» выпускается целая линейка продукции под брендом BIOL.

Кормовая добавка BIOL для продуктивных животных и сельскохозяйственной птицы — это регуляторная и пребиотическая кормовая добавка на основе фульвовых кислот с природными фолатами (витамином B_9) и цианокобаламином (витамином B_{12}).

BIOL применяется в животноводстве и птицеводстве, разработан специально для повышения эффективности сельского хозяйства, обеспечения продуктивности, сохранности, процветания стада и улучшения экономики бизнеса.

«Биол Агро» — органоминеральное удобрение для растениеводства. Подходит для некорневых подкормок и предпосевной обработки семян полевых, овощных, плодово-ягодных и декоративных культур. Полностью растворимо в воде. Обеспечивает максимальную биодоступность внесенных питательных веществ.

«Биол Агро» — биостимулятор на основе фульвовых кислот, сочетающий в себе беззольные гидрофобные фульвовые кислоты, природные фолаты (витамин B_9), аминокислоты, азот, фосфор, калий.

«Цинк хелат». Входящий в состав цинк восполняет дефицит микроэлемента у поросят, особенно после отъема, что резко сокращает их смертность и заболеваемость.



«Цинк хелат» благоприятно влияет на увеличение приростов и снижение процента выбраковки. Цинк оказывает вяжущее и антисептическое действие, препятствуя всасыванию токсинов и выходу жидкости в просвет кишечника. Входящие в состав продукта фульвовые кислоты способствуют наилучшему усвоению препарата «Цинк хелат», что повышает эффект от его применения. Комплексно компоненты кормовой добавки участвуют в регуляции водно-солевого обмена, уменьшают проницаемость кровеносных сосудов, активизируют окислительно-восстановительные процессы, нормализуют буферную систему и кислотно-щелочное равновесие.

С 2017 года биотехнологическая компания «Органик Логос» занимается испытанием своих продуктов для сельского хозяйства на базе ведущих институтов и крупнейших агрохолдингов страны. За это время было проведено множество опытных мероприятий, результатами которых можно с гордостью поделиться с нашими партнерами.



ORGANIC LOGOS

olbiol.ru | organiclilos.ru
+7 (912) 595-60-28



ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ КРАСНОЯРСКОГО ГАУ: ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Сегодня Институт прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины Красноярского ГАУ, созданный более полутора десятков лет назад, вносит весомый вклад в подготовку квалифицированных кадров в области ветеринарии и зоотехнии, выпуская в год около 200 специалистов, в которых остро нуждается краевой АПК. О приоритетных направлениях научно-исследовательской деятельности, работе по подготовке кадров, достижениях и перспективах ИПБиВМ рассказала директор института, заведующая кафедрой профессор, доктор сельскохозяйственных наук Тамара Лефлер.



— **Тамара Федоровна, расскажите, пожалуйста, историю создания Института прикладной биотехнологии и ветеринарной медицины КрасГАУ, о его структуре и преподавательском составе.**

— ИПБиВМ ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ» создан в 2008 году на базе зоотехнического и ветеринарного факультетов КрасГАУ. Таким образом, он объединил в себе истории этих двух факультетов, открытых, соответственно, в 1953-м и 1968 году. Причем зоотехнический входил в число трех первых факультетов вуза. Тогда, в середине прошлого века, Красноярского сельскохозяйственного института (статус университета он получил в 1991 году). Сегодня в его структуру входят пять кафедр. Это «Анатомия, патологическая анатомия и хирургия», «Внутренние незаразные болезни, акушерство и физиология сельскохозяйственных животных», «Зоотехния и технология переработки продуктов животноводства», «Разведение, генетика, биология и водные биоресурсы» и «Эпизоотология, микробиология, паразитология и ветеринарно-санитарная экспертиза». Образовательный процесс осуществляют 55 штатных преподавателей, из них 12 докторов наук и профессоров (21,8%) и 36 кандидатов наук и доцентов (65,5%).

— **По каким основным направлениям в ИПБиВМ проводится подготовка кадров?**

— Институт осуществляет многоуровневую подготовку студентов по ряду направлений магистратуры и бакалавриата и нескольким специальностям высшего образования (ВО) и среднего профессионального образования (СПО), научным специальностям аспирантуры. Профессорско-преподавательский состав организует подготовку и проведение занятий по двум специальностям СПО («Охотоведение и звероводство» и «Пчеловодство»), одной специальности ВО («Ветеринария») по специализациям «ветеринарная фармация», «болезни непродуктивных животных», «болезни продуктивных животных и лабораторное дело», по четырем направлениям подготовки бакалавриата («Биология», «Ветеринарно-санитарная экспертиза», «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», «Зоотехния») и магистратуры («Зоотехния») по программе «Энергоресурсосберегающие технологии в производстве и переработке продуктов животноводства». По направлению подготовки магистратуры в вузе реализуется и сетевая форма обучения с применением дистанционных образовательных технологий — программа

«Управление селекционными и технологическими процессами в животноводстве». Открыта подготовка по магистерской программе 36.04.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза». В 2024 году наши студенты дистанционно прошли совместный образовательный курс «Выращивание ценных видов рыб в установках замкнутого водоснабжения», организованный отделом мониторинга и анализа развития агропромышленных комплексов государств — членов ЕАЭС Департамента агропромышленной политики Евразийской экономической комиссии. В целом хотелось бы отметить, что сотрудниками института проведена колоссальная работа по развитию научно-исследовательской деятельности и совершенствованию учебного процесса. Так, в ИПБиВМ, где численность контингента обучающихся составляет в среднем 1200–1300 человек (из них 5,4% иностранцев), значительное внимание уделяется практико-ориентированному обучению студентов. На текущий момент заключено более 40 долгосрочных договоров с предприятиями и хозяйствами разных форм собственности АПК Красноярского края для прохождения производственной





практики в профильных организациях. В настоящее время в образовательном процессе задействованы следующие учебные хозяйства: ООО Учхоз «Миндерлинское», охотничье угодье УОХ «Щетинкино», зооферма и конноспортивный комплекс КрасГАУ.

— **Перечислите, пожалуйста, профильные министерства, ведомства, предприятия и организации, с которыми сотрудничает институт.**

— ИПБиВМ сотрудничает с рядом ведущих научных организаций Красноярского края: ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр (ФИЦ) «Красноярский научный центр» РАН, ФГУН СО РАН «Институт леса имени В.Н. Сукачева», ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». Дирекция института сегодня находится в тесном взаимодействии с краевыми Минсельхозом, Минприроды и Минэкологии, с Управлением Россельхознадзора по Красноярскому краю, с АО «Красноярскагропем», Управлением ветеринарии по Красноярскому краю, районными отделами ветеринарии, МАО «Роев ручей» и кинологическим отделом ФГКУ МЧС. Помимо этого, мы активно взаимодействуем с ведущими животноводческими предприятиями Красноярского края и Сибири: АО «Сибирская аграрная группа» (г. Томск), АО «Солгон», АО «Свинокомплекс «Красноярский»», ООО ОПХ «Солянокское», СХП «Агро-Красноярск», ООО «Искра», ИП глава КФХ Зубарева Н.В. Сотрудничество с потенциальными работодателями позволяет наиболее глубоко изучить проблемы производства, найти пути совершенствования отрасли на примере конкретного хозяйства, помогает студентам сориентироваться в выборе последующего направления деятельности, своего места работы.

— **Какова доля выпускников ИПБиВМ, поступающих в аспирантуру и связывающих свое будущее с аграрной наукой?**

— В среднем 15–18% от выпуска предпочитают продолжить свое образование и поступают в аспирантуру. Это достаточно высокий процент. Обычно посвящают себя науке выпускники, которые, будучи студентами, активно занимаются в научных кружках, выступают с докладами на различных конференциях, публикуются в научных журналах. В институте успешно функционирует диссертационный совет Д 220.037.02, за последний год защищены восемь диссертаций (в том числе одна докторская).

— **В чем заключаются основные направления научно-исследовательской деятельности ИПБиВМ?**

— В настоящее время научно-исследовательская работа профессорско-преподавательского состава института проводится по такому важному направлению, как «Разработка научно обоснованных инновационных

ресурсосберегающих технологий и способов обеспечения здоровья сельскохозяйственных и промысловых животных в условиях Приенисейской Сибири с целью получения биологически полноценной и безопасной продукции животноводства». НИР выполняется в рамках биологических, сельскохозяйственных и ветеринарных отраслей науки. В научно-исследовательской деятельности задействованы все кафедры ИПБиВМ. По результатам выполненных научно-исследовательских работ изданы 4 монографии, 101 научная статья опубликована в рекомендованных ВАК изданиях. Кроме того, 346 статей зарегистрированы в системе РИНЦ и 27 статей — в журналах, индексируемых в базе Scopus и Web of Science. Отмечу, что за три последних года преподаватели ИПБиВМ выиграли конкурсы на получение 17 грантов на сумму 37 миллионов рублей.

— **Насколько востребованы на рынке труда выпускники ИПБиВМ? Помогает ли им институт с трудоустройством?**

— Разумеется, помогает. Мы ежегодно проводим встречи работодателей с выпускниками в формате круглых столов, семинаров и форумов «Ярмарка вакансий», «Кадровый форум», «Агропромышленный форум», организуем выезды и экскурсии студентов на предприятия, размещаем информацию о вакансиях на официальном сайте университета и официальной странице вуза в «ВКонтакте», приглашаем специалистов из Минсельхоза Красноярского края для разъяснений, какие меры поддержки положены сегодня молодым специалистам. Например, в рамках действующей в крае программы обустройства на селе молодые специалисты получают выплаты в 1 миллион рублей. Деньги выплачивают в два этапа: 500 тысяч рублей по факту устройства на работу, 500 тысяч рублей через три года работы. В частности, в 2023 году удельный вес трудоустроенных выпускников составил в среднем по институту 91,3% (в разрезе направлений подготовки 06.03.01 «Биология» — 90%, 36.05.01 «Ветеринария» — 97%, 36.03.01 «Ветеринарно-санитарная экспертиза» — 78%, 36.03.02 «Зоотехния» — 83%, 36.04.02 «Зоотехния» — 100%, 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» — 100%). Наши выпускники всех направлений подготовки не просто востребованы на рынке труда, а пользуются повышенным спросом среди работодателей. Сегодня подготовленные нами специалисты работают не только в своем регионе — Красноярском крае, но и далеко за его пределами: на Камчатке и Сахалине, в республиках Хакасия и Тыва, Краснодарском и Ставропольском краях, Иркутской, Новосибирской, Читинской и Московской областях.

Записала Мила Абакумова

ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «МАСТИБЛОК® ГЕЛЬ» ПРИ ЛЕЧЕНИИ МАСТИТА ОВЕЦ

В статье описано научное исследование по изучению эффективности лекарственного препарата «Мастиблок® гель» (ООО «НВЦ Агроветзащита», Россия) при лечении мастита овец. В опыт были включены лактирующие овцематки дагестанской горной породы.

По принципу аналогов были сформированы 4 опытные группы по 12 животных с разными формами мастита. Всем больным животным наносили препарат два раза в сутки — в период с начала заболевания до клинического выздоровления.

В ходе эксперимента препарат эффективно показал себя как противовоспалительное и антибактериальное средство при лечении мастита у овцематок.

Овцеводство — отрасль животноводства, особенно развитая в южных регионах РФ.

Мастит — частая патология, проявляющаяся воспалением молочной железы у лактирующих животных, пик заболевания приходится на май — июль [2, 3, 6, 7]. Распространенность субклинического мастита достигает 30% среди поголовья овец. В результате снижается молочная, мясная и шерстная продуктивность, наблюдается большой процент гибели новорожденных ягнят [4, 6, 7].

Таблица 1. Схема исследования

Группа	Вид животных	Кол-во животных в группе	Заболевание	Разовые дозы, кол-во «Мастиблок® гель»	Режим нанесения
1	Овцы	12	Субклинический мастит	25 г на животное	Тонким слоем на кожу вымени, 2 раза в день с интервалом 12 часов (до выздоровления)
2	Овцы	12	Серозный мастит	25 г на животное	Тонким слоем на кожу вымени 2 раза в день с интервалом 12 часов (до выздоровления) + доксициклин 200 в/м 1 мл / 10 кг один раз в 48 часов (до выздоровления)
3	Овцы	12	Катаральный мастит	25 г на животное	Тонким слоем на кожу вымени 2 раза в день с интервалом 12 часов + доксициклин 200 в/м 1 мл / 10 кг один раз в 48 часов (до выздоровления)
4	Овцы	12	Гнойно-катаральный мастит	25 г на животное	Тонким слоем на кожу вымени 2 раза в день с интервалом 12 часов (до выздоровления) + доксициклин 200 в/м 1 мл / 10 кг один раз в 48 часов (до выздоровления) + окситоцин в/м 2 мл/животное в первые два дня лечения

Компанией ООО «НВЦ Агроветзащита» разработан инновационный отечественный лекарственный препарат «Мастиблок® гель» (Mastiblock gel), который содержит в качестве действующих веществ диметилсульфоксид, калия йодид, вспомогательные вещества. Выпускается в виде геля для наружного применения.

Диметилсульфоксид, входящий в состав препарата, оказывает местноанестезирующее, противовоспалительное и противомикробное действие, обладает фибринолитической активностью. Калия йодид, всасываясь через кожу в форме йодид-иона, попадает в нижележащие ткани, где проявляет противомикробное действие.

Цель исследования — изучить терапевтическую эффективность лекарственного препарата «Мастиблок® гель» при мастите овец.

Исследования выполнялись в соответствии с нормативными требованиями и согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 6 марта 2018 года № 101 [1, 5].

Исследования проводились на базе Прикаспийского зонального научно-исследовательского ветеринарного института и на базе ОТФ № 4 КХ «Агрофирма Чох» (Республика Дагестан).

Диагностические исследования проводились на лактирующих овцематках дагестанской горной породы. По принципу аналогов были сформированы 4 опытные группы по 12 животных в каждой с признаками мастита различной формы: субклинической, серозной, катаральной и гнойно-катаральной.

У животных из каждой группы были отобраны пробы молока для бактериологического посева с целью выделения возбудителя и подтверждения диагноза. Схема исследования представлена в таблице 1.

Терапии подвергались животные до клинического выздоровления.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием ПО Microsoft Excel 2013, ПО PKSolver, ПО Statistica.

Таблица 2. Эффективность применения препарата «Мастиблок® гель» при мастите у лактирующих овец

Форма мастита	Подвергнуто лечению, голов	Сроки выздоровления, дней	Прогноз							
			выздоровело		перешло в другую форму		вынужденно забито		пало	
			гол.	%	гол.	%	гол.	%	гол.	%
Субклинический	12	5,6 ± 0,4	10	83,3	2	16,7	0	0	0	0
Серозный	12	8,1 ± 1,1	10	83,3	0	0	1	8,3	1	8,3
Катаральный	12	9,4 ± 1,7	9	75,0	0	0	2	16,6	1	8,3
Гнойно-катаральный	12	11,3 ± 1,9	8	66,6	0	0	2	16,6	2	16,6

Результаты

Быстрые маститные экспресс-тесты показали отрицательную реакцию на 5–8-й день исследования. На 1-й день и последующие 7-й и 14-й день после выздоровления количества соматических клеток соответствовало физиологической норме.

Овцематки считались выздоровевшими, если после лечения отсутствовали клинические признаки мастита, пробы молока давали отрицательную реакцию на быстрые маститные экспресс-тесты, а количество соматических клеток молока в 1 мл не превышало 500 тыс.

Терапевтическая эффективность препарата «Мастиблок® гель» приведена в таблице 2.

При субклиническом мастите терапевтическая эффективность препарата 83,3%, сроки выздоровления $5,6 \pm 0,4$ дня, при серозном мастите — 83,3%, сроки выздоровления — $8,1 \pm 1,1$ дня, при катаральном мастите терапевтическая эффективность — 75,0%, сроки выздоровления — $9,4 \pm 1,7$ дня, при гнойно-катаральном мастите терапевтическая эффективность — 66,6%, сроки выздоровления — $11,3 \pm 1,9$ дня.

Заключение

В ходе эксперимента препарат эффективно показал себя как противовоспалительное и антибактериальное средство при лечении мастита у овцематок.

В процессе наблюдения побочных явлений, осложнений и негативного влияния препарата в терапевтической дозе на организм овцематок не отмечено.

Препарат «Мастиблок® гель» при лечении мастита у лактирующих овец имеет высокую терапевтическую эффективность и может быть рекомендован для практического применения.

*Енгашев С.В., академик РАН, профессор, д-р ветеринар. наук
ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной
медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина»*

*Енгашева Е.С., старший научный сотрудник, д-р биол. наук
ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, Москва*

*Алиев А.Ю., директор, д-р ветеринар. наук
Прикаспийский зональный научно-исследовательский
ветеринарный институт — филиал ФГБНУ «ФАНЦ РД», Махачкала*

*Новиков Д.Д., заместитель директора Департамента науки,
канд. ветеринар. наук
ООО «НВЦ Агроветзащита», Москва*

*Никанорова А.М., доцент, д-р ветеринар. наук
ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет
им. К.Э. Циолковского», Калуга*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 12.04.2010 № 61-ФЗ (в ред. от 28.12.2017) «Об обращении лекарственных средств». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99350/?ysclid=ireyavyzgg353383606
2. Алиев А.Ю. Диагностика мастита у овец / А.Ю. Алиев, А.Ю. Махтиева // Ветеринарная патология. 2014; 2(48): 5–8.
3. Сулейманов С.М. Физико-химические показатели молока и морфофункциональная характеристика молочной железы у овцематок при субклиническом мастите / С.М. Сулейманов, Б.Б. Булатхан, М.З. Магомедов, А.Ю. Алиев, М.Т. Расулов, О.Б. Павленко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015; 4: 60–64.
4. Филатова А.В. Изменения в крови и моче у больных коз после окота с воспалением вымени и осложнением мочеиспускательной системы / А.В. Филатова, Д.Н. Сандакчи, В.А. Губернаторова, А.А. Никитина // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2023; 3(59): 15–19.
5. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products Veterinary Medicines and Information Technology Unit // Guideline on good clinical practices. CVMP/VICH/595/98-FINAL London, 4 July 2000. <https://www.ema.europa.eu/en/vich-gl9-good-clinical-practices-scientific-guideline>
6. Contreras A. et al. Mastitis in small ruminants / A. Contreras et al. // Small Ruminant Research. 2007; 68: 1–2: 145–153.
7. Menzies P.I. Mastitis of sheep and goats / P.I. Menzies, S.Z. Ramanooon // Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 2001; 17: 2: 333–358.

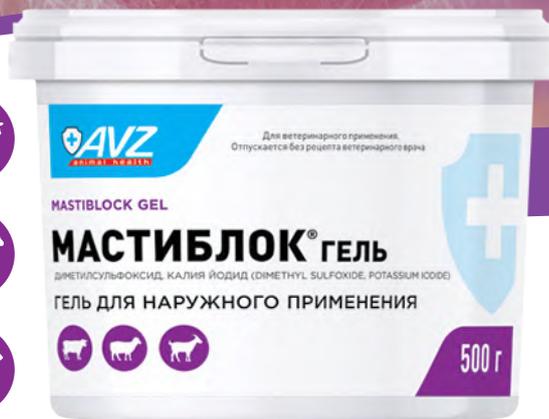
На правах рекламы



ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИД, КАЛИЯ ЙОДИД

МАСТИБЛОК® ГЕЛЬ

- Оказывает** противовоспалительное, обезболивающее, противомикробное и фунгистатическое действие
- Способствует** быстрому восстановлению молочной продуктивности после перенесенного мастита
- Повышает** проникновение лекарственных препаратов в воспаленные ткани вымени, оболочку микробных клеток, повышая их чувствительность к антибиотикам
- Ускоряет** регенерацию внутренних тканей вымени, кожных покровов
- Снимает** раздражение после укусов насекомых



Не имеет сроков ожидания по продукции



ПОДРОБНО

ПРО ПРОДУКТ

ИМЕЮТСЯ ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ. НЕОБХОДИМО ОЗНАКОМИТЬСЯ С ИНСТРУКЦИЕЙ

www.avzvet.ru

УДК: 002.63

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36

М.Б. Ребезов^{1, 2}

Б.В. Виолин² ✉

¹Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.П. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия

✉ agrovetpress@inbox.ru

Поступила в редакцию: 07.09.2024
Одобрена после рецензирования: 16.09.2024
Принята к публикации: 30.09.2024

© Ребезов М.Б., Виолин Б.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36

Мaksim B. Rebezov^{1, 2}

Boris V. Violin³ ✉

¹Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

²Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

³All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – a branch of the of the Federal Scientific Centre VIEV, Moscow, Russia

✉ agrovetpress@inbox.ru

Received by the editorial office: 07.09.2024
Accepted in revised: 16.09.2024
Accepted for publication: 30.09.2024

© Rebezov M.B., Violin B.V.

Наукометрический вектор развития

РЕЗЮМЕ

Библиометрические методы оценки результативности научной деятельности достаточно широко распространены в мире. При корректном использовании эти методы могут отобразить объективные тенденции развития отечественной и мировой науки. Для уточнения вектора редакционной политики с целью устойчивого развития журнала среди периодических изданий ВАК РФ (тематика «Сельское и лесное хозяйство») выполнен анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за пятилетний период (2019–2023 гг.).

Материалом для исследования являлись статистические данные, полученные после сбора необходимой информации на сайте РИНЦ. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

Наукометрические показатели журнала «Аграрная наука» за анализируемый период (с 2019 по 2023 г.) показали общую положительную динамику.

В сентябре 2024 г. РИНЦ опубликовал рейтинги журналов за 2023 г., у научно-теоретического и производственного журнала «Аграрная наука» установлены следующие показатели: место в общем рейтинге SCIENCE INDEX — 830-е (среди 3970 журналов), процентиль в рейтинге SCIENCE INDEX — 21, место в рейтинге SCIENCE INDEX по тематике «Сельское и лесное хозяйство» — 58-е (среди 220 журналов).

Ключевые слова: публикационная активность журнала, научные издания, научные публикации, статистический анализ, процентиль, рейтинг, SCIENCE INDEX, импакт-фактор, индекс Хирша, индекс Джини, индекс Херфиндала, РИНЦ

Для цитирования: Ребезов М.Б., Виолин Б.В. Наукометрический вектор развития. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 30–36.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36>

Scientometric vector of development

ABSTRACT

Bibliometric methods of evaluating the effectiveness of scientific activity are quite widespread in the world. When used correctly, these methods can reflect objective trends in the development of domestic and world science. To clarify the vector of editorial policy for the purpose of sustainable development of the journal among the periodicals of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation (subject “Agriculture and Forestry”), an analysis of the publication activity of the journal “Agrarian Science” for a five-year period (2019–2023) was performed.

The material for the study was statistical data obtained after collecting the necessary information on the RSCI website. The data obtained were analyzed using problem-thematic and system analysis.

The scientometric indicators of the journal “Agrarian Science” for the analyzed period (from 2019 to 2023) showed an overall positive trend.

In September 2024, the RSCI published magazine ratings for 2023, the scientific-theoretical and industrial journal “Agrarian Science” has the following indicators: place in the overall SCIENCE INDEX ranking — 830th (among 3970 journals), percentile in the SCIENCE INDEX ranking — 21, place in the SCIENCE INDEX ranking on the topic “Agriculture and forestry” — 58th (among 220 magazines).

Key words: journal publication activity, scientific publications, scientific publications, statistical analysis, percentile, rating, SCIENCE INDEX, impact factor, Hirsch index, Gini index, Herfindahl index, RSCI

For citation: Rebezov M.B., Violin B.V. Scientometric vector of development. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 30–36 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-30-36>

Введение/Introduction

Применение наукометрии началось с изменения процедур оценки научной результативности и введения библиометрических показателей. Это оказало большое влияние на переосмысление исследователями результатов своего труда и на развитие наукометрии [1, 2].

Наукометрический подход следует рассматривать гораздо шире — как основной инструмент цифровизации научной деятельности и научных коммуникаций. Он предполагает формирование, обработку и анализ массивов данных, содержащих относительно полный состав сведений об исследуемом объекте научной деятельности [3–5].

Преимущество такого подхода заключается в более высокой достоверности (исследователь контролирует все этапы анализа, начиная с получения первичных данных), воспроизводимости (исследование всегда можно повторить и проверить с использованием тех же данных и методик) и полноте охвата (которая лимитируется лишь ограничениями источников данных). Его результаты могут применяться не только для оценки, но и для более эффективного распространения знания, анализа научного ландшафта, поиска оптимальных решений исследовательских задач. Весомый вклад в проблематику взаимного развития российской науки и российского книгоиздания с позиций наукометрического (библиометрического) анализа вносит недавно опубликованная глубокая и детализированная статья В.А. Цветковой [6, 7].

Федеральный закон Российской Федерации № 127-ФЗ¹ определяет государственную научно-техническую политику как «составную часть социально-экономической политики, указывает цели, направления и формы деятельности органов государственной власти в области науки и техники». Данный закон рассматривает научные публикации как продукты научной и научно-технической деятельности, которые содержат новые знания или решения и зафиксированы на информационном носителе [8].

С развитием науки и признанием роли науки в жизни современного общества усиливается глобальная научно-технологическая конкуренция, а следовательно, и возрастает значение публикационной активности как части научно-исследовательской деятельности [9, 10].

Значение публикационной активности как части научно-исследовательской деятельности будет расти по мере признания роли науки в жизни современного общества и усиления глобальной научно-технологической конкуренции.

Публикации в авторитетных изданиях являются показателем успешной деятельности ученого и научных коллективов организаций. Опубликованные исследования доступны для анализа и экспериментальной проверки со стороны коллег, имеющих разные сферы научных интересов и подходы к рассматриваемой проблеме в научной публикации. Это является основой целостности и общественной ценности науки и в конечном счете доверия к науке и научному методу [11–14].

Открытость статей для ознакомления, оценки и критики позволяет судить об актуальности и перспективности проводимых исследований, а количество цитирований, ссылок и просмотров свидетельствует о степени интереса к рассматриваемой проблеме и признания результатов [15–18].

Рейтинг научно-теоретического журнала определяется уровнем библиометрических показателей и в значительной степени зависит от редакционной политики, публикационной активности, повышения качества публикуемого материала.

Любая научная статья научно-теоретического журнала представляет собой уникальную информационную единицу с определенной структурой. Помимо научной информации (описание изучаемой проблемы, методология исследования, полученные результаты и их обсуждение), в ней содержатся метаданные, позволяющие проводить детальный анализ научных исследований в соответствующей области, их особенности и географическую локализацию, финансирование и аффилиацию автора. Эти данные помогают увидеть полную картину текущего состояния публикационной активности журнала [19, 20].

Библиометрические методы оценки результативности научной деятельности достаточно широко распространены в мире. При корректном использовании эти методы могут отобразить объективные тенденции развития отечественной и мировой науки² [21, 22].

Управление публикационной активностью, по мнению О.В. Шуляка, достаточно сложная, многофакторная задача, решить которую одними только административными методами или постановлениями практически невозможно. Здесь важен системный подход, учитывающий многие аспекты, где результат может быть достигнут на основе совокупного системного эффекта, действие которого должно иметь определенную временную протяженность, не ограниченную краткосрочным периодом [23].

Публикационная активность научного журнала — важный показатель успешности государственной научной политики. Об этом говорит изменение в подходах — от простого подсчета количества публикаций для оценки результатов научно-исследовательской деятельности до признания их инструментом управления научно-технической сферой и повышения научного авторитета страны на международной арене.

Наукометрический анализ дает возможность получить комплексную оценку публикационной деятельности: выявить структуру, динамику и импакт-фактор в целом и по предметным областям, оценить конкурентоспособность и потенциал российских исследователей в сравнении с учеными других стран, определить роль международного сотрудничества в научно-издательской сфере [24–26].

Для уточнения вектора редакционной политики с целью устойчивого развития журнала среди периодических изданий ВАК РФ³ (тематика «Сельское и лесное хозяйство») выполнен анализ публикационной активности журнала «Аграрная наука» за пятилетний период (2019–2023 гг.).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Ежемесячный рецензируемый научно-теоретический журнал «Аграрная наука» (далее — журнал) публикует результаты научно-исследовательской и научно-практической деятельности ученых, научных сотрудников, аспирантов (студентов) и специалистов промышленных предприятий.

¹ Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (с изм. на 16.04.2022). Собрание законодательства Российской Федерации. 1996; 35. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028333>

² Москалева О.В. Научные публикации как средство анализа и оценки научной деятельности. Руководство по наукометрии: индикаторы развития науки и технологий. 2-е изд. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2021.

³ vak.minobrnauki.gov.ru Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий⁴, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, в список периодических изданий Международной базы данных AGRIS, в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), в ядро РИНЦ⁵, RSCI (Russian Science Citation Index)⁶ и др.

Всем размещаемым в журнале научным публикациям присваивается DOI (DOI журнала — 10.32634/0869-8155).

Объект исследования — анализ публикационной активности журнала.

Количество зарегистрированных журналов по тематике журналов «Сельское и лесное хозяйство» ВАК РФ составляло при наукометрическом анализе на сайте РИНЦ: за 2019 г. — 171 ед.; за 2020 г. — 174 ед.; за 2021 г. — 176 ед.; за 2022 г. — 176 ед.; за 2023 г. — 171 ед.

Материалом для исследования являлись статистические данные, полученные после анализа необходимой информации с 2019 по 2023 г. на сайте РИНЦ⁷. Полученные данные анализировались с применением проблемно-тематического и системного анализа.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основные параметры результативности научной работы журнала представлены на рисунке 1.

Рейтинг Science Index⁸ журнала (рис. 2) в 2019 г. составлял 4,902 и увеличился до 5,955 в 2023-м.

Анализируя наукометрические показатели журнала (рис. 3), отмечаем достаточно положительную динамику критериальных показателей. Анализ индексов будет полезен редакции журнала при планировании деятельности.

Это подтверждается представленными на рисунке 4 результатами изменений рейтинга (занимаемое место) журнала среди научных периодических изданий ВАК РФ (тематика журналов «Сельское и лесное хозяйство»).

На рисунках 3, 4 наглядно показаны темпы прироста основных показателей публикационной активности⁹

Рис. 1. Основные параметры оценки результативности научной работы журнала

Fig. 1. Key parameters for assessing the effectiveness of the journal's scientific work



журнала в динамике: двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ¹⁰; пятилетний импакт-фактор РИНЦ¹¹.

Это доказывает эффективную работу главного редактора, редакции и редакционной коллегии. Принятые кардинальные изменения в составе редакции в 2022 г. приносят положительные результаты, например перемещение с 171-го на 74-е место по показателю «Двухлетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования»¹²,

Рис. 2. Рейтинг Science Index журнала (2019–2023 гг.)

Fig. 2. Science Index ranking of the journal (2019–2023)

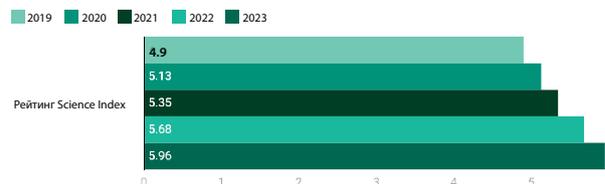


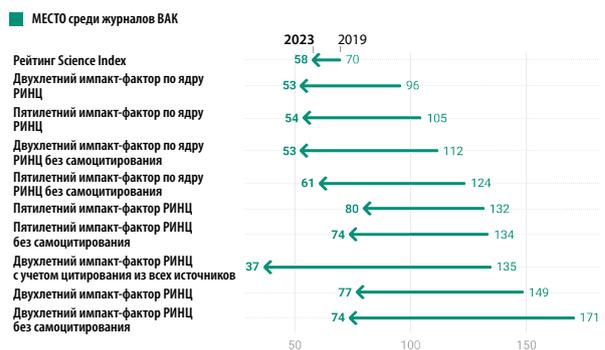
Рис. 3. Критериальные наукометрические показатели журнала (2019–2023 гг.)

Fig. 3. Criterial scientometric indicators of the journal (2019–2023)

	2019	2020	2021	2022	2023
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ	0.259	0.312	0.403	0.578	0.754
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования	0.241	0.247	0.342	0.467	0.636
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ с учетом цитирования из всех источников	0.616	0.894	1.163	1.276	2.103
Двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ	0.099	0.156	0.211	0.372	0.404
Двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ без самоцитирования	0.082	0.091	0.150	0.261	0.287
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ	0.234	0.242	0.347	0.496	0.617
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования	0.220	0.211	0.307	0.425	0.524
Пятилетний импакт-фактор по ядру РИНЦ	0.075	0.112	0.151	0.281	0.329
Пятилетний импакт-фактор по ядру РИНЦ без самоцитирования	0.062	0.081	0.112	0.209	0.236
Индекс Джини	0.720	0.680	0.750	0.780	0.770

Рис. 4. Положительная динамика рейтинга по занимаемому месту среди научных журналов

Fig. 4. Positive dynamics of the ranking by place among scientific journals



⁴ Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук (по состоянию на 24.10.2023. — URL: <https://vak.minobrnauki.gov.ru/uploader/loader?tyre=19&name=91107547002&f=21051>)

⁵ Ядро РИНЦ рекомендуется для оценки наиболее качественной составляющей массива публикаций российских ученых.

⁶ RSCI — это библиографическая база данных журналов на платформе WoS.

⁷ РИНЦ — ведущий российский ресурс, отражающий научную деятельность, публикации и показатели научной активности исследователей России и ближнего зарубежья. — URL: <https://elibrary.ru/>

⁸ Рейтинг Science Index используется при расчете категорий ВАК РФ, учитывается при наукометрическом анализе изданий, подавших заявку на вхождение в RSCI, для расчета рейтинга журналов RSCI.

⁹ То же.

¹⁰ С 2016 г. отдельно рассчитываются показатели по ядру РИНЦ (журналам, включенным в Web of Science CC, Scopus и Russian Science Citation Index).

¹¹ Двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ — число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие два года, поделенное на число этих статей. При этом учитываются ссылки только из журналов, входящих в ядро РИНЦ (то есть включенных в WoS, Scopus или RSCI).

¹² Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие пять лет, поделенное на число этих статей.

с 135-го на 37-е место по показателю «Двухлетний импакт-фактор РИНЦ с учетом цитирования из всех источников»¹³ (за 5 лет изменения показателя — + 45%) среди журналов ВАК по направлению «Сельское и лесное хозяйство»).

Наглядно показаны темпы прироста показателей: двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ — за 5 лет изменения показателя + 58%; пятилетний импакт-фактор по ядру РИНЦ — за 5 лет изменения показателя + 49%; пятилетний импакт-фактор по ядру РИНЦ без самоцитирования — за 5 лет изменения показателя + 31%.

Индекс Джини¹⁴ снизился на 0,05 (5,6%) за пятилетний период. Рассмотрим второй блок наукометрических показателей (рис. 5, 6).

Анализируя данные (рис. 5, 6), отмечаем значительный прогресс по показателю «Время полужизни статей из журнала, процитированных за год»¹⁵ — перемещение с 136-го места на 12-е, а по показателю «Время полужизни статей, процитированных в журнале в текущем году» — с 99-го места на 53-е.

К положительным изменениям относится показатель «Число цитирований журнала за год»¹⁶ — перемещение с 61-го места на 28-е. Количество цитирований,

Рис. 5. Второй блок наукометрических показателей журнала (2019–2023 гг.)

Fig. 5. The second block of scientometric indicators of the journal (2019–2023)

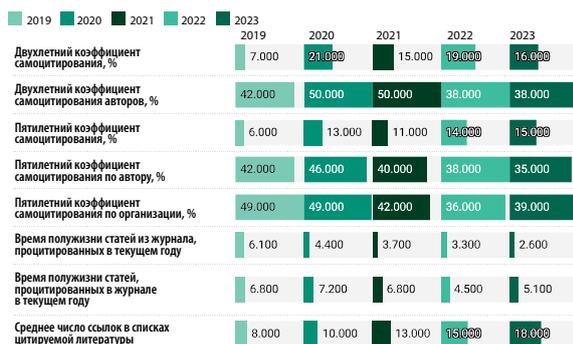


Рис. 6. Изменения рейтинга по занимаемому месту среди научных журналов (2019–2023 гг.)

Fig. 6. Changes in ranking by place among scientific journals (2019–2023)



¹³ Доля ссылок журнала на самого себя среди всех ссылок, сделанных в текущем году на выпуски этого журнала за два года, учитывается цитирование статей всех видов.

¹⁴ Импакт-фактор с учетом самоцитирования, рассчитывается с использованием ссылок из всех типов источников, включая монографии, материалы конференций и т. д.

¹⁵ Индекс Джини отражает степень неравномерности распределения статей в журнале по числу их цитирований. Может принимать значения от 0 до 1. Нулевое значение индекса соответствует ситуации, когда все статьи в журнале за год получили одинаковое количество цитирований.

¹⁶ Время полужизни статей из журнала, процитированных в текущем году, — медианный возраст этих статей, такой, что половина ссылок на журнал, сделанных в текущем году, идет на статьи моложе этого возраста, другая половина — на статьи старше. Аналогично время полужизни процитированных в журнале статей в текущем году — медианный возраст этих статей, такой, что половина ссылок из журнала, сделанных в этом году, идет на статьи моложе этого возраста, другая половина — старше.

¹⁷ Число цитирований в текущем году статей, опубликованных в журнале за предыдущие пять лет, поделенное на число этих статей. Учитывается в том числе самоцитирование (ссылки из журнала на статьи в этом же журнале).

¹⁸ Рассчитывается средний индекс Хирша авторов каждой статьи, затем берется среднее значение по всем статьям в журнале за год.

¹⁹ Индекс Хирша вычисляется на основе распределения цитирований статей и имеет значение N, если в журнале опубликовано N статей, на каждую из которых сослались как минимум N раз, а остальные статьи имеют число цитирований не более N. Учитываются все статьи, опубликованные в журнале за 10 лет, и цитирования за этот же период.

ссылок и просмотров свидетельствует о степени интереса и признания опубликованных результатов научных исследований [27]. Однако с этим показателем связаны расчеты коэффициентов самоцитирования (выделено красным цветом на рис. 6). Количество самоцитирований в 2023 г. не превышало 10% от общего числа.

Рассмотрим третий блок наукометрических показателей журнала (рис. 7, 8).

Анализируя представленные данные, можно отметить положительную динамику изменений следующих показателей за изучаемый период (с 2019 по 2023 г.): средний индекс Хирша авторов¹⁷ увеличился — 169,0%; десятилетний индекс Хирша¹⁸ журнала увеличился — 125,0% (перемещение с 58-го на 49-е место среди журналов); средняя длина текстов научных статей за год увеличилась на 144,3% (перемещение с 140-го на 99-е место среди журналов).

Анализируя представленные данные, необходимо отметить снижение рейтинга следующих показателей за изучаемый период (с 2019 по г.): пятилетний индекс Херфиндаля¹⁹ по цитирующим журналам увеличился в 1,82 раза (перемещение с 6-го на 56-е место среди журналов), необходимо отметить положительную динамику в сравнении 2022 г. и 2023 г. (снижение показателя на 2 пункта); индекс Херфиндаля по организациям авторов увеличился в 1,19 раза (перемещение с 5-го на 6-е место среди журналов).

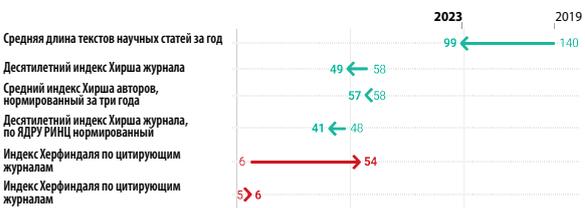
Рис. 7. Третий блок наукометрических показателей журнала (2019–2023 гг.)

Fig. 7. The third block of scientometric indicators of the journal (2019–2023)



Рис. 8. Изменения рейтинга по занимаемому месту среди научных журналов (2019–2023 гг.)

Fig. 8. Changes in ranking by place among scientific journals (2019–2023)



Показатели журнала по цитированию научных публикаций представлены на рисунке 9.

За анализируемый период количество цитирований увеличилось в 2,16 раза. Отметим, что самая цитируемая статья за пятилетний период (авторы С.М. Сычёв, А.О. Храменкова, А.А. Кузьмицкая, О.Н. Коростелёва, А.А. Полухин «Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области» [28]) опубликована в 2022 г. — 131 цитирование.

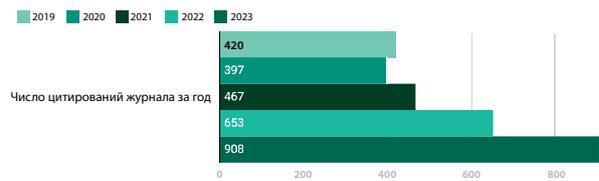
Благодарность/Gratitude

Шеф-редактор И.В. Костромичёва, научный редактор М.Н. Долгая, верстальщик С.Н. Антонов, корректор Г.М. Кузнецова, библиограф Д.С. Нерозник, журналист Ю.Г. Седова, менеджер А.С. Теплова обеспечивают бесперебойный выход издания и поддерживают неизменно высокий уровень качества журнала «Аграрная наука». Главный редактор выражает признательность всем сотрудникам редакции, благодаря работе которых значительно улучшились основные наукометрические показатели издания «Аграрная наука» в 2022 и 2023 гг.

Выводы/Conclusion

Наукометрические показатели журнала «Аграрная наука» за анализируемый период (с 2019 по 2023 г.) показали общую положительную динамику. В сентябре 2024 г. РИНЦ опубликовал рейтинги журналов за 2023 г., у научно-теоретического и производственного журнала «Аграрная наука» установлены следующие показатели²⁰: место в общем рейтинге SCIENCE INDEX²¹ — 830-е

Рис. 9. Число цитирований журнала за год
Fig. 9. Number of citations of the journal per year



(среди 3970 журналов); процентиль в рейтинге SCIENCE INDEX²² — 21; место в рейтинге SCIENCE INDEX по тематике «Сельское и лесное хозяйство»²³ — 58-е (среди 220 журналов).

Перед редакцией журнала запланированы следующие оперативные задачи:

- увеличить количество статей, авторами которых являются научные сотрудники с высоким уровнем индекса Хирша;
- увеличить количество статей из различных научных организаций и образовательных учреждений для снижения индекса Херфиндала;
- для стабилизации индекса Джини разработать мероприятия;
- снизить самоцитирование журнала и авторское самоцитирование;
- установить рекомендацию для авторов в части библиографии: не менее 20 ссылок на научные статьи, опубликованные в научных изданиях за последние 5 лет.

²⁰ Индекс Херфиндала — Хиршмана рассчитывается как сумма квадратов процентных долей журналов, цитирующих данный, по отношению к общему количеству цитирований. При расчете учитываются ссылки из текущего года на предыдущие 5 лет, в том числе самоцитирования. Чем больше количество цитирующих журналов и чем равномернее распределены по ним ссылки на данный журнал, тем меньше величина этого показателя. Максимальное значение равно 10 тыс. и достигается, когда все ссылки сделаны из одного журнала.

²¹ Анализ активности журнала «Аграрная наука». — URL: https://elibrary.ru/title_profile.asp?id=8384

²² Все показатели автоматически нормируются с учетом практики цитирования для данного научного направления или данного типа научных статей. Нормировка осуществляется на постатейном уровне, то есть наличие публикаций по различным научным направлениям в одном журнале учитывается автоматически. Для каждой цитирующей статьи рассчитывается потенциал цитирования (например, для расчета пятилетнего импакт-фактора потенциал цитирования статьи — это число ссылок из нее на статьи в журналах за последние 5 лет). Каждая ссылка из этой статьи получает вес $1/N$, где N — потенциал цитирования. При расчете рейтинга используются следующие библиометрические показатели: IF5 — нормированный импакт-фактор журнала по ядру РИНЦ за 5 лет (среднее число цитирований из журналов ядра РИНЦ в расчетном году на статьи в журнале за 5 предыдущих расчетному году лет); H10 — нормированный индекс Хирша по ядру РИНЦ статей в журнале за последние 10 лет; HA3 — средний нормированный индекс Хирша по ядру РИНЦ авторов статей в журнале за последние 3 года (рассчитывается постатейно); LN3 — средняя длина текста статей за последние 3 года. Показатели нормализуются путем деления на максимальное значение в выборке. Интегральный показатель журнала в системе Science Index рассчитывается по формуле: $SI = 8 * IF5 + 7 * H10 + 4 * HA3 + 4 * LN3$.

²³ Процентиль определяется путем разбиения ранжированного списка журналов на 100 равных по количеству журналов групп. Чем меньше процентиль, тем ближе журнал к началу рейтинга Science Index.

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

- Guskov A., Kosyakov D., Selivanova I. Scientometric research in Russia: impact of science policy changes. *Scientometrics*. 2016; 107(1): 287–303. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1876-7>
- Цветкова Н.А., Худoley К.К., Хейфец В.Л., Гарбузов В.Н., Истомин И.А., Харкевич М.В. Научные журналы в условиях трансформации международных отношений: проблемы, вызовы и перспективы. Часть 1. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения*. 2023; 16(3): 294–315. <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
- Гусков А.Е., Шрайберг Я.Л. Вызовы для развития наукометрических исследований. *Научные и технические библиотеки*. 2023; (2): 37–58. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-37-58>
- Попкова Е.Г., Кузнецов В.П., Самерханова Э.К. Устойчивое развитие российской науки: «институциональные ловушки» научных журналов и перспективы их преодоления. *Вестник Мининского университета*. 2023; 11(2): 9. <http://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
- Тимофеевская С.А., Непочатых А.Ю. Библиометрический анализ научных публикаций на веб-сайтах аграрных учреждений высшего и дополнительного образования Российской Федерации. *Аграрная наука*. 2024; (9): 152–159. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-152-159>

REFERENCES

- Guskov A., Kosyakov D., Selivanova I. Scientometric research in Russia: impact of science policy changes. *Scientometrics*. 2016; 107(1): 287–303. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1876-7>
- Tsvetkova N.A., Khudoley K.K., Jeyfets V.L., Garbuzov V.N., Istomin I.A., Kharkevich M.V. Scientific journals in the context of the transformation of international relations: Problems, challenges and prospects. Part 1. *Vestnik of Saint Petersburg University. International Relations*. 2023; 16(3): 294–315 (in Russian). <https://doi.org/10.21638/spbu06.2023.306>
- Guskov A.E., Shrayberg Ya.L. Challenges to develop scientometric studies. *Scientific and Technical Libraries*. 2023; (2): 37–58 (in Russian). <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-37-58>
- Popkova E.G., Kuznetsov V.P., Samerkhanova E.K. Sustainable development of Russian science: “institutional traps” of scientific journals and prospects for overcoming them. *Vestnik of Minin University*. 2023; 11(2): 9 (in Russian). <http://doi.org/10.26795/2307-1281-2023-11-2-9>
- Timofeevskaya S.A., Nepochatykh A.Yu. Bibliometric analysis of scientific publications on the websites of agricultural institutions of higher and additional education of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2024; (9): 152–159 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-386-9-152-159>

6. Цветкова В.А., Мохначева Ю.В. Российская наука и российское книгоиздание в цифрах и библиометрических оценках. *Научные и технические библиотеки*. 2022; (11): 29–55. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2022-11-29-55>
7. Рубан Д.А. Цитирование статей российских экономистов в ведущих международных журналах: аспекты привлекательности отечественных разработок. *В центре экономики*. 2020; (2): 36–43. <https://elibrary.ru/qcvlso>
8. Трофимова И.Н. Публикационная активность в контексте целевых ориентиров научной политики: библиометрический анализ. *Научные и технические библиотеки*. 2023; (2): 59–79. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
9. Михайлов О.В. Цитируемость и библиометрические показатели российских ученых и научных журналов. *Проблемы деятельности ученого и научных коллективов*. 2017; (3): 152–170. <https://elibrary.ru/yovtsu>
10. Муравьев В.В. Публикационная активность членов редакционной коллегии журнала «Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова». *Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова*. 2022; 25(1): 4–16. <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
11. Barber M.N. Strengthening Research Integrity — the Role and Responsibilities of Publishing. ISC Occasional paper. *International Science Council*. 2021; 12.
12. Иванова А.Д., Евграфов А.А., Муругова О.В. Публикационная активность как приоритет в развитии вузов России. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2020; (3): 88–99. <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
13. Kostyrko T.M., Korolova T.D. Bibliometric analysis of publications of scientists in Open Access journals as a tool to increase the publishing activity of the university. *University Library at a New Stage of Social Communications Development. Conference Proceedings*. 2021; 6: 108–117.
14. Kotsemir M., Nefedova A., Dyachenko E. Publish more or publish differently? New aspects of relationship between scientific mobility and performance of young researchers. *ISSI2021. Virtual event. 18th International Conference on Scientometrics and Informetrics. Proceedings*. 2021; 585–596. <https://www.elibrary.ru/qbdqye>
15. Gorbunov-Posadov M.M. Russian scientific publication — 2019. *SSI-2019. Proceedings of the 21st Conference on Scientific Services and Internet*. 2020; 377–381. <https://www.elibrary.ru/nripoc>
16. Moroz O., Medvedsky D. Digital potential of the Russian agro-industrial complex based on the results of technological innovations. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 22008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822008>
17. Antipina O., Rasputina A. Scientific support of the innovative development of agriculture in the Russian Federation: Problems and solutions. *BIO Web of Conferences*. 2023; 71: 02012. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237102012>
18. Лубышева Л.И. В поисках критериев повышения рейтинга научного журнала. *Теория и практика физической культуры*. 2023; (5): 105. <https://elibrary.ru/qvdzjq>
19. Королева В.В., Иванов О.В., Ведягин А.А., Лядов А.С., Леонидов А.В., Колобов А.В. Публикационная активность как показатель эффективности научных исследований на примере организаций химического профиля. *Вестник Российской академии наук*. 2020; 90(10): 948–958. <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
20. Большаков Д.Ю. Предельная публикационная активность российских авторов научных журналов. *Наука и научная информация*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
21. Березкина Н.Ю. Библиометрические методы в библиотеках Республики Беларусь: история и современное состояние. *Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы*. 2017; (6): 31–36. <https://elibrary.ru/yubkbk>
22. Radushinsky D., Kremcheeva D., Smirnova E., Radushinskaya A. The approaches for assessing the quality of scientific research at St. Petersburg Mining university. *E3S Web of Conferences*. 2023; 376: 05051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337605051>
23. Шуляк О.В. Повышение публикационной активности вуза: новые функции библиотеки. *Библиография и книговедение*. 2016; (4): 20–26. <https://elibrary.ru/wzhofb>
24. Marinchenko T., Voinash S., Sokolova V., Zagidullin R., Sabitov L., Kiyamov I. Innovative activity of Russia: Dynamics and position in international comparisons. *AIP Conference Proceedings*. 2024; 2969(1): 030019. <https://doi.org/10.1063/5.0181865>
25. Mitrofanova I.V., Chernova O.A., Inshakova E.I. Current State of Russian Research in the Field of Water Resources Management. *BIO Web of Conferences*. 2023; 63: 07005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236307005>
26. Shestakova A.Y., Korolev D.O., Afanasyev A.A., Nikiforov I.V., Yusupova O.A. Scopus publications database analysis using its API. *CMSD-II-2022. 2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry*. 2023; 12564: 1256400. <https://doi.org/10.1117/12.2669237>
27. Боркин Л.Я., Сайфитдинова А.Ф. Наукометрия, оценка научной деятельности ученых и научная политика в России. *Биосфера*. 2024; 16(1): 103–143. <https://elibrary.ru/vstusq>
6. Tsvetkova V.A., Mokhnacheva Yu.V. Russian Science and Russian book publishing in digits and bibliometric estimates. *Scientific and Technical Libraries*. 2022; (11): 29–55 (in Russian). <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2022-11-29-55>
7. Ruban D.A. Citations of articles by Russian economists in top international journals: aspects of attractiveness of domestic developments. *In the Center of Economy*. 2020; (2): 36–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/qcvlso>
8. Trofimova I.N. Publication activities within the context of scientific policy goals: The bibliometric analysis. *Scientific and Technical Libraries*. 2023; (2): 59–79 (in Russian). <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-2-59-79>
9. Mikhailov O.V. Citation and bibliometric parameters of Russian scientists and scientific journals. *The Problems of Scientist and Scientific Groups Activity*. 2017; (3): 152–170 (in Russian). <https://elibrary.ru/yovtsu>
10. Muravyov V.V. Publication activity of the members of the editorial board of the journal "Bulletin of M.T. Kalashnikov IzhSTU". *Bulletin of the M.T. Kalashnikov IzhSTU*. 2022; 25(1): 4–16 (in Russian). <https://doi.org/10.22213/2413-1172-2022-1-4-16>
11. Barber M.N. Strengthening Research Integrity — the Role and Responsibilities of Publishing. ISC Occasional paper. *International Science Council*. 2021; 12.
12. Ivanova A.D., Evgrafov A.A., Murugova O.V. Publication activity as a priority in the development of Russian universities. *PNRPU Sociology and Economics Bulletin*. 2020; (3): 88–99 (in Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9354/2020.3.6>
13. Kostyrko T.M., Korolova T.D. Bibliometric analysis of publications of scientists in Open Access journals as a tool to increase the publishing activity of the university. *University Library at a New Stage of Social Communications Development. Conference Proceedings*. 2021; 6: 108–117.
14. Kotsemir M., Nefedova A., Dyachenko E. Publish more or publish differently? New aspects of relationship between scientific mobility and performance of young researchers. *ISSI2021. Virtual event. 18th International Conference on Scientometrics and Informetrics. Proceedings*. 2021; 585–596. <https://www.elibrary.ru/qbdqye>
15. Gorbunov-Posadov M.M. Russian scientific publication — 2019. *SSI-2019. Proceedings of the 21st Conference on Scientific Services and Internet*. 2020; 377–381. <https://www.elibrary.ru/nripoc>
16. Moroz O., Medvedsky D. Digital potential of the Russian agro-industrial complex based on the results of technological innovations. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 22008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822008>
17. Antipina O., Rasputina A. Scientific support of the innovative development of agriculture in the Russian Federation: Problems and solutions. *BIO Web of Conferences*. 2023; 71: 02012. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237102012>
18. Lubysheva L.I. In search of criteria for increasing the rating of a scientific journal. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2023; (5): 105 (in Russian). <https://elibrary.ru/qvdzjq>
19. Koroleva V.V., Ivanov O.V., Vedyagin A.A., Lyadov A.S., Leonidov A.V., Kolobov A.V. Publication activity as an indicator of the effectiveness of scientific research using the example of chemical organizations. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2020; 90(10): 948–958 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0869587320100060>
20. Bolshakov D.Yu. The ultimate publication activity of the Russian authors of the scientific journals. *Scholarly Research and Information*. 2021; 4(3): 94–105. <https://doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-94-105>
21. Berezkina N.Yu. Bibliometric methods in libraries of the Republic of Belarus: history and current state. *Nauchno-tehnicheskaya informatsiya. Seriya 1: Organizatsiya i metodika informatsionnoy raboty*. 2017; (6): 31–36 (in Russian). <https://elibrary.ru/yubkbk>
22. Radushinsky D., Kremcheeva D., Smirnova E., Radushinskaya A. The approaches for assessing the quality of scientific research at St. Petersburg Mining university. *E3S Web of Conferences*. 2023; 376: 05051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337605051>
23. Shulyak O.V. Increase the publication activity of the university: new functions of library. *Bibliography and bibliography*. 2016; (4): 20–26 (in Russian). <https://elibrary.ru/wzhofb>
24. Marinchenko T., Voinash S., Sokolova V., Zagidullin R., Sabitov L., Kiyamov I. Innovative activity of Russia: Dynamics and position in international comparisons. *AIP Conference Proceedings*. 2024; 2969(1): 030019. <https://doi.org/10.1063/5.0181865>
25. Mitrofanova I.V., Chernova O.A., Inshakova E.I. Current State of Russian Research in the Field of Water Resources Management. *BIO Web of Conferences*. 2023; 63: 07005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236307005>
26. Shestakova A.Y., Korolev D.O., Afanasyev A.A., Nikiforov I.V., Yusupova O.A. Scopus publications database analysis using its API. *CMSD-II-2022. 2nd International Conference on Computer Applications for Management and Sustainable Development of Production and Industry*. 2023; 12564: 1256400. <https://doi.org/10.1117/12.2669237>
27. Borkin L.Ya., Saifitdinova A.F. Scientometrics, assessment of scientific activities of scientists, and science policy in Russia. *Biosphere*. 2024; 16(1): 103–143 (in Russian). <https://elibrary.ru/vstusq>

28. Сычев С.М., Храмченкова А.О., Кузьмицкая А.А., Коростелёва О.Н., Полухин А.А. Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области. *Аграрная наука*. 2022; (9): 84–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91>

28. Sychev S.M., Khramchenkova A.O., Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Polukhin A.A. Opportunities and priorities for the development of the agro-industrial complex of the Bryansk region. *Agrarian science*. 2022; (9): 84–91 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91>

ОБ АВТОРАХ

Максим Борисович Ребезов^{1, 2}

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник¹;
доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов²
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Борис Викторович Виолин³

кандидат ветеринарных наук
agrovetpress@inbox.ru

¹Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, ул. им. Талалихина, 26, Москва, 109316, Россия

²Уральский государственный аграрный университет, ул. им. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

³Всероссийский 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», Звенигородское шоссе, 5, Москва, 123022, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Maksim Borisovich Rebezov^{1, 2}

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher¹;
Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products²
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Boris Viktorovich Violin³

Candidate of Veterinary Sciences
agrovetpress@inbox.ru

¹Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

²Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

³All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology – a branch of the of the Federal Scientific Centre VIEV, 5 Zvenigorodskoe highway, Moscow, 123022, Russia

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN 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 (К1, К2), 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 К1.

Подобную информацию о журнале можно получить у научного редактора Долгой М.Н.
+7 (495) 777 67 67 (доб. 1453)
dolgaya@vicgroup.ru

Реклама

УДК 619:616-006.04-036:636.7

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-37-43

Д.А. Вильмис ✉

Ю.Н. Меликова

А.В. Чечнева

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Москва, Россия

✉ vilmisda@mgupp.ru

Поступила в редакцию: 07.09.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-37-43

Daria A. Vilmis ✉

Julia N. Melikova

Anastasia V. Chechneva

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

✉ vilmisda@mgupp.ru

Received by the editorial office: 07.09.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Vilmis D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V.

Системное влияние онкологического процесса на организм собак

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты анализа нерандомизированного исследования распространенности паранеопластических синдромов при первичных спонтанных злокачественных новообразованиях у собак. Исследование было проведено в 2022–2024 годах на базе кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных и научно-исследовательской лаборатории онкологии, офтальмологии и биохимии животных ФГБОУ ВО Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ». Объектом исследования выступили 948 собак с первичными спонтанными злокачественными новообразованиями, подтвержденными морфологическими методами.

Цель работы — изучение частоты встречаемости паранеопластических синдромов у собак с неоплазией.

Диагноз «паранеопластический синдром» ставили путем исключения других возможных этиологических факторов развития клинических и лабораторных отклонений, выявленных в ходе комплексного обследования собак. В результате исследования частота встречаемости паранеоплазий составила 54,54% случаев. Наиболее часто регистрировались гематологические (44,41%) и гастроинтестинальные (37,13%) паранеопластические синдромы, реже — эндокринные (3,27%) и офтальмологические (3,38%), крайне редко — почечные (1,27%), костно-суставные (0,42%) и дерматологические (0,42%). Основными гематологическими проявлениями системного влияния онкологического процесса являлись анемия (12,87%), нейтрофильный лейкоцитоз (12,76%) и тромбоцитопения (8,86%). Гастроинтестинальный паранеопластический синдром в большинстве случаев проявлялся снижением массы тела (33,65%) и гипорексией (18,04%), воспалительными и эрозивно-язвенными поражениями желудочно-кишечного тракта (7,59%). В ходе исследования был зарегистрирован случай неспецифической системной реакции на злокачественную опухоль в виде лихорадки при отсутствии инфекционного и воспалительного процессов (0,11%).

Ключевые слова: злокачественные новообразования, опухоль, неоплазия, паранеопластический синдром, собака

Для цитирования: Вильмис Д.А., Меликова Ю.Н., Чечнева А.В. Системное влияние онкологического процесса на организм собак. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 37–43.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-37-43>

Systemic effect of the oncological process on the dog's body

ABSTRACT

The article presents the results of an analysis of a non-randomized study of the prevalence of paraneoplastic syndromes in primary spontaneous malignant neoplasms in dogs. The study was conducted in 2022–2024 on the basis of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals and the Research Laboratory of Oncology, Ophthalmology and Animal Biochemistry of the Russian Biotechnological University "ROSBIOTECH". The object of the study were 948 dogs with primary spontaneous malignant neoplasms confirmed by morphological methods.

The aim of the work was to study the frequency of paraneoplastic syndromes in dogs with neoplasia.

The diagnosis of paraneoplastic syndrome was made by excluding other possible etiological factors for the development of clinical and laboratory abnormalities identified during a comprehensive examination of dogs. As a result of the study, the incidence of paraneoplasia was 54.54% of cases. Hematological (44.41%) and gastrointestinal (37.13%) paraneoplastic syndromes were most often recorded, less often endocrine (3.27%) and ophthalmological (3.38%), extremely rarely renal (1.27%), osteoarticular (0.42%) and dermatological (0.42%). The main hematological manifestations of the systemic effect of the oncological process were: anemia (12.87%), neutrophilic leukocytosis (12.76%) and thrombocytopenia (8.86%). Gastrointestinal paraneoplastic syndrome in most cases was manifested by a decrease in body weight (33.65%) and hyporexia (18.04%), inflammatory and erosive ulcerative lesions of the gastrointestinal tract (7.59%). During the study, a case of a nonspecific systemic reaction to a malignant tumor in the form of fever in the absence of infectious and inflammatory processes (0.11%) was registered.

Key words: malignant neoplasms, tumor, neoplasia, paraneoplastic syndrome, dog

For citation: Vilmis D.A., Melikova Yu.N., Chechneva A.V. Systemic effect of the oncological process on the dog's body. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 37–43 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-37-43>

Введение/Introduction

Онкологические заболевания собак являются распространенной группой патологий, характеризующихся неконтролируемым размножением клеток, вследствие нарушения механизмов регуляции их роста, деления и дифференцировки, обусловленного изменениями в генетическом аппарате [1, 2].

Патологические процессы в организме животного, развивающиеся на фоне неоплазии, детерминированы ростом и инвазией злокачественных опухолей, поражением системы кроветворения при гемобластозах, метастазированием, непрямым влиянием на все системы жизнеобеспечения [3, 4]. Патогенетическое действие злокачественной опухоли суммируется из местного и системного воздействия [4].

Локальное действие новообразования проявляется нарушением структуры и функции органов и тканей, в которых оно расположено. Местное воздействие опухоли ассоциировано с инвазивным ростом злокачественной опухоли, морфофункциональной деструкцией тканей и метаболическими изменениями, компрессией, обусловленной масс-эффектом [4, 5]. Клинические проявления данного воздействия зависят от анатомического расположения и близости жизненно важных структур, интенсивности роста неоплазии, тенденции к метастазированию [5]. Метастатические опухолевые очаги оказывают аналогичное локальное воздействие в соответствующих своему расположению органах и тканях [3].

Опосредованное действие опухоли проявляется паранеопластическими синдромами — клиническими и лабораторными изменениями, не связанными с ее локальным и метастатическим ростом, обусловленными нарушениями регуляторных систем, метаболизма и гомеостаза [6–8].

Согласно принятой классификации, основанной на ведущих клинико-лабораторных изменениях и вовлеченности органов и систем органов, выделяют следующие паранеоплазии: гастроинтестинальные, гематологические, эндокринные, дерматологические, неврологические, почечные, офтальмологические и другие [7, 9–12].

Системное действие новообразования может быть обусловлено рядом патогенетических механизмов, включающих продукцию биологически активных веществ (цитокины, интерлейкины, фактор некроза опухоли, гормоны и гормоноподобные пептиды, факторы роста и др.), иммунопатологические процессы, возникающие вследствие формирования противоопухолевого ответа с образованием аутоантител, метаболические сдвиги на фоне роста и развития неоплазии [4, 7, 8, 13].

Интенсивная пролиферация опухолевых клеток сопровождается повышенными потребностями в пластическом и энергетическом материалах, что приводит к возникновению конкуренции между клетками новообразования и здоровыми клетками организма животного [3, 4]. Прогрессирование онкологического процесса способствует дезинтеграции метаболизма и накоплению эндогенных токсинов вследствие ускорения катаболизма белков и активации глюконеогенеза, усиления процессов свободнорадикального перекисного окисления липидов с развитием окислительного стресса [4].

На терминальных стадиях онкологического процесса развивается синдром опухолевой интоксикации, обусловленный не только метаболическими сдвигами в организме животного, но и распадом злокачественного

новообразования и развитием выраженного эндотоксикоза [14].

Паранеопластические синдромы и метаболические нарушения, отягощая течение основного онкологического заболевания, влияют на выбор и эффективность проводимой терапии, ухудшают прогноз и являются факторами риска развития жизнеугрожающих состояний [15–17].

Цель работы — изучение частоты встречаемости паранеопластических синдромов у собак с первичными злокачественными новообразованиями различного гистологического типа.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось в 2022–2024 годы на базе кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных и научно-исследовательской лаборатории онкологии, офтальмологии и биохимии животных (Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ»).

Объект исследования — 948 собак домашнего содержания различной породы, пола и возраста с первичными спонтанными злокачественными новообразованиями, подтвержденными морфологическими исследованиями (цитологическим и (или) гистологическим).

При проведении исследования использовали комплексный методический подход, состоящий из сбора анамнеза жизни и болезни животных, проведения клинического осмотра по общепринятой методике, общего клинического и биохимического анализа крови, дополнительных методов визуальной диагностики, включавших рентгенографическое и ультразвуковое исследование грудной и брюшной полости, магнитно-резонансную и компьютерную томографию, эндоскопическое исследование органов желудочно-кишечного тракта.

С помощью методов визуальной диагностики определяли локализацию и степень инвазии первичного опухолевого очага, оценивали наличие метастазов, проводили забор биоматериала для проведения морфологических исследований.

Биохимическое исследование крови осуществляли с использованием анализатора Vetscan 2 (Abaxis Inc., США), морфологические исследования крови — на анализаторе Micro CC-20 Plus (High Technology, Inc., США).

Для оценки морфологии клеток крови проводили микроскопию мазков крови, окрашенных по Паппенгейму¹. Исследование коагулограммы проводили при необходимости оценки системы гемостаза.

Для оценки протеинурии использовали данные по общему клиническому и биохимическому анализу мочи с последующим расчетом соотношения «белок — креатинин» в моче из медицинской карты животных.

Постановку диагноза «паранеопластический синдром» проводили на основании анализа комплексного обследования животного, исключения других возможных этиологических факторов клинических проявлений патологических состояний и подтверждение морфологическими исследованиями опухолевого процесса. Учитывали прямую корреляцию положительного результата лечения предполагаемого паранеопластического процесса с эффективной терапией основного онкологического заболевания.

¹ Полозюк О.Н. Гематология: учебное пособие / О.Н. Полозюк, Т.М. Ушакова. Донской ГАУ. Персиановский : Донской ГАУ. 2019; 41.

Анализ и математическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы Excel MS Office (США), в которой формировали базы данных, определяли среднее арифметическое величин и среднеквадратичное отклонение.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате полученных данных, основанных на проведении комплексного обследования 948 собак с первичными спонтанными злокачественными новообразованиями, паранеопластические синдромы были выявлены у 517 собак, что составило 54,54% случаев (рис. 1).

Результаты исследования встречаемости видов паранеопластических проявлений системного влияния злокачественных новообразований в соответствии с системно-органный классификацией представлены в таблице 1.

На основании данных (табл. 1) следует вывод о том, что у собак наиболее часто встречаются гематологические и гастроинтестинальные паранеопластические синдромы, реже — офтальмологические и эндокринные. Дерматологические, почечные, костно-суставные и неспецифические паранеопластические синдромы встречаются крайне редко. В ходе исследования случаев нервно-мышечных паранеопластических синдромов зарегистрировано не было.

При изучении гематологических паранеопластических синдромов наиболее частыми их проявлениями являлись анемия (122 собаки — 12,87%), нейтрофильный лейкоцитоз (121 собака — 12,76%) и тромбоцитопения (84 собаки — 8,86%). Результаты исследования представлены в таблице 2.

В 62 случаях (6,54%) у собак с новообразованиями различного генеза наблюдали умеренную нормохромную нормоцитарную слабoreгенераторную или нерегенераторную анемию хронического заболевания. У 47 собак (4,96%) диагностировали микроцитарную гипохромную анемию, связанную с хронической кровопотерей при некрозе и изъязвлении опухолей, поражения слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, мочевого пузыря, ротовой и носовой полости.

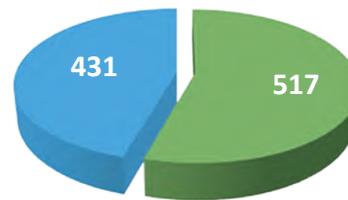
Иммуноопосредованная гемолитическая анемия была выявлена у 6 собак (0,63%) — 5 собак с лимфомами, 1 собака с аденокарциномой надпочечника. У 7 собак с объемными гемангиосаркомами селезенки (0,74%) выявили неиммунную гемолитическую анемию, связанную с механическим повреждением оболочки эритроцитов и последующим гемолизом, обусловленную микроангиопатией. В ходе исследования отмечали значимый эритрофагоцитоз у 8 собак (0,84%) при лимфомах.

Нейтрофильный лейкоцитоз (чаще со сдвигом влево), обусловленный воспалительной реакцией и некрозом тканей, диагностировали в 12,76% случаев (121 собака) при карциномах печени, почек и молочной железы и канцероматозе брюшной полости (42 собаки — 4,43%); мастоцитоммах желудочно-кишечного тракта, мастоцитоммах с множественными кожными проявлениями и системном мастоцитозе (27 собак — 2,85%), лимфомах (12 собак — 1,27%), гемангиосаркомах селезенки и фибросарком (24 собаки — 2,53%), плоскоклеточном раке (5 собак — 0,53%) и меланоммах слизистой оболочки ротовой полости и кожи (11 собак — 1,16%).

В трех случаях (0,32%) у собак установили «лейкемоидную реакцию», наблюдаемую на фоне карциномы печени у двух собак (0,21%) и при наличии

Рис. 1. Частота встречаемости паранеопластических синдромов при первичных злокачественных новообразованиях у собак

Fig. 1. Frequency of paraneoplastic syndromes in primary malignant neoplasms in dogs



- Собаки с паранеопластическими синдромами
- Собаки с отсутствием паранеопластических процессов

Таблица 1. Частота встречаемости различных видов паранеопластических синдромов у собак

Table 1. Frequency of occurrence of various types of paraneoplastic syndromes in dogs

Паранеопластические проявления	Собаки n = 948	
	Абсол. знач., гол.	Отн. знач., %
Гастроинтестинальные	352	37,13
Эндокринные	31	3,27
Гематологические	421	44,41
Почечные	12	1,27
Дерматологические	4	0,42
Костно-суставные	4	0,42
Офтальмологические	32	3,38
Неспецифические	1	0,11

Таблица 2. Распространенность гематологических паранеопластических синдромов у собак

Table 2. Prevalence of hematological paraneoplastic syndromes in dogs

Проявления гематологического паранеопластического синдрома	Собаки n = 948	
	Абс. знач., гол.	Отн. знач., %
Анемия	122	12,87
Нейтрофильный лейкоцитоз	121	12,76
«Лейкемоидная реакция»	3	0,32
Полицитемия	11	1,16
Тромбоцитопения	84	8,86
Тромбоцитоз	23	2,43
Коагулопатии (в т. ч. ДВС-синдром)	5	0,53
Гиперпротеинемия (гипергаммаглобулинемия)	8	0,84

первично-множественных злокачественных новообразований — у одной собаки (0,11%), представленных саркомой мягких тканей и меланомой слизистой оболочки ротовой полости с метастазами в подчелюстной лимфатический узел.

Полицитемия, как проявление гематологического паранеопластического синдрома, была диагностирована у 11 собак (1,16% случаев) при меланоме (1 собака — 0,11%), карциноме мочевого пузыря и молочной железы (1 и 4 собаки — 0,11% и 0,42% соответственно), при лимфоме и фибросаркоме (3 и 2 собаки — 0,32% и 0,21% соответственно).

В ходе исследования у собак выявляли лейкопению в 11,50% случаев (109 собак). Снижение уровня лейкоцитов, обусловленное нейтропенией, диагностировали у 27 собак (2,85%), лейкопению, обусловленную лимфопенией, выявили у 68 собак (7,17%), связанную с одновременным снижением количества нейтрофилов и лимфоцитов в крови регистрировали у 14 собак (1,48%).

У двух собак (0,21% случаев) с злокачественными новообразованиями наблюдали эозинофилию: в одном случае при лимфоме, в другом — при лимфангиосаркоме.

Результатом исследования нарушений системы гемостаза (как проявления паранеопластического синдрома) являлось выявление тромбоцитопении (рис. 2), тромбоцитоза и коагулопатий, в том числе синдрома диссеминированного внутрисосудистого свертывания.

Тромбоцитопению диагностировали в 8,86% случаев (84 собаки) при лимфомах (26 собак — 2,74%), карциномах (21 собака — 2,22%), мастоцитоммах (16 собак — 1,69%), гемангиосаркомах селезенки (14 собак — 1,48%) и меланомах (7 собак — 0,74%).

Тромбоцитоз при первичных злокачественных новообразованиях диагностировали значительно реже — в 2,50% случаев (23 собаки): при карциномах молочной железы и карциномах почек (13 собак — 1,37%, 3 собаки — 0,32% случаев соответственно), лимфомах (4 собаки — 0,42%) и плоскоклеточном раке (3 собаки — 0,32%).

Коагулопатии, обусловленные паранеопластическими процессами, выявляли значительно реже, чем нарушения первичного гемостаза, — в 0,53% случаев (5 собак). Для оценки нарушений системы гемостаза животным проводили исследование коагулограммы. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Коагулопатии сопровождали такие злокачественные новообразования, как карцинома печени (2 собаки — 0,21%), карцинома мочевого пузыря (1 собака — 0,11%), гемангиосаркома селезенки (2 собаки — 0,21%).

В одном случае гемангиосаркомы селезенки (0,11%) был диагностирован синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания, характеризующийся системной активацией гемостаза, образованием тромбов в микроциркуляторном русле.

Согласно данным (табл. 3), у собак с паранеопластическими коагулопатиями отмечались увеличение протромбинового ($15,06 \pm 3,70$) и активированного частичного тромбопластинового ($21,98 \pm 4,89$) времени, удлинение тромбинового времени ($16,28 \pm 3,92$). Повышение содержания фибриногена рассматривали как компенсаторный механизм.

Гиперпротеинемия, обусловленную повышением количества глобулинов (гипергаммаглобулинемию), диагностировали в 0,84% случаев (8 особей) у собак при карциномах молочной железы. Результаты биохимического анализа крови собак и кошек с паранеопластической гиперпротеинемией представлены в таблице 4.

Согласно представленным данным, соотношение «альбумин — глобулин» у собак составило $0,48 \pm 0,13$ при норме выше 0,7, что свидетельствует о повышении общего белка за счет фракции иммуноглобулинов.

Гастроинтестинальные паранеопластические синдромы, выявленные в 35,44% случаев (336 особей) у собак с первичными спонтанными злокачественными новообразованиями, были представлены синдромом анорексии и кахексии, энтеропатией с потерей белка и желудочно-кишечными проявлениями. Другие возможные причины развития данных патологий исключали в ходе дифференциальной диагностики (табл. 5).

В результате проведенного исследования снижение массы тела отмечали в 33,65% случаев (319 собак), снижение аппетита — в 18,04% случаев (171 собака), анорексию — в 4,57% случаев (42 собаки). 17 собак были в состоянии кахексии, что составило 1,79% от общего количества обследованных животных со злокачественными новообразованиями. При этом у 123 собак (12,97% случаев) отмечали тенденцию к снижению массы тела, несмотря на сохраненный аппетит и достаточную калорийность суточного рациона при отсутствии рвоты и диареи,

Рис. 2. Собака тойтерьер 9 лет, самка. Множественные экхимозы при тромбоцитопении, количество тромбоцитов 62×10^9 кл/л. Онкологический диагноз «лимфома мезентериальных лимфоузлов тонкого отдела кишечника». Фото Д.А. Вильмис

Fig. 2. Dog toy terrier 9 years old, female. Multiple ecchymoses in thrombocytopenia, platelet count 62×10^9 cl/l. Oncological diagnosis "lymphoma of mesenteric lymph nodes of the small intestine". Photo by D.A. Vilmis



Таблица 3. Результаты коагулограммы собак с паранеопластическими коагулопатиями

Table 3. Results of coagulogram of dogs with paraneoplastic coagulopathies

Показатель коагулограммы	Собаки (n = 5)	
	референсные значения	паранеопластические коагулопатии
Протромбиновое время, с.	3–6	$15,06 \pm 3,70$
Активированное частичное тромбопластиновое время, с.	11–16	$21,98 \pm 4,89$
Тромбиновое время, с.	9–15	$16,28 \pm 3,92$
Фибриноген, г/л	2–4	$4,25 \pm 0,87$

Таблица 4. Биохимический анализ крови при паранеопластической гипергаммаглобулинемии собак

Table 4. Biochemical blood analysis for paraneoplastic hypergammaglobulinemia in dogs

Показатель биохимического анализа	Собаки (n = 8)
Общий белок, г/л	$93,25 \pm 7,10$
Альбумин, г/л	$29,25 \pm 4,05$
Глобулин, г/л	$63,88 \pm 9,89$
Соотношение «альбумин — глобулин»	$0,48 \pm 0,13$

Таблица 5. Частота встречаемости гастроинтестинальных паранеопластических синдромов у собак

Table 5. Frequency of occurrence of gastrointestinal paraneoplastic syndromes in dogs

Проявления гастроинтестинальных паранеопластических синдромов	Собаки n = 948	
	Абс. знач., гол.	Отн. знач., %
Снижение аппетита	171	18,04
Анорексия	42	4,43
Снижение массы тела	319	33,65
Кахексия	17	1,79
Энтеропатия с потерей белка	7	0,74
Желудочно-кишечные поражения (кроввоизлияния, язвы)	72	7,59

что обусловлено повышенной энергетической потребностью активно пролиферирующих клеток опухоли.

Проявление гастроинтестинальных паранеопластических синдромов усугублялось при применении химической и (или) лучевой терапии.

Паранеопластические изменения в желудочно-кишечном тракте, клинически проявляющиеся поражением слизистых и подслизистых слоев кишечной трубки с развитием острого воспаления, эрозивных и язвенных поражений, кровоизлияний, были выявлены в результате эндоскопического исследования у 72 собак (7,59%)

и чаще всего наблюдались при тучноклеточных опухолях — мастоцитоммах (68 собак — 72,73% случаев от общего количества поражений).

При гистологическом исследовании фрагментов слизистой оболочки желудка и (или) двенадцатиперстной кишки признаков злокачественной неоплазии в препаратах не выявляли, обнаруженные патологические изменения имели воспалительный характер (табл. 6).

В большинстве случаев у собак (25 особей — 34,72%) диагностировали хронический активный лимфоцитарный гастрит — от легкой до умеренной степени тяжести, реже — хронический активный лимфоцитарно-плазмоцитарный гастрит (13 особей — 18,05% случаев), гастродуоденит (12 особей — 16,67% случаев) — от легкой до умеренной степени.

У 7 собак (0,74% случаев) диагностировали энтеропатию с потерей белка, возникающую на фоне воспалительных процессов опухолевой ткани, расположенной в кишечнике, и проявляющуюся гипопроотеинемией. Содержание общего белка в сыворотке крови собак при биохимическом анализе составил $46,93 \pm 3,23$ г/л. У 4 собак (0,42%) энтеропатию с потерей белка диагностировали при лимфоме кишечника, у 2 собак (0,21%) — при аденокарциноме кишечника, у 1 собаки (0,11%) — при мастоцитоме кишечника.

К офтальмопатиям, ассоциированным с паранеопластическим синдромом, были отнесены 32 случая эндогенного увеита, что составляло 3,38% случаев от общего количества животных с онкологическими заболеваниями. Другие возможные причины воспалительных процессов в увеальном тракте были исключены в ходе комплексного клинико-лабораторного и офтальмологического обследования животных.

Частота встречаемости эндокринных паранеопластических синдромов в исследовании составила 3,27% случаев (31 собака). К данной группе паранеопластических процессов были отнесены гиперкальциемия и гипогликемия, выявленные в 1,58% случаев (15 собак) и 1,69% случаев (16 собак) соответственно.

Гиперкальциемию диагностировали при: лимфомах — в 1,16% случаев (11 собак), аденокарциноме перианальных желез — в 0,32% случаев (3 собаки), карциноме мочевого пузыря — в 0,11% случаев (1 собака).

Паранеопластическую гипогликемию диагностировали у собак при: карциномах молочной железы — в 1,27% случаев (12 собак), карциномах печени — в 0,32% случаев (3 собаки), канцероматозе брюшной полости — в 0,11% случаев (1 собака).

Уровень глюкозы в крови у собак с гипогликемией составлял $2,93 \pm 0,61$ ммоль/л. Ведущими клиническими признаками гипогликемии были гипорексия, вялость, слабость, апатия, ступор, парез конечностей, тремор.

При симптоматическом лечении собак с данной патологией не отмечалось явного улучшения и стабилизации животных, данным пациентам требовались постоянный мониторинг и введение препаратов декстрозы.

После проведения дифференциальной диагностики и исключения других возможных причин (инсулиномы, гипoadренкортицизма, септических состояний) ведущим диагнозом являлся паранеопластический синдром, подтвержденный при проведении терапии основного онкологического заболевания. Так, после хирургического удаления первичной злокачественной опухоли концентрация глюкозы в крови нормализовалась у 15 собак (93,75% случаев гипогликемии), повторных случаев возникновения гипогликемии у данных животных зарегистрировано не было, 1 собака

Таблица 6. Результаты гистологического исследования желудочно-кишечного тракта при гастроинтестинальных паранеопластических синдромах

Table 6. Results of histological examination of the gastrointestinal tract in gastrointestinal paraneoplastic syndromes

Диагноз	Собаки n = 72	
	Абс. знач., гол.	Отн. знач., %
Умеренно выраженный хронический эрозивный гастрит	2	2,78
Хронический лимфоцитарный гастрит легкой степени	11	15,28
Хронический активный лимфоцитарный гастрит — от легкой до умеренной степени	25	34,72
Хронический активный лимфоцитарно-плазмоцитарный гастрит — от легкой до умеренной степени	13	18,05
Хронический лимфоцитарно-плазмоцитарный гастродуоденит — от легкой до умеренной степени	12	16,67
Хронический умеренно выраженный гастрит с фиброзом	9	12,50

Таблица 7. Результаты исследования мочи собак при паранеопластической нефропатии с потерей белка

Table 7. Results of a study of dog urine in paraneoplastic nephropathy with loss of protein

Показатель сыворотки крови	Референсные значения	Собаки (n = 12)
Белок, качественная реакция, г/л	0,0–0,3	$1,24 \pm 1,06$
Белок, количественное определение, г/л	0,0–0,3	$0,94 \pm 0,73$
Соотношение «белок — креатинин»	< 0,20 — норма, 0,20–0,40 — серая зона, > 0,41 — протеинурия	$0,87 \pm 0,61$

Рис. 3. Собака чихуахуа 12 лет, самка. Поверхностный некротический дерматит: А — поражения кожи в области боковой стенки живота, Б — поражения кожи в периокулярной области. Онкологический диагноз «карцинома печени». Фото Д.А. Вильмис

Fig. 3. Dog chihuahua 12 years old, female. Superficial necrotic dermatitis: А — skin lesions in the area of the lateral wall of the abdomen, В — skin lesions in the periocular area. Oncological diagnosis "liver carcinoma". Photo by D.A. Vilmis



с канцероматозом брюшной полости была эвтаназирована по решению владельцев.

В ходе исследования почечный паранеопластический синдром, проявляющийся нефропатией с потерей белка, диагностировали у 12 собак (1,27% случаев).

Для диагностики протеинурии проводили исследование общего анализа мочи с проведением качественной реакции на наличие белка, определяли количественное содержание белка и соотношение «белок — креатинин» в моче (табл. 7), в ходе комплексного обследования животного исключали другие возможные этиологические причины протеинурии.

Согласно представленным данным (табл. 7), у животных наблюдали слабую степень протеинурии при отсутствии гемоглобинурии и гематурии, характерную для гломерулярных поражений почек.

Дерматологические паранеопластические синдромы в исследовании выявлены у 4 собак (0,42% случаев), представлены поверхностным некротическим дерматитом или метаболическим некрозом эпидермиса (2 собаки — 0,21% случаев) и мультиформной эритемой (2 собаки — 0,21% случаев) (рис. 3).

Поверхностный некротический дерматит диагностировали на фоне карциномы печени в обоих случаях. Клиническими признаками являлись эрозии и язвы, покрытые корочками, в одном случае у животного присутствовал зуд. Мультиформную эритему выявили у двух собак (0,21%) при карциноме молочной железы.

При проведении терапии кожных поражений без учета онкологического заболевания не наблюдали положительного результата, а после проведения хирургического лечения опухоли, кожные поражения купировались в течение нескольких недель.

Результатом исследования костно-суставных паранеопластических синдромов являлось выявление гипертрофической остеопатии у 4 собак (0,42% случаев). Данную паранеоплазию регистрировали при первичных и вторичных опухолевых поражениях легких (рис. 4): два случая карцином легкого (2 собаки — 0,21%), два случая метастатического поражения легких (2 собаки — 0,21%).

Лихорадку, относящуюся к неспецифическим паранеопластическим синдромам, наблюдали у одной собаки (0,11% случаев).

В ходе комплексного обследования не удалось установить причину гипертермии, в том числе системной инфекции, инфекционного очага или септического процесса, опухоль была без признаков некротического распада.

После удаления объемной карциномы из брюшной полости температура пациента нормализовалась, повторных эпизодов не отмечалось. На основании наблюдения данный случай гипертермии был отнесен к паранеопластическому синдрому.

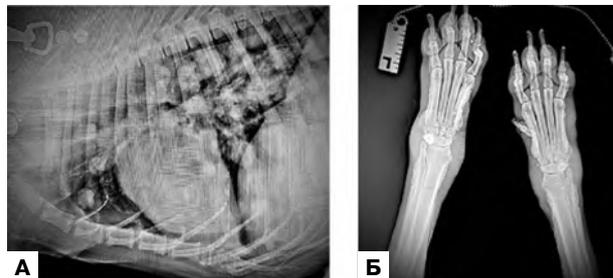
Выводы/Conclusion

Согласно результатам исследования, частота встречаемости паранеопластических синдромов у собак с первичными спонтанными новообразованиями составила 54,54% случаев.

Наиболее часто диагностировали гематологические (44,41%) и гастроинтестинальные (37,13%) паранеопластические синдромы. Распространенными

Рис. 4. Рентгенологическое исследование собаки метиса 12 лет, самка: А — латеральная проекция грудной полости с признаками множественных метастатических поражений легких, Б — прямая проекция костей предплечья, пясти и фаланг пальцев с признаками симметричных периостальных остеофитов — гипертрофическая остеопатия

Fig. 4. X-ray examination of a 12-year-old half-breed dog, female: А — lateral projection of the thoracic cavity with signs of multiple metastatic lung lesions, Б — direct projection of the bones of the forearm, metacarpus and phalanges of the fingers with signs of symmetrical periosteal osteophytes — hypertrophic osteopathy



гематологическими изменениями являлись анемия (12,87%), нейтрофильный лейкоцитоз (12,76%) и тромбоцитопения (8,86%), гастроинтестинальными — снижение массы тела (33,65%) и гипорексия (18,04%), поражения желудочно-кишечного тракта (7,59%).

В меньшем количестве в ходе исследования регистрировали эндокринные паранеоплазии (3,27%), представленные гиперкальциемией (1,58%) и гипогликемией (1,69%), офтальмопатии, ассоциированные с паранеопластическим синдромом, проявляющиеся эндогенным увеитом (3,38%).

Значительно реже диагностировали почечные проявления паранеопластических синдромов в виде нефропатии с потерей белка (1,27%), крайне редко — дерматологические (0,42%), представленные поверхностным некротическим дерматитом и мультиформной эритемой, костно-суставные (0,42%), представленные гипертрофической остеопатией.

Таким образом, паранеопластические синдромы являются распространенными клинико-лабораторными проявлениями системного влияния спонтанных злокачественных новообразований на организм собак.

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 проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (регистрационный № FSMF-2022-0003 темы государственного задания).

FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (registration No. FSMF-2022-0003 topics of the state assignment).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихенко А.С., Ханхасыков С.П. Онкологическая патология как причина смерти собак и кошек в городе Иркутске. *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2021; (4): 95–101. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.013>
2. Каюкова Е.В., Каюкова Т.В. Современные представления о канцерогенезе. *Забайкальский медицинский журнал*. 2017; (4): 39–44. <https://elibrary.ru/ykexuf>
3. Крахмаль Н.В., Завьялова М.В., Денисов Е.В., Вторушин С.В., Перельмутер В.М. Инвазия опухолевых эпителиальных клеток: механизмы и проявления. *Acta Naturae*. 2015; 7(2): 18–31. <https://doi.org/10.32607/20758251-2015-7-2-17-28>
4. Мамедов М.К. Системное действие злокачественной опухоли на организм как основа патогенез онкологических заболеваний. *Биомедицина*. 2007; (1): 3–10.
5. Вильмис Д.А. Паранеопластические синдромы у собак и кошек. *Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны. Материалы XII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 215-летию СПбГУМВ*. Санкт-Петербург. 2023; 552–554. <https://elibrary.ru/xboglm>

REFERENCES

1. Tikhenko A.S., Khankhasykov S.P. Oncological pathology as a cause of the death of dogs and cats in the Irkutsk city. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2021; (4): 95–101 (in Russian). <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.65.4.013>
2. Kayukova E.V., Kayukova T.V. Modern concepts of carcinogenesis. *Zabaykal'skiy meditsinskiy zhurnal*. 2017; (4): 39–44 (in Russian). <https://elibrary.ru/ykexuf>
3. Krakhmal N.V., Zavyalova M.V., Denisov E.V., Vtorushin S.V., Perelmuter V.M. Cancer invasion: patterns and mechanisms. *Acta Naturae*. 2015; 7(2): 17–28. <https://doi.org/10.32607/20758251-2015-7-2-17-28>
4. Mamedov M.K. Systemic action of the malignant tumor to host organism as a basis of the natural history of oncologic diseases. *Biomedicine*. 2007; (1): 3–10 (in Russian).
5. Vilms D.A. Paraneoplastic syndromes in dogs and cats. *Young people's knowledge for the development of veterinary medicine and the agro-industrial complex of the country. Proceedings of the XII International scientific conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 215th anniversary of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine*. St. Petersburg. 2023; 552–554 (in Russian). <https://elibrary.ru/xboglm>

6. Almir P.d.S., Olívia M.M.B. Paraneoplastic Syndromes in Dogs. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*. 2018; 3(2): 229–230. <https://doi.org/10.31031/APDV.2018.03.000560>
7. Elliott J. Paraneoplastic syndromes in dogs and cats. *In Practice*. 2014; 36(9): 443–452. <https://doi.org/10.1136/inp.g5826>
8. Finora K. Common paraneoplastic syndromes. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 2003; 18(2): 123–126. <https://doi.org/10.1053/svms.2003.36629>
9. Turek M.M. Cutaneous paraneoplastic syndromes in dogs and cats: a review of the literature. *Veterinary Dermatology*. 2003; 14(6): 279–296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2003.00346.x>
10. Игнатенко Н.А. Паранеопластические дерматологические синдромы: как распознать? *VetPharma*. 2017; (1): 76–81.
11. Childress M.O. Hematologic Abnormalities in the Small Animal Cancer Patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2012; 42(1): 123–155. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.09.009>
12. da Silva Soares E. et al. Platelet count and MCHC as independent prognostic markers for feline mammary carcinomas. *Research in Veterinary Science*. 2023; 164: 105024. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105024>
13. Pelosof L.C., Gerber D.E. Paraneoplastic Syndromes: An Approach to Diagnosis and Treatment. *Mayo Clinic Proceedings*. 2010; 85(9): 838–854. <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0099>
14. Мартыновская Э.Н. Непосредственные причины смерти онкологических больных. *Смоленский медицинский альманах*. 2018; (2): 24–28. <https://elibrary.ru/ovtscz>
15. Tumielewicz K.L., Hudak D., Kim J., Hunley D.W., Murphy L.A. Review of oncological emergencies in small animal patients. *Veterinary Medicine and Science*. 2019; 5(3): 271–296. <https://doi.org/10.1002/vms3.164>
16. Павлова В.Ю., Соколов С.В., Гайдай А.В. Паранеопластический синдром: прогностическая значимость. *Лечащий врач*. 2020; (4): 48. <https://doi.org/10.26295/OS.2020.47.23.008>
17. Осадчук М.А., Васильева И.Н., Козлов В.В., Митрохина О.И. Метаболический синдром как фактор риска онкогенеза. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(1): 70–79. <https://doi.org/10.17116/profmed20232601170>

ОБ АВТОРАХ**Дарья Александровна Вильмис**

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
vilmisda@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0007-0921-627X>

Юлия Николаевна Меликова

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
melikovayn@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

Анастасия Вячеславовна Чечнева

кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры болезней мелких домашних, лабораторных и экзотических животных
chечневаav@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

Российский биотехнологический университет («РОСБИОТЕХ»), Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Россия

6. Almir P.d.S., Olívia M.M.B. Paraneoplastic Syndromes in Dogs. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*. 2018; 3(2): 229–230. <https://doi.org/10.31031/APDV.2018.03.000560>
7. Elliott J. Paraneoplastic syndromes in dogs and cats. *In Practice*. 2014; 36(9): 443–452. <https://doi.org/10.1136/inp.g5826>
8. Finora K. Common paraneoplastic syndromes. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 2003; 18(2): 123–126. <https://doi.org/10.1053/svms.2003.36629>
9. Turek M.M. Cutaneous paraneoplastic syndromes in dogs and cats: a review of the literature. *Veterinary Dermatology*. 2003; 14(6): 279–296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2003.00346.x>
10. Ignatenko N.A. Paraneoplastic dermatological syndromes: how to recognize? *VetPharma*. 2017; (1): 76–81 (in Russian).
11. Childress M.O. Hematologic Abnormalities in the Small Animal Cancer Patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2012; 42(1): 123–155. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2011.09.009>
12. da Silva Soares E. et al. Platelet count and MCHC as independent prognostic markers for feline mammary carcinomas. *Research in Veterinary Science*. 2023; 164: 105024. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.105024>
13. Pelosof L.C., Gerber D.E. Paraneoplastic Syndromes: An Approach to Diagnosis and Treatment. *Mayo Clinic Proceedings*. 2010; 85(9): 838–854. <https://doi.org/10.4065/mcp.2010.0099>
14. Martynovskaya E.N. Direct causes of death of oncological patients. *Smolenskiy meditsinskiy al'manakh*. 2018; (2): 24–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/ovtscz>
15. Tumielewicz K.L., Hudak D., Kim J., Hunley D.W., Murphy L.A. Review of oncological emergencies in small animal patients. *Veterinary Medicine and Science*. 2019; 5(3): 271–296. <https://doi.org/10.1002/vms3.164>
16. Pavlova V.Yu., Sokolov S.V., Gaidai A.V. Paraneoplastic syndrome: prognostic significance. *Lechaschi Vrach*. 2020; (4): 48 (in Russian). <https://doi.org/10.26295/OS.2020.47.23.008>
17. Osadchuk M.A., Vasilieva I.N., Kozlov V.V., Mitrokhina O.I. Metabolic syndrome as a risk factor for oncogenesis. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(1): 70–79. (in Russian). <https://doi.org/10.17116/profmed20232601170>

ABOUT THE AUTHORS**Daria Alexandrovna Vilmis**

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
vilmisda@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0007-0921-627X>

Julia Nikolaevna Melikova

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
melikovayn@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9322-1464>

Anastasia Vyacheslavovna Chechneva

Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Diseases of Small Domestic, Laboratory and Exotic Animals
chечневаav@mgupp.ru
<https://orcid.org/0009-0002-4723-1423>

Russian Biotechnological University (“ROSBIOTECH”), 11 Volokolamskoye highway, Moscow, 125080, Russia

А.В. Золотова¹ ✉Е.В. Панина²А.Э. Семак²Е.А. Просекова²Н.П. Беляева²

¹Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ avzolutova@gmail.com

Поступила в редакцию: 24.06.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Золотова А.В., Панина Е.В., Семак А.Э., Просекова Е.А., Беляева Н.П.

Anastasia V. Zolotova¹ ✉Elena V. Panina²Anna E. Semak²Elena A. Prosekova²Nina P. Belyaeva²

¹K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ avzolutova@gmail.com

Received by the editorial office: 24.06.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Zolotova A.V., Panina E.V., Semak A.E., Prosekova E.A., Belyaeva N.P.

Особенности роста и гистоструктуры двенадцатиперстной кишки японских перепелов (*Coturnix japonica*) мясного и яично-мясного направления

РЕЗЮМЕ

В статье представлены данные о взаимосвязи живой массы, массы желудочно-кишечного тракта и направления продуктивности японского перепела (*Coturnix japonica domestica*). Показано, что в течение первой недели опыта перепела яично-мясного типа продуктивности развивались быстрее мясных перепелов по живой массе, однако к 28-дневному возрасту этот показатель становится выше у мясных перепелов. Такая закономерность сохраняется до конца выращивания. Относительная масса желудочно-кишечного тракта, как и двенадцатиперстной кишки, была выше у мясных перепелов в первую неделю, а в дальнейшем становилась меньше, чем у перепелов яично-мясного типа.

Было изучено гистологическое строение двенадцатиперстной кишки. На гистологических препаратах наблюдается сохранность всех слоев двенадцатиперстной кишки. Собственная пластинка слизистой оболочки богата лимфоидной тканью. Подслизистая оболочка плохо различима. Толщина слизистой двенадцатиперстной кишки на протяжении всего опыта была больше у перепелов яично-мясного типа. В первые 7 дней была больше и длина ворсинок двенадцатиперстной кишки. Соотношение длины ворсинок к глубине крипты увеличивается с возрастом у всех групп перепелов. В первые 7 дней этот показатель был выше у перепелов яично-мясного типа, но к 56-му дню он постепенно выравнивается. В первую неделю роста глубина крипт (общих кишечных желез) преобладала у мясных перепелов ($p < 0,05$).

Ключевые слова: перепела, ворсинки кишечника, гистологическое строение, коэффициент роста по Броди

Для цитирования: Золотова А.В., Панина Е.В., Семак А.Э., Просекова Е.А., Беляева Н.П. Особенности роста и гистоструктуры двенадцатиперстной кишки японских перепелов (*Coturnix japonica*) мясного и яично-мясного направления. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 44–50.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-44-50>

Features of the growth and histostructure of the duodenum of japanese quails (*Coturnix japonica*) of the meat and universal direction

ABSTRACT

The article presents data on the relationship between the live weight, weight of the gastrointestinal tract and the productivity type of Japanese quail (*Coturnix japonica domestica*). It is shown that during the first week of the experiment, quails of the universal (dual-purpose) productivity type developed faster than the meat quails in terms of live weight, however, by the age of 28 days, this indicator becomes higher in meat quails. This pattern persists until the end of rearing. The relative weight of the gastrointestinal tract, as well as the duodenum, was higher in meat quails in the first week, and later it became less than in a universal type quail.

The histological structure of the duodenum was also studied. On histological slides, the preservation of all layers of the duodenum is observed. The lamina propria of the mucosa is rich in lymphoid tissue. The submucosa is poorly distinguishable. The thickness of the mucosa of the duodenum prevailed throughout the experiment in quails of the universal type. In the first 7 days, the length of the duodenum villi was significantly higher than that of meat quails. The ratio of the length of the villi to the crypt increases with age in all groups of quails. In the first 7 days, this indicator was higher in quails of the egg-meat type, but by the 56th day it gradually leveled off. The depth of crypts (common intestinal glands) in the first week of growth prevailed in the intestines of meat quails ($p \leq 0.05$).

Key words: quail, intestinal villi, histological structure, Brody coefficient

For citation: Zolotova A.V., Panina E.V., Semak A.E., Prosekova E.A., Belyaeva N.P. Features of the growth and histostructure of the duodenum of japanese quails (*Coturnix japonica*) of the meat and universal direction. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 44–50 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-44-50>

Введение/Introduction

Перепела — один из родов семейства фазановых отряда курообразных. Различные роды этого отряда исторически служили промысловой птицей, а позднее были одомашнены, разводятся человеком для получения яиц и мяса. Когда идет речь о разведении перепелов, в настоящее время имеют в виду японских перепелов (*Coturnix japonica*), которые в природе в полтора-два раза крупнее европейских [1]. История разведения перепелов в Японии насчитывает несколько столетий, но промышленные масштабы отрасль приобрела после Второй мировой войны.

Позднее, помимо преобладающего яичного типа, стали выделяться яично-мясные и специализированные мясные породы перепелов. Собственно, история последних составляет всего около полувека, что, однако, достаточно много для таких быстро созревающих птиц, как перепела.

В настоящее время в перепеловодстве выделяют три направления: мясное, яичное и яично-мясное (универсальное). Однако информация о морфофизиологических характеристиках роста и развития птицы весьма односторонняя: изучается в основном скелетная мускулатура [2–4].

Известно, что оболочки кишечника при весьма стандартной схеме строения имеют определенные видоспецифичные характеристики не только в абсолютных показателях, но и в относительных, тем более в характере или скорости роста структур [5]. Они чувствительны к виду корма и присутствию в рационе биологически активных добавок [6, 7]. Преобладание в корме тех или иных пищевых компонентов приводит к развитию или угнетению отдельных структур как в его стенке, так и в стенке всего пищеварительного тракта [8–10].

Очень показателен в таких исследованиях тонкий отдел кишечника птиц, где ворсинки способствуют эффективному использованию рациона за счет процесса пристеночного пищеварения [11–13]. Из кишок тонкого отдела наиболее интересную картину демонстрирует двенадцатиперстная кишка [14].

Развитие перепеловодческой отрасли неотъемлемо связано с внедрением новых технологий, применением новых кормов, схем кормления. Увеличение скорости роста животного может повлечь и негативные последствия.

Изучение ответа желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) птицы на корм в разные периоды жизни путем оценки его роста и гистологической картины имеет как практический, так и теоретический интерес. Позволяет понять, какие процессы происходят в организме птиц, и, возможно, наилучшим образом удовлетворить кормовые потребности перепелов разных направлений продуктивности на разных стадиях выращивания.

Выявление особенностей анатомии и гистологии органов ЖКТ перепелов разного направления продуктивности может способствовать пониманию необходимости диверсификации кормов в соответствии с типом птицы.

В связи с тем что морфологические показатели ЖКТ и показатели скорости роста органов могут различаться у перепелов разного направления продуктивности [15–18], была поставлена цель выяснить

характеристики этих изменений и определить их особенности у мясных и яично-мясных перепелов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Эксперимент проводился в 2019 г. на базе учебно-опытного птичника РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева.

Материалом для опыта послужили перепела яично-мясного (универсального) направления местной селекции РГАУ-МСХА (на основе японской породы) и мясного типа породы Фараон (по 50 голов в группе).

Птица содержалась на глубокой подстилке, условия микроклимата соответствовали нормам, рекомендованным ВНИТИП¹. Кормление осуществлялось комбикормами для бройлеров марки ПК-4 (обменная энергия — 261 ккал / 100 г, СП — 14,2%) и ПК-5 (обменная энергия — 291 ккал / 100 г, СП — 22,02%). В первые 4 недели все перепелята получали комбикорм ПК-5, а с 28-го дня птицу перевели на ПК-4 (ООО «Торговый дом «Истра», Россия). Кормление мясных и яично-мясных перепелов соответствовало нормам и не различалось.

Взвешивание перепелов проводили в возрасте 1, 7, 28, и 56 суток. Для взвешивания использовались весы лабораторные ВК-600 (АО «МАССА-К», Россия, II класс точности). СИ поверены.

В возрасте 7, 28, и 56 суток после контрольного взвешивания из каждой группы отбирались по три головы из числа средних по живой массе без учета по полу.

У выведенной из эксперимента птицы после убоа (декапитацией) производилось полное анатомическое вскрытие, извлекался и взвешивался полностью ЖКТ, затем отделяли и взвешивали двенадцатиперстную кишку.

При работе с птицей руководствовались гуманными принципами обращения с животными².

На основании полученных данных были рассчитаны относительные показатели ЖКТ и двенадцатиперстной кишки (отношение массы органов к живой массе особи) в связи с тем, что масса перепелов одного возраста, но разных типов начала значительно различаться в течение опыта.

Из середины двенадцатиперстной кишки перепелов двух групп в возрасте 7, 28 и 56 суток забирались пробы. Далее из них изготавливали гистологические препараты по стандартным методикам (фиксация в 10%-ном растворе формалина, заливка в парафин, резка на микротоме МЗП-01 (КБ «ТЕХНОМ», Россия) с толщиной среза 5–10 мкм.

Готовые гистопрепараты микроскопировали при помощи микроскопа «МикМед-5» (АО «ЛОМО», Россия). На увеличениях от 70 до 100 раз проводилась гистологическая оценка структур двенадцатиперстной кишки. С помощью окуляр-линейки измеряли длину ворсинок, толщину слоя крипт, слизистой оболочки, подслизистой основы, мышечной оболочки и стенки кишки в целом.

Относительную скорость роста рассчитывали по формуле С. Броди [19].

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel 2013 (США). Достоверность результатов оценивали по t-критерию Стьюдента при нормальном распределении³.

¹ Кочеткова З.И., Белякова Л.С. Перепеловодство — выращивание и содержание. Сергиев Посад: ФГУП «Типография» Россельхозакадемии. 2010; 84.

² Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS No. 123) [русск., англ.]. Страсбург. 18.03.1986.

³ Кузнецов В.М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров: Зональный НИИХ Северо-Востока. 2006; 568.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В возрасте суток живая масса перепелат яично-мясного и мясного типов практически не различалась ($9,63 \pm 0,52$ и $9,61 \pm 0,46$ г соответственно), но к недельному возрасту при одинаковом кормлении по живой массе птица яично-мясного направления продуктивности стала опережать перепелов мясного типа на 25%. При этом абсолютная масса ЖКТ перепелов первой группы и относительная масса ЖКТ перепелов первой группы была меньше на 23% и 8,5%, соответственно, по сравнению с аналогичными показателями мясных перепелов.

Такая же тенденция, но значительно менее выраженная наблюдалась по отношению к двенадцатиперстной кишке: у птицы яично-мясного типа ее относительная масса была меньше на 1,5% (табл. 1).

То есть за первую неделю выращивания у перепелов мясного направления продуктивности опережающими темпами развивались органы ЖКТ, что обеспечило позднее более полное использование корма и рост живой массы. Двенадцатиперстная кишка при этом в относительных показателях у перепелов разных типов различалась слабее.

К возрасту 28 суток живая масса перепелов мясного типа выросла на 170 г и превысила массу перепелов яично-мясного направления продуктивности на 60 г, то есть на 30,5% ($p \leq 0,05$). В то же время относительные массы ЖКТ и двенадцатиперстной кишки ожидаемо уменьшились, и у перепелов яично-мясного типа данные показатели стали выше, чем у мясных. Такие изменения характерны для двух разных направлений продуктивности — снижение относительной массы ЖКТ происходит вследствие опережающего роста органов аппарата движения (мускулатуры).

На 56-е сутки эксперимента сохранилась та же картина, которая наблюдалась в 28-суточном возрасте: живая масса перепелов мясного типа превысила показатель перепелов яично-мясного направления на 36%, относительная масса ЖКТ у них оказалась ниже на одну пятую ($p \leq 0,05$). Относительная масса двенадцатиперстной кишки у мясных и яичных перепелов была практически одинаковой.

Таким образом, стабильность показателей двенадцатиперстной кишки показывает ее значение в процессе пищеварения, связанное с живой массой птицы, и не отвечает общей тенденции относительной массы ЖКТ, которая достоверно различается у перепелов разного направления продуктивности.

Показатель роста по С. Броди живой массы перепелов обоих типов постепенно увеличивался в течение первой недели выращивания, причем для мясных перепелов был существенно больше (108,9%), чем у яично-мясных

(83,8%). В дальнейшем начинается постепенный спад интенсивности скорости роста (рис. 1). Действительно, после 6-недельного возраста увеличения средней живой массы практически не происходит.

Показатели скорости роста массы ЖКТ в первые две недели выращивания отражали достаточно равномерное и интенсивное увеличение массы (значение показателя более 50%), что показано на рисунке 2, причем скорость роста была выше у мясных перепелов.

После двухнедельного возраста скорость роста массы ЖКТ резко снижается к восьми неделям у яично-мясных перепелов (до 10%), уходя у мясных в отрицательные значения.

Таким образом, паттерн скорости роста массы ЖКТ приблизительно соответствует таковой для живой массы, но без резкого увеличения показателя в первые недели.

Рис. 1. Изменения относительной скорости роста по С. Броди для живой массы перепелов разного направления продуктивности, %

Fig. 1. Changes in the relative growth rate according to S. Brodie for the live weight of quails of different productivity directions, %

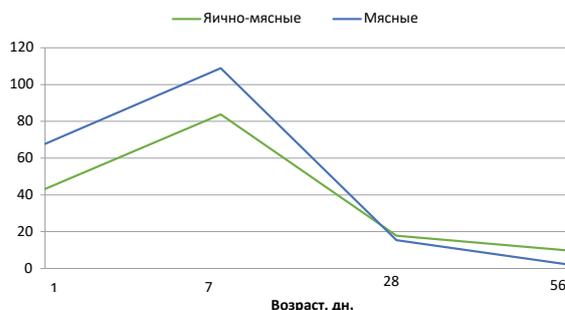


Рис. 2. Изменения относительной скорости роста по С. Броди для массы ЖКТ перепелов разного направления продуктивности, %

Fig. 2. Changes in the relative growth rate according to S. Brodie for the mass of the gastrointestinal tract of quails of different productivity directions, %

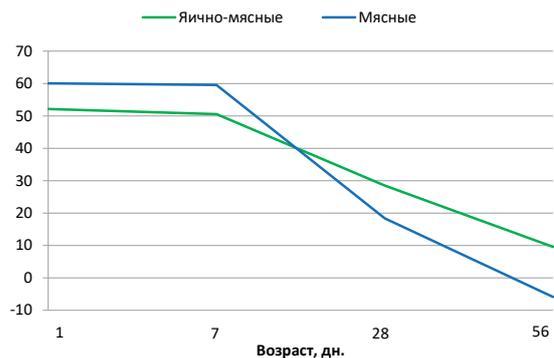


Таблица 1. Морфометрические показатели перепелов разных направлений продуктивности

Table 1. Morphometric features of different productivity types of quail

Показатели	Возраст, сут.					
	7		28		56	
	яично-мясной тип	мясной тип	яично-мясной тип	мясной тип	яично-мясной тип	мясной тип
Живая масса, г	32,72 ± 2,21	26,06 ± 6,71	137,17 ± 7,70	197,43 ± 5,83*	214,73 ± 7,47	335,90 ± 4,88*
Масса ЖКТ, г	5,85 ± 0,19	6,75 ± 1,38	15,57 ± 0,67	18,24 ± 0,69	21,67 ± 1,57	26,65 ± 1,38
Относительная масса ЖКТ, %	17,90 ± 1,50	25,90 ± 1,50*	11,35 ± 0,44	9,24 ± 0,08*	10,10 ± 0,92	7,93 ± 0,29*
Масса двенадцатиперстной кишки, г	0,78 ± 0,01	0,97 ± 0,19	2,07 ± 0,10	2,10 ± 0,13	2,18 ± 0,21	3,26 ± 0,05*
Относительная масса двенадцатиперстной кишки, %	2,38 ± 0,14	3,72 ± 0,24	1,51 ± 0,13	1,06 ± 0,05	1,01 ± 0,11	0,97 ± 0,01

Примечание: * здесь и далее в таблицах разность по сравнению с перепелами яично-мясного типа достоверна при $p \leq 0,05$.

Изменение скорости роста двенадцатиперстной кишки весьма показательно: в первые две недели показатель скорости ее роста достаточно резко снижается (рис. 3).

Это согласуется с относительно более крупным и развитым органом даже среди других органов и так крупного ЖКТ и высокой скоростью ее роста в первый временной промежуток (1–3 дня). Он более чем в два раза превосходит показатель для ЖКТ в целом, снижаясь затем до общих цифр.

Необходимо отметить, что для мясных перепелов в этом возрасте показатели скорости роста двенадцатиперстной кишки выше, чем для яично-мясных (рис. 3).

Снижение скорости ее роста после двухнедельного возраста перепелов соответствует графику для ЖКТ в целом.

Двенадцатиперстная кишка, как основной орган становления кишечного пищеварения, орган, принимающий в себя протоки печени и поджелудочной железы, более других отделов ЖКТ развита и активно функционирует в первые недели жизни.

Данные исследования выявили яркие и достоверные отличия в росте кишки по сравнению с другими отделами. Установлены характерные особенности процессов у перепелов разного направления продуктивности.

Особенности роста двенадцатиперстной кишки нельзя рассматривать в отрыве от ее гистологического строения, которое говорит о функциональном состоянии органа. Стенка кишечника состоит из четырех оболочек: слизистой, подслизистой, мышечной и серозной. Наиболее интересно строение слизистой оболочки, которое как раз и предназначено для выполнения функций пристеночного пищеварения и всасывания. Слизистая оболочка (*tunica mucosa*) двенадцатиперстной кишки образует длинные неровные ворсинки. Ворсинки (*villi intestinales*) покрыты каемчатым эпителием, включающим бокаловидные клетки. У основания ворсинок залегают крипты (*criptae*) — общекишечные железы, являющиеся источником молодых клеток для ворсинок. Внутри ворсинок и между криптами залегают собственная пластинка слизистой оболочки (*lamina propria*), а под криптами — мышечная пластинка (*lamina muscularis*).

Как видно из рисунка 4, подслизистая основа (*tela submucosa*) в двенадцатиперстной кишке перепелов крайне мала. Так, что иногда мышечная пластинка сливается с мышечной оболочкой.

Мышечная оболочка (*tunica muscularis*) развита умеренно, что типично для тонкого кишечника⁴.

На препаратах ворсинки листовидной формы покрыты цилиндрическим эпителием. Сохранность эпителия хорошая, без значительной десквамации и признаков метаплазии. На вершинах ворсинок наблюдается сдвигивание эпителия, что не говорит о патологии, при умеренной выраженности такая картина является нормой. Бокаловидные клетки типичной формы, признаков разрушения не наблюдается.

На рисунках 4, 5 видно, что у основания ворсинок бокаловидных клеток визуально больше.

Собственная пластинка слизистой оболочки содержит значительное количество лимфатической ткани. В связи с тем что у птиц нет сформированных лимфоузлов, она встречается в стенках практически всех органов. Мышечная пластинка слизистой оболочки прилежит к мышечной оболочке, подслизистая крайне мала.

Рис. 3. Изменения относительной скорости роста по С. Броди для массы двенадцатиперстной кишки перепелов разного направления продуктивности, %

Fig. 3. Changes in the relative growth rate according to S. Brodie for the mass of the duodenum of quails of different productivity directions, %

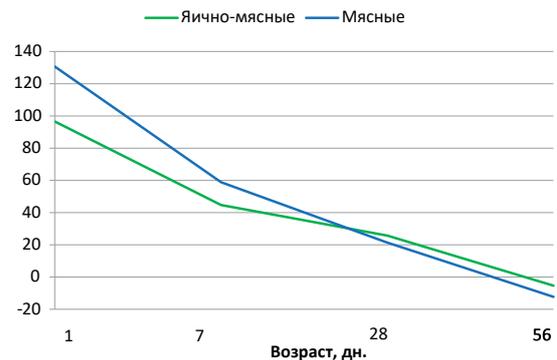


Рис. 4. Гистологическое строение двенадцатиперстной кишки перепелов яично-мясного типа в 56 дней: 1 — эпителий слизистой оболочки, 2 — ворсинка, 3 — крипта, 4 — подслизистая оболочка, 5 — мышечная оболочка. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение 7 x 10

Fig. 4. Histological structure of the duodenum of universal type quails at 56 days: 1 — epithelium of the mucosa, 2 — villus, 3 — crypt, 4 — submucosa, 5 — muscular layer. Hematoxylin-eosin staining. Magnification 7 x 10

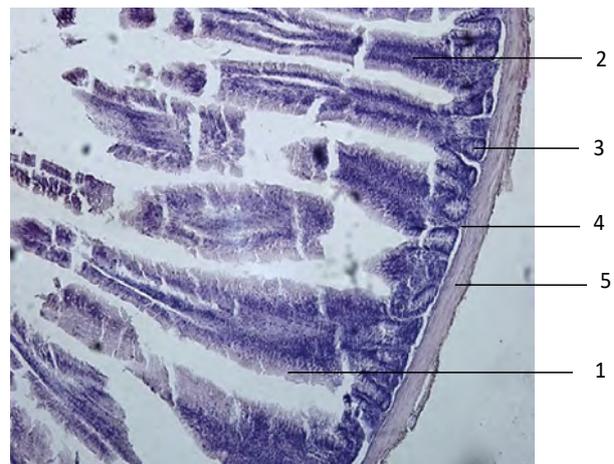
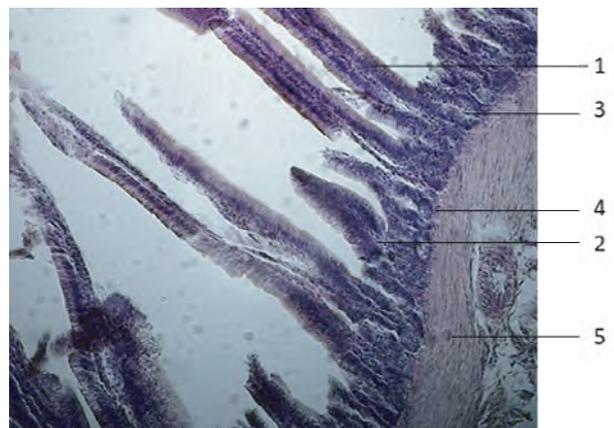


Рис. 5. Гистологическое строение двенадцатиперстной кишки мясных перепелов в 56 дней: 1 — эпителий слизистой оболочки, 2 — ворсинка, 3 — крипта, 4 — подслизистая оболочка, 5 — мышечная оболочка. Окраска гематоксилин-эозином. Увеличение 7 x 10

Fig. 5. Histological structure of the duodenum of meat quails at 56 days: 1 — epithelium of the mucosa, 2 — villus, 3 — crypt, 4 — submucosa, 5 — muscular layer. Hematoxylin-eosin staining. Magnification 7 x 10



⁴ Вракин В.Ф., Сидорова М.В. Анатомия и гистология домашней птицы. М.: Колос. 1984; 288.

В мышечной оболочке, состоящей из гладкой мышечной ткани, преобладает внутренний кольцевой слой.

Гистометрические показатели двенадцатиперстной кишки перепелов разных направлений продуктивности при кормлении одним и тем же кормом на протяжении всех периодов выращивания различались. Слизистая оболочка занимает большую часть кишечной стенки и в данном опыте составила около 93–95%. Данные таблицы 2 показывают, что толщина ее и стенки двенадцатиперстной кишки в целом на всем протяжении опыта преобладает у перепелов яично-мясного направления.

В возрасте 7 суток длина ворсинок кишки перепелов яично-мясного направления была достоверно ($p \leq 0,05$) больше, а глубина крипт — достоверно меньше ($p \leq 0,05$), чем у птицы мясного типа. Это может говорить о большей интенсивности пристеночного пищеварения в двенадцатиперстной кишке перепелов яично-мясного направления. Подслизистая основа и мышечная оболочка в обеих группах различались незначительно.

Работа выявила особенности в росте и развитии японских перепелов разных направлений продуктивности.

При одинаковых условиях содержания и кормления, равной массе в суточном возрасте птица показала яркие особенности в росте ЖКТ. В первую неделю выращивания перепела мясного направления продуктивности весили меньше, чем яично-мясного, при этом масса их органов пищеварения была больше. Особенно крупной была двенадцатиперстная кишка, показатель скорости роста которой значительно превосходил таковой в среднем по ЖКТ. После второй недели выращивания показатели скорости роста резко снижаются, в этом процессе мясные перепела, первоначально имеющие более высокую скорость роста как живой массы, так и массы органов пищеварения, демонстрируют более резкое и значительное снижение скорости роста к периоду 49–56 дней.

Гистологическое исследование показало четкие различия в характеристиках между двенадцатиперстной кишкой яично-мясных и мясных перепелов. Толщина слизистой оболочки и длина ворсинок, то есть показатели, говорящие о функциональности двенадцатиперстной кишки, были больше у яично-мясных перепелов, что может говорить о лучшей всасываемости питательных веществ корма.

Таблица 2. Гистологическое строение двенадцатиперстной кишки перепелов мясного и яично-мясного направления в возрастном аспекте (над чертой абсолютные показатели в мкм, под чертой — относительные в %)

Table 2. Histological structure of the duodenum of meat and egg-meat quails in the age aspect (above the line are absolute indicators (microns), below the line are relative indicators (%))

Показатели	Возраст, сут.					
	7		28		56	
	яично-мясной тип	мясной тип	яично-мясной тип	мясной тип	яично-мясной тип	мясной тип
Высота ворсинок	756,5 ± 16,46 86,7	705,3 ± 18,10* 85,3	888,7 ± 27,14 88,0	854,0 ± 41,31 87,2	889,9 ± 12,32 86,3	874,5 ± 17,00 86,0
Глубина крипт	62,9 ± 1,66 7,2	67,9 ± 1,58* 7,8	66,3 ± 2,18 7,6	67,9 ± 2,59 7,9	66,7 ± 1,75 7,6	67,5 ± 2,34 7,9
Слизистая оболочка	819,4 ± 18,30 94	773,2 ± 18,60 93,5	955,1 ± 27,89 94,7	921,9 ± 41,83 94,2	956,7 ± 12,80 92,8	942,1 ± 17,62 92,7
Соотношение ворсинок и крипты	12,0:1	10,4:1	13,4:1	12,6:1	13,3:1	13,0:1
Подслизистая оболочка	15,8 ± 1,78 1,8	16,1 ± 0,32 1,9	16,6 ± 0,79 1,6	17,4 ± 1,09 1,8	17,4 ± 0,76 1,7	18,6 ± 0,96 1,8
Мышечная оболочка	36,7 ± 2,28 4,2	37,9 ± 1,35 4,6	37,1 ± 2,37 3,7	39,5 ± 2,43 4,0	57,3 ± 2,32 5,5	55,7 ± 2,78 5,5
Стенка в целом	871,8 ± 20,57	827,3 ± 18,93	1008,8 ± 28,31	978,8 ± 42,53	1031,4 ± 13,01	1016,3 ± 18,98

Выводы/Conclusions

Результаты исследования показали, что в процессе роста и развития двенадцатиперстной кишки японского перепела мясного и яично-мясного направлений наблюдаются довольно значимые различия. Они проявляются как в периодизации роста весовых значений, так и в гистологическом аспекте.

Опыт показал, что наибольшие показатели относительного роста перепелов наблюдаются в первые три недели выращивания, что в целом соответствует результатам других исследований.

Толщина слизистой оболочки и длина ворсинок преобладают на всем протяжении опыта у яично-мясных перепелов — на 1,5–5,6% по сравнению с мясными, что соответствует исследованиям на суточных перепелах разных направлений продуктивности [15].

К концу первой недели выращивания у мясных перепелов относительная масса как ЖКТ, так и двенадцатиперстной кишки была достоверно больше, чем у яично-мясных. Именно в первую неделю выращивания для мясных перепелов характерен наибольший относительный рост органов ЖКТ, особенно двенадцатиперстной кишки (показатель роста по С. Броди 96,5% у яично-мясных против 130,6% — у мясных). Относительная масса ЖКТ после первой недели выращивания начинает преобладать у яично-мясных перепелов на 2% ($p \leq 0,05$).

Таким образом, при составлении стартерных рационов необходимо учитывать значительно более раннее развитие органов пищеварения у перепелов мясного направления и медленное развитие, но такое же более плавное снижение скорости роста органов ЖКТ у птицы яично-мясного направления продуктивности.

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

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

- Lukanov H., Pavlova I. Domestication changes in Japanese quail (*Coturnix japonica*): a review. *World's Poultry Science Journal*. 2020; 76(4): 787–801. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1823303>
- Anshakov D.V., Royter Ya.S., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. Methods of creation and characterization of specialized quail meat breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 072053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072053>

REFERENCES

- Lukanov H., Pavlova I. Domestication changes in Japanese quail (*Coturnix japonica*): a review. *World's Poultry Science Journal*. 2020; 76(4): 787–801. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1823303>
- Anshakov D.V., Royter Ya.S., Degtyareva T.N., Degtyareva O.N. Methods of creation and characterization of specialized quail meat breed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 072053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072053>

3. Osmanyán A.K., Slashcheva Yu.V., Malorodov V.V., Komarchev A.S. Meat productivity in quails as affected by lighting regimes with decreasing-increasing photoperiod. *Ptitshevodstvo*. 2022; (9): 59–63 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-9-59-63>
3. Osmanyán A.K., Slashcheva Yu.V., Malorodov V.V., Komarchev A.S. Meat productivity in quails as affected by lighting regimes with decreasing-increasing photoperiod. *Ptitshevodstvo*. 2022; (9): 59–63 (in Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2022-71-9-59-63>
4. Bocharova P.A., Bachinskaya V.M., Gonchar D.V. Experience of the fish oil use based on feed additive in quail farming. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2023; 30(5): 665–670 (in Russian). <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-5-665-670>
4. Bocharova P.A., Bachinskaya V.M., Gonchar D.V. Experience of the fish oil use based on feed additive in quail farming. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2023; 30(5): 665–670 (in Russian). <https://doi.org/10.55934/10.55934/2587-8824-2023-30-5-665-670>
5. Ahmad J.M., Mamde C.S., Patil V.S., Dehaker N.M. Histomorphological Studies on the Small Intestine of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Indian Journal of Veterinary Anatomy*. 2012; 24(2): 103–105.
5. Ahmad J.M., Mamde C.S., Patil V.S., Dehaker N.M. Histomorphological Studies on the Small Intestine of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Indian Journal of Veterinary Anatomy*. 2012; 24(2): 103–105.
6. Prosekova E.A., Panov V.P., Cherepanova N.G., Semak A.E., Belyaeva N.P., Kubatbekov T.S. Structural Changes in the Digestive Tract of Broilers when Introducing a Probiotic. *Journal of Biochemical Technology*. 2021; 12(2): 70–77. <https://doi.org/10.51847/nAHBPYA1A>
6. Prosekova E.A., Panov V.P., Cherepanova N.G., Semak A.E., Belyaeva N.P., Kubatbekov T.S. Structural Changes in the Digestive Tract of Broilers when Introducing a Probiotic. *Journal of Biochemical Technology*. 2021; 12(2): 70–77. <https://doi.org/10.51847/nAHBPYA1A>
7. Ma J., Mahfuz S., Wang J., Piao X. Effect of Dietary Supplementation With Mixed Organic Acids on Immune Function, Antioxidative Characteristics, Digestive Enzymes Activity, and Intestinal Health in Broiler Chickens. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 673316. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.673316>
7. Ma J., Mahfuz S., Wang J., Piao X. Effect of Dietary Supplementation With Mixed Organic Acids on Immune Function, Antioxidative Characteristics, Digestive Enzymes Activity, and Intestinal Health in Broiler Chickens. *Frontiers in Nutrition*. 2021; 8: 673316. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.673316>
8. Hassan S.H., Mhalhal T.R., Majeed M.F. The Effect of Food Type on the Anatomical and Histological Structure of the Canary (*Serinus canaria*) and White-eared Bulbul (*Pycnonotus leucotis*) Small Intestine. *Bionatura Issue*. 2023; 8(1): 1. <https://doi.org/10.21931/RB/CSS/2023.08.01.81>
8. Hassan S.H., Mhalhal T.R., Majeed M.F. The Effect of Food Type on the Anatomical and Histological Structure of the Canary (*Serinus canaria*) and White-eared Bulbul (*Pycnonotus leucotis*) Small Intestine. *Bionatura Issue*. 2023; 8(1): 1. <https://doi.org/10.21931/RB/CSS/2023.08.01.81>
9. Серякова А.А., Панов В.П., Просекова Е.А., Комарчев А.С., Воронин К.О., Цветкова В.А. Влияние кормовой добавки «Бутитан (Фарматан ВСО)» на гистофизиологическое состояние кишечной трубки и продуктивные качества цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2021; (45): 60–65. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-60-65>
9. Seryakova A.A., Panov V.P., Prosekova E.A., Komarchev A.S., Voronin K.O., Tsvetkova V.A. The effect of the feed additive “Butitan (Farmatan BCO)” on the histophysiological state of the intestinal tube and the productive qualities of broiler chickens. *Agrarian science*. 2021; (45): 60–65 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-60-65>
10. Семак А.Э., Беляева Н.П., Кубатбеков Т.С., Золотова А.В. Сравнительный анализ гистологической структуры стенки железистого желудка японского и обыкновенного перепела. *Вестник Омского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2023; (2): 52–57. <https://www.elibrary.ru/tyaxpz>
10. Semak A.E., Belyaeva N.P., Kubatbekov T.S., Zolotova A.V. Comparative analysis histological structure glandular stomach wall of Japanese and common quail. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2023; (2): 52–57 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tyaxpz>
11. Alimardani R., Raji A.R., Zarghi H. Effects of delayed access to feed on growth performance, yolk absorption and gastrointestinal tract histological changes of neonate Japanese quail. *Iranian Veterinary Journal*. 2023; 19(3): 5–13. <https://doi.org/10.22055/ivj.2023.397214.2583>
11. Alimardani R., Raji A.R., Zarghi H. Effects of delayed access to feed on growth performance, yolk absorption and gastrointestinal tract histological changes of neonate Japanese quail. *Iranian Veterinary Journal*. 2023; 19(3): 5–13. <https://doi.org/10.22055/ivj.2023.397214.2583>
12. Huang L. et al. Comparative Study of the Histomorphological Structure of the Small Intestine of *Lonchura striata* and *Copsychus saularis*. *International Journal of Morphology*. 2022; 40(4): 1081–1087. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022022000401081>
12. Huang L. et al. Comparative Study of the Histomorphological Structure of the Small Intestine of *Lonchura striata* and *Copsychus saularis*. *International Journal of Morphology*. 2022; 40(4): 1081–1087. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022022000401081>
13. Савостина Т.В., Лыкасова И.А., Пономарева Т.А. Морфогенез тонкого кишечника цыплят-бройлеров при применении «Цамакса». *Ветеринария*. 2011; (11): 59–62. <https://www.elibrary.ru/mxdfyk>
13. Savostina T.V., Lykasova I.A., Ponomareva T.A. Morphogenesis of small intestine of broiler-type chickens in application of “Tsamax”. *Veterinary medicine*. 2011; (11): 59–62 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mxdfyk>
14. Беляева Н.П., Кубатбеков Т.С., Семак А.Э. Морфологические особенности железистого желудка и двенадцатиперстной кишки птиц разных тропических групп. *Вестник Омского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния*. 2022; (1): 27–34. <https://www.elibrary.ru/cwthry>
14. Belyaeva N.P., Kubatbekov T.S., Semak A.E. Morphological features of the glandular stomach and duodenum of birds of different tropic groups. *Journal of Osh State University. Agriculture: Agronomy, Veterinary and Zootechnics*. 2022; (1): 27–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/cwthry>
15. Головченко Т.С., Лемешенко В.В., Макалиш Т.П. Особенности морфологии стенки тонкого кишечника суточных перепелов мясных пород. *Международный вестник ветеринарии*. 2023; (4): 335–339. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.335>
15. Golovchenko T.S., Lemeshchenko V.V., Makalish T.P. Morphological features of the wall of the small intestine of diurnal quails of meat breeds. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2023; (4): 335–339 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.4.335>
16. Лемешенко В.В., Мурунова А.В. Особенности синтопии толстого кишечника у суточных перепелов. *Структурные преобразования органов и тканей в норме и при воздействии антропогенных факторов. Материалы Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора Асфандиярова Растяма Измайловича*. Астрахань: Астраханский государственный медицинский университет. 2017; 111–11. <https://www.elibrary.ru/xpkpud>
16. Lemeshchenko V.V., Murunova A.V. Features of the syntopy of the large intestine in day-old quails. *Structural transformations of organs and tissues in normal conditions and under the influence of anthropogenic factors. Materials of the International scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of Professor Rastyam I. Asfandiyarov*. Astrakhan: Astrakhan State Medical University. 2017; 111–11 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xpkpud>
17. Лемешенко В.В., Мурунова А.В. Гистологические особенности толстого отдела кишечника птенцов обыкновенного перепела. *Актуальные проблемы гистологии, цитологии и эмбриологии. Материалы научно-практической конференции, посвященной 60-летию организации кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии ГрГМУ*. Гродно: Гродненский государственный медицинский университет. 2018; 75–78. <https://www.elibrary.ru/mcuxzz>
17. Lemeshchenko V.V., Murunova A.V. Histological features of the large intestine of common quail chicks. Current problems of histology, cytology and embryology. *Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the organization of the Department of Histology, Cytology and Embryology of GrSMU*. Grodno: Grodno State Medical University. 2018; 75–78 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mcuxzz>
18. Головченко Т.С., Лемешенко В.В., Саенко Н.В. Динамика толщины оболочек стенки тонкого кишечника перепелов японской породы до 50-суточного возраста. *Морфология в XXI веке: теория, методология, практика. Сборник трудов Международной научно-практической конференции*. М.: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина. 2024; 127–128. <https://www.elibrary.ru/uairho>
18. Golovchenko T.S., Lemeshchenko V.V., Saenko N.V. Dynamics of the thickness of the small intestinal wall membranes of Japanese quails up to 50 days of age. *Morphology in the 21st century: theory, methodology, practice. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin. 2024; 127–128 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uairho>
19. Макарова А.В., Вахрамеев А.Б., Мефтах И.А. Сравнительная характеристика роста и развития цыплят мясо-яичного и яично-мясного направления продуктивности. *Аграрная наука*. 2020; (11–12): 29–32. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-29-32>
19. Makarova A.V., Vakhrameev A.B., Meftah I.A. Comparative characteristics of the growth and development of meategg and egg-meat chickens. *Agrarian science*. 2020; (11–12): 29–32 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-343-11-29-32>

ОБ АВТОРАХ

Анастасия Владимировна Золотова¹
кандидат биологических наук, доцент
avzolitova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2974-6688>

Елена Витальевна Панина²
кандидат биологических наук, доцент
Elena1971god@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6711-2873>

Анна Эдуардовна Семак²
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
asemak@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1968-4284>

Елена Александровна Просекова²
кандидат биологических наук, доцент
eprosekova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Нина Петровна Беляева²
кандидат биологических наук, доцент
Anatomy_muz@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0009-0006-0199-5662>

¹Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), ул. Земляной вал, 73, Москва, 109004, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Anastasia Vladimirovna Zolotova¹
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
avzolitova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2974-6688>

Elena Vitalievna Panina²
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Elena1971god@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6711-2873>

Anna Eduardovna Semak²
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
asemak@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1968-4284>

Elena Alexandrovna Prosekova²
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
eprosekova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1819-0618>

Nina Petrovna Belyaeva²
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Anatomy_muz@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0009-0006-0199-5662>

¹K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), 73 Zemlyanoy Val Str., Moscow, 109004, Russia

²Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127550, Russia

AGRO|20 CON|24 19 ОКТЯБРЯ

В главном корпусе РУДН
г.Москва, ул. Миклухо - Маклая, д. 6

Первая межуниверситетская карьерная выставка-форум компаний АПК для студентов всех специальностей

Свыше **600** студентов востребованных специальностей

Возможности для компаний:

- Участие в стендовой выставке
- Выступление перед аудиторией по тематическим направлениям
- Организация сателлитного мероприятия компании
- Информационная рассылка по всем участникам
- Проведение тестов и экспресс собеседований прямо на площадке Agrosop
- Участие в Агрофоруме - площадке для обсуждения совместной работы университетов и бизнеса



<https://agrocon.pro/> / ✉ Mail: hello@agrocon.pro



УДК 619:636.52/.58:614.48

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61

Л.Д. Тимченко¹
 С.И. Писков¹
 М.Ш. Шахбанов¹
 И.В. Ржепаковский¹
 М.Н. Сизоненко¹
 С.С. Аванесян¹
 А.А. Нагдалян¹ ✉
 М.Б. Ребезов^{2,3}

¹Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

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

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ anagdalian@ncfu.ru

Поступила в редакцию: 10.08.2024
 Одобрена после рецензирования: 16.09.2024
 Принята к публикации: 30.09.2024

© Тимченко Л.Д., Писков С.И., Шахбанов М.Ш., Ржепаковский И.В., Сизоненко М.Н., Аванесян С.С., Нагдалян А.А., Ребезов М.Б.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61

Lyudmila D. Timchenko¹
 Sergey I. Piskov¹
 Magomed Sh. Shakhbanov¹
 Igor V. Rzhepakovsky¹
 Marina N. Sizonenko¹
 Svetlana S. Avanesyan¹
 Andrey A. Nagdalian¹ ✉
 Maksim B. Rebezov^{2,3}

¹North-Caucasus Federal university, Stavropol, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia

³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ anagdalian@ncfu.ru

Received by the editorial office: 10.08.2024
 Accepted in revised: 16.09.2024
 Accepted for publication: 30.09.2024

© Timchenko L.D., Piskov S.I., Shakhbanov M.Sh., Rzhepakovsky I.V., Sizonenko M.N., Avanesyan S.S., Nagdalian A.A., Rebezov M.B.

Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Положительные стороны дезинфицирующего озонирования инкубационных яиц позволяют рассчитывать на успешное применение метода не только в крупных, но и маломасштабных хозяйствах, а также в экспериментальных и производственных целях в лабораториях и на биопредприятиях, связанных с технологическим процессом, основанным на инкубации небольшого количества яиц. Это обуславливает важность расширения спектра озонаторов за счет многочисленных портативных устройств. Для этих приборов нет четких рекомендаций и это вызывает необходимость поиска наиболее эффективных и безвредных для эмбриона режимов, и схем дезинфицирующего озонирования.

Методы. Использовались оплодотворенные куриные яйца «Хайсекс Браун» и портативный озонатор «ОЗОН-ОВИВ». Концентрация озона 2,0 мг/л. Обработку яиц проводили в специально изготовленной камере.

Технология-1: двукратно по 30 минут до инкубации и на 3-и сутки инкубации. Технология-2: трехкратно по 30 минут до инкубации, на 3-и и 5-е сутки.

Спектр проводимых исследований включал: оценку общей микробной обсемененности (денситометрии); идентификацию микроорганизмов (MALDI-TOF-спектрометрия); биологический контроль инкубации (фертильность, выводимость, смертность, аномалии развития); оценку полноценности закладки внутренних органов (микроКТ); морфометрию эмбрионов (масса, длина, обхват груди) и расчет индексов пропорциональности развития; гистологическую оценку печени.

Результаты. Суммарная концентрация озона при обработке двумя способами составила, соответственно, 240 мг/л и 360 мг/л. Доказана дезинфицирующая эффективность озонирования, обеспечивающая снижение уровня общей микробной обсемененности при двукратной и трехкратной обработке на 30% и 40%. Выявлена тенденция сохранения низкой (по сравнению с интактными яйцами) общей микробной обсемененности вплоть до 14 суток инкубации. Динамика микробного пейзажа свидетельствует о бактериостатическом действии озона в использованных концентрациях на широкий спектр микроорганизмов. Микротомографическим и гистологическим методами подтверждена безвредность примененных технологий. Наряду с более выраженным антибактериальным действием технологии-2 выявлено наличие стимулирующего влияния на организм развивающегося эмбриона, что обуславливает предпочтительность ее выбора.

Ключевые слова: дезинфекция инкубационных яиц, озонирование, микроорганизмы, токсичность, куриный эмбрион

Для цитирования: Тимченко Л.Д. и др. Эффективная технология дезинфицирующего озонирования инкубационных куриных яиц. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 51–61.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

Effective technology of disinfecting ozonation of hatching chicken eggs

ABSTRACT

Relevance. The positive aspects of disinfecting ozonation of hatching eggs allow us to expect successful application of the method not only in large but also in small-scale farms, as well as for experimental and industrial purposes in laboratories and bio-enterprises related to the technological process based on the incubation of a small number of eggs. This determines the importance of expanding the range of ozonizers due to numerous portable devices. There are no clear recommendations for these devices and this causes the need to search for the most effective and harmless modes for the embryo, and schemes of disinfecting ozonation.

Methods. The study used fertilized chicken eggs “Hysex Brown” and a portable ozonizer “OZON-OviV”. Ozone concentration 2.0 mg / l. Eggs were treated in a specially made chamber.

Technology-1: twice for 30 minutes before incubation and on the 3rd day of incubation. Technology-2: three times for 30 minutes before incubation, on days 3 and 5.

The range of studies included: assessment of total microbial contamination (densitometry); identification of microorganisms (MALDI-TOF-spectrometry); biological control of incubation (fertility, hatchability, mortality, developmental abnormalities); assessment of the adequacy of the internal organs (MicroCT); embryo morphometry (weight, length, chest circumference) and calculation of development proportionality indices; histological assessment of the liver.

Results. The total ozone concentration during treatment by two methods was 240 mg/l and 360 mg/l, respectively. The disinfecting efficiency of ozonation has been proven, providing a decrease in the level of total microbial contamination by 30% and 40% with double and triple treatment. A tendency to maintain a low total microbial contamination, compared to intact eggs, up to 14 days of incubation has been revealed. The dynamics of the microbial landscape indicate the bacteriostatic effect of ozone in the concentrations used on a wide range of microorganisms. Microtomographic and histological methods confirmed the harmlessness of the technologies used. Along with the more pronounced antibacterial effect of technology-2, the presence of a stimulating effect on the body of the developing embryo was revealed, which determines the preference for its choice.

Key words: disinfection of hatching eggs, ozonation, microorganisms, toxicity, chicken embryo

For citation: Timchenko L.D. et al. Effective technology for disinfectant ozonation of hatching chicken eggs. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 51–61 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-51-61>

Введение/Introduction

Современное сельское хозяйство, научная и практическая биология и биотехнология неразрывно связаны с процессом инкубации куриных яиц, направленным на получение здорового поголовья птицы, необходимым для хозяйственных целей, а также самых различных компонентов яйца, используемых в экспериментальных целях и биотехнологическом цикле, к числу которых наиболее часто относят эмбрион [1–4].

При этом в обоих случаях определяющую роль играют выживаемость и качество эмбриона, в том числе его морфофункциональная полноценность, интенсивность прироста ростовых показателей и массы тела или отдельных органов, имеющих на разных этапах развития определенную биологическую и биотехнологическую ценность [5].

В связи с этим важнейшими требованиями к инкубации являются обеспечение микробиологической чистоты при минимальном побочном эффекте дезинфекционных мероприятий и (при необходимости) создание условий для целевой оптимизации процесса развития, что чаще всего соотносится со стимулирующим эффектом.

Очевидно, что если сочетание всех перечисленных качеств присуще конкретному дезинфектанту, то он может быть неоспоримой альтернативой многим другим средствам обеззараживания инкубационных яиц.

При выборе наиболее эффективного дезинфицирующего средства и рациональных способов его применения на первое место ставится его антимикробная активность по отношению к широкому перечню микроорганизмов, циркулирующих в птицеводческих хозяйствах, подавляющая часть из которых обладает патогенностью и вариабильной вирулентностью [6–8].

Имеется мнение, что инкубационное яйцо является одним из наиболее высоко контаминированных хозяйственных объектов птицеводства, что сопряжено как с общей эпизоотической обстановкой, так и с условиями ведения хозяйства [9].

При этом микробная обсемененность — главная причина снижения выводимости и продуктивности, появления пороков развития молодняка и повышения уровня его заболеваемости [10, 11].

Следствием этого является не только снижение воспроизводительного потенциала птицы, но и проблематичность использования любых компонентов инкубационного яйца в исследовательских и биотехнологических целях.

Вышеизложенное диктует необходимость выбора оптимальных путей и средств воздействия на инкубационное яйцо, обеспечивающих при минимальных затратах труда и времени достаточную дезинфицирующую эффективность, высокую выживаемость, а также не только отсутствие отрицательного влияния на эмбрион, но и (по возможности) наличие положительного воздействия на его развитие [12–14].

На сегодня существует большое количество методов, способов, средств дезинфекции, отличающихся друг от друга стоимостью, сложностью выполнения и эффективностью [15–18]. При этом далеко не все дезинфектанты можно считать универсальными по отношению как к качественному спектру микроорганизмов, обсеменяющих инкубационные яйца, так и в плане особенностей влияния на эмбрион [19, 20].

Всё больше исследователей и практиков к числу наиболее перспективных и отвечающих вышеперечисленным требованиям относят метод озонирования, по отношению к которому не только неоспоримо высока

дозозависимая обеззараживающая эффективность, но и безвредность [21, 22]. Имеются отдельные сообщения о стимулирующем влиянии озона в определенных концентрациях на эмбриональное развитие [23].

Дезинфицирующее озонирование давно и успешно применяется в промышленном птицеводстве. Озонирование считается эффективным, экологически чистым, безвредным, нетрудоемким, что обеспечило ему популярность. Для его выполнения в птицеводческих хозяйствах используются различные промышленные дорогостоящие озонирующие установки с отработанными режимами, обеспечивающими рабочие концентрации озона [24, 25].

Однако совершенно очевидно, что положительные стороны озонирования инкубационных яиц позволяют рассчитывать на успешное применение метода не только на крупных, но и в маломасштабных хозяйствах, в экспериментальных и производственных целях в лабораториях и на биопредприятиях, связанных с технологическим процессом, основанным на инкубации небольшого количества яиц [26, 27].

Вышеизложенное ставит на повестку дня необходимость расширения спектра озонаторов для обработки инкубационных яиц за счет многочисленных портативных устройств, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями [28, 29]. Такие озонаторы, как правило, предназначены для озонирования воды, воздуха помещений и использования в терапевтических целях, но это, конечно, не исключает возможности применения их для озонирования инкубационных яиц в небольших инкубаторах и ограниченных емкостях [30, 31]. Однако для этих приборов нет четких рекомендаций по методике применения с целью обработки инкубационных яиц. Это вызывает необходимость экспериментального поиска наиболее эффективных в соответствии с вышеуказанными требованиями режимов и схем дезинфицирующего озонирования, возможных для воспроизведения на конкретных озонаторах [32–34].

Вышеизложенное определило актуальность и научный интерес к работе, цели которой — применение портативного озонатора для дезинфекции инкубационных яиц кур, установление оптимальных концентраций озона и кратности обработки, обеспечивающих не только достаточное бактерицидное действие, но и оптимальные параметры развития эмбриона.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось на базе межкафедральной научно-образовательной лаборатории экспериментальной иммуноморфологии, иммунопатологии и иммунобиотехнологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь, Россия).

Использовались оплодотворенные куриные яйца Хайсекс Браун (средняя масса $52,83 \pm 3,47$ г), приобретенные в ООО «Агрокормсервис плюс» (станция Гиангинская, Республика Адыгея, Россия). Инкубировались яйца в цифровом инкубаторе Rcom Maru Deluxe Max 380 (AUTOELEX CO., LTD, Корея) при температуре 37,5–37,8 °С, относительной влажности 45–50%, повороте лотков с периодичностью 1 час.

В качестве генератора озона использовался портативный озонатор «ОЗОН-ОВИВ» (г. Харьков, Украина) в соответствии с рекомендуемыми техническими параметрами, предназначенными для обеззараживания воздуха. Концентрация озона, вырабатываемая

прибором, — 2,0 мг/л. Обработку яиц озоном проводили в специально изготовленной камере при температуре 22 ± 2 °С и относительной влажности 75%.

Яйца контрольной группы оставались интактными.

Оптимальную технологию дезинфекции инкубационных яиц, включающую режим индукции озона источником и схему озонирования, представленную кратностью и сроками обработки, определяли эмпирическим путем, опираясь на результат микробиологического эксперимента.

Оценку интенсивности микробной загрязненности осуществляли путем смывов с инкубационных яиц методом полного погружения их в физраствор с дальнейшим помещением в термостат при 37 °С на 1 час и последующим определением общей микробной обсемененности в смывной жидкости с помощью денситометра Vitek Densichek (BioMerieux, Франция).

Результаты учитывали по плотности, выражаемой в единицах McF (Мак) с дальнейшим пересчетом на концентрацию бактерий в КОЕ/мл.

Для идентификации микроорганизмов делали круговой мазок с поверхности яйца влажной палочкой с погружением ее в пробирку с МПБ и помещением в термостат при 37 °С на 24 часа. После культивирования с помощью стерильного тампон-зонда полимерного с хлопковым наконечником культуральную жидкость переносили на трехсекционные чашки Петри с плотными питательными средами: агар Чистовича, агар Хоттингера, кровяной агар. По окончании культивирования в термостате в течение 24 часов предварительно проводили визуальную оценку характера колоний, из которых с помощью микробиологической петли БАК-материал переносили на 16-луночный планшет для исследования с помощью MALDI-TOF спектрометрии с целью идентификации микроорганизмов [35]. Использовался масс-спектрометр Vitek MS (BioMerieux, Франция).

Биологический контроль инкубации яиц проводился путем ежедневного просвечивания яиц с помощью овоскопа ПКЯ-10 («Ветзоотехника», Россия). Морфометрию эмбрионов проводили для всех этапов эмбриогенеза (зародышевый период, предплодный, плодный, период вылупления). Яйца, соответственно, вскрывались на 7-е, 12-е, 16-е и 19-е сутки инкубации.

Массу, линейные размеры и обхват груди эмбриона определяли в соответствии с классическими рекомендациями [36]. Использовали прецизионные весы ML203E (Mettler Toledo, США), штангенциркуль с цифровой индикацией ШЦЦ-II-250-0,01-60 («Калибр», Россия).

На основании морфометрических параметров рассчитывали индексы Кетле I, Ливи, Эрисмана, позволяющие оценивать пропорциональность развития эмбриона [37].

Регистрацию возможных пороков развития проводили согласно оценочной карте [38].

Исследование одобрено этическим комитетом Северо-Кавказского федерального университета (протокол от 3 августа 2023 года № 003). Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве

Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей¹, и принципов обращения с животными, согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ².

Согласно рекомендациям по гуманной эвтаназии [39], умерщвление 7-суточных эмбрионов проводили охлаждением (4 °С, 4 часа). Эвтаназию эмбрионов на 12-е, 16-е и 19-е сутки развития осуществляли в газовой камере (CO₂ 70%, 30 минут).

Оценку полноценности закладки внутренних органов проводили на 7-е сутки инкубации методом рентгеновской микротомографии (микроКТ). При этом под полноценностью понимали наличие всех органов, которые характерны для данного периода эмбриогенеза, и соответствие их топографии и размерам интактного контроля. Извлеченные зародыши фиксировали в 10%-ном растворе формалина с последующим обезвоживанием в сменных порциях этанола (30%, 50%, 70%) и контрастированием 1%-ным раствором фосфорно-вольфрамовой кислоты (40 °С, 24 часа) [40].

МикроКТ эмбрионов выполняли с использованием компьютерного рентгеновского микротомографа Skyscan 1176 (Bruker, Бельгия). Протокол сканирования включал: поворот камеры 180°; шаг 0,3°; рентгеновское напряжение 65 кВ; ток 380 мкА; фильтр — алюминий, 1 мм; размер пикселя изображения 8,87 мкм; усреднение изображения — 3. Сканы микроКТ были обработаны и реконструированы в наборы 3D-данных с использованием программы NRecon (версия 1.7.4.2, Bruker, Бельгия). Постобработка, выравнивание и ориентация в пространстве (x, y, z), проводились в программе DataViewer (1.5.6.2, Bruker, Бельгия).

Визуализация 3D-изображений выполнялась с использованием программного обеспечения (3.3.0r1403, Bruker, Бельгия) [41].

Гистопатологический анализ печени проводили у 16-суточных эмбрионов. Образцы печени фиксировали в 10%-ном забуференном растворе формалина на протяжении 72 часов с последующим обезвоживанием в изопропиловом спирте и заключением в медицинский парафин HistoMixer (Biovitrum, г. Санкт-Петербург, Россия). Гистологические срезы толщиной 5 мкм производили на ротационном микротоме HM 325 (Thermo Fisher Scientific, Уолтем, США). Готовые срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Оценку гистологических микропрепаратов проводили с использованием микроскопа исследовательского класса Axio Imager 2 (A2) (Carl Zeiss Microscopy, Oberkochen, Германия) при различных увеличениях с фиксацией изображений.

Средства измерения поверены, измерительное оборудование аттестовано.

Статистическую обработку количественных данных проводили с использованием программного пакета Biostat (Version 4.03)³. Для проверки выборок на нормальность распределения использовали критерий Шапиро — Уилка. Для выявления статистических различий данных применяли критерий Стьюдента. Количественные данные представляли в виде $M \pm Sd$ (M — среднее значение, Sd — стандартное отклонение). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

¹ 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

² 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».

³ <https://www.analystsoft.com/ru/products/biostat/>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Стартовый этап исследования связан с выбором технологии озонирования, обеспечивающий суммарную концентрацию озона за весь период обработки. Важнейшие компоненты технологии — режим и схема озонирования. При этом под режимом понимались выбранные технические параметры и время озонирования, которые обеспечивали концентрацию озона за один цикл обработки.

В качестве схемы озонирования рассматривали кратность циклов обработки и сутки инкубации.

Учитывая, что в работе использовали бытовой портативный озонатор, предназначенный для воды и воздуха, в инструкции к которому не оговорена возможность использования его для обработки инкубационных яиц, а также достаточно широкий диапазон его режимов озонирования, выбор оптимального, на взгляд авторов, базового режима озонирования осуществили на основе аналитических умозаключений с учетом высокой степени загрязненности инкубационных яиц и опытом ранее проведенных исследований [37]. Были выбраны: максимальная мощность — 100, поток озono-кислородной смеси — 2 л/мин, время озонирования — 30 мин.

Выбранный режим использовали в двух технологических подходах в сочетании со схемами обработки, структура которых представлена в таблице 1.

Результаты влияния озонирования на микробную обсемененность куриных яиц представлены в таблице 2.

Из представленных данных видно, что яйца до инкубации достаточно высоко обсеменены микроорганизмами, это подтверждает целесообразность дезинфекционной обработки.

Анализ эффективности озонирования на 4-е сутки инкубации при 2-кратном озонировании (технология-1), на 6-е сутки при 3-кратном озонировании (технология-2) по сравнению с соответствующими сутками для необработанных яиц (контроль) показал статистически значимое снижение уровня обсемененности, наиболее выраженное при обработке по технологии-2.

Исследование, проведенное на 14-е сутки инкубации при обеих технологиях, свидетельствует об общей тенденции прироста уровня микробной обсемененности у озонированных яиц по сравнению с 4-ми, 6-ми сутками развития. В эти сроки инкубации показатели обсемененности остаются значительно ниже, чем в контроле, при этом минимальные показатели отмечены при использовании технологии-2.

Интересными представились данные по идентификации микроорганизмов в динамике инкубации яиц и применения технологий озонирования (табл. 3).

До инкубации и в контрольной группе яиц, которая не подвергалась озонированию, выделен наиболее широкий спектр микроорганизмов, количество которых

Таблица 1. Технология озонирования с помощью портативного озонатора «ОЗОН-ОВиВ»

Table 1. Ozonation technology using the portable ozonizer “OZON-OViV”

Схема обработки		Режим				Расчетный объем озono-кислородной смеси (л) концентраций (мг/л)		
Кратность	Дни инкубации	Время, мин.	Производительность (мощность), %	Поток, л/мин	Обеспечиваемая концентрация, мг/л	за 1 цикл обработки	за 2 цикла обработки	за 3 цикла обработки
Двукратная	До инкубации	30	100	2	2	120	240	-
	3-и сутки	30	100	2	2			
Трехкратная	До инкубации	30	100	2	2	120	240	360
	3-и сутки	30	100	2	2			
	5-е сутки	30	100	2	2			

Таблица 2. Общая обсемененность инкубационных яиц в динамике инкубации при дезинфицирующем озонировании (КОЕ/мл, M ± Sd)

Table 2. Total contamination of hatching eggs in the dynamics of incubation with disinfecting ozonation (CFU/ml, M ± Sd)

Группы	Сутки инкубации				
	до инкубации	4-е	6-е	9-е	14-е
Контроль (n = 20)	6,4×10 ⁶ ± 0,8 ^a	6,0×10 ⁶ ± 0,75 ^a	6,3×10 ⁶ ± 0,79 ^a	7,0×10 ⁶ ± 0,88 ^b	7,8×10 ⁶ ± 0,98 ^a
Технология-1 (n = 20)		1,8×10 ⁶ ± 0,23 ^c	не изучалось	1,4×10 ⁶ ± 0,18 ^d	2,9×10 ⁶ ± 0,36 ^e
Технология-2 (n = 20)		не изучалось	1,9×10 ⁶ ± 0,24 ^c	1,3×10 ⁶ ± 0,16 ^d	2,5×10 ⁶ ± 0,31 ^f

Примечание: разные буквенные индексы указывают на статистически значимые различия между значениями (p < 0,05).

Таблица 3. Спектр выделенных микроорганизмов в процессе дезинфицирующего озонирования

Table 3. Spectrum of isolated microorganisms in the process of disinfecting ozonation

Группы	Сутки инкубации				
	до инкубации	4-е	6-е	9-е	14-е
Контроль (n = 20)	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. sciuri</i> 6. <i>S. xylosum</i> 7. <i>L. fusiformis</i> 8. <i>B. licheniformis</i>
Технология-1 (n = 20)		1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i>	не изучалось	1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i> 7. <i>S. aureus</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>B. megaterium</i> 3. <i>B. cereus</i> 4. <i>S. sciuri</i> 5. <i>L. fusiformis</i> 6. <i>B. licheniformis</i> 7. <i>S. aureus</i>
Технология-2 (n = 20)		не изучалось	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>B. cereus</i> 5. <i>S. aureus</i>	1. <i>E. coli</i> 2. <i>S. simulans</i> 3. <i>B. megaterium</i> 4. <i>S. aureus</i>

имело некоторую тенденцию к росту, а видовой состав расширился.

Динамика качества и количества микроорганизмов в опытных группах при использовании обеих технологий озонирования свидетельствует о бактериостатическом и не исключает бактерицидный эффект озона на отдельные виды микроорганизмов.

Несмотря на возобновление роста или первичное выделение некоторых видов микробов к концу эксперимента, наиболее выраженная антимикробная эффективность отмечалась при использовании технологии-2, что сопоставимо с данными по общей обсемененности.

Таким образом, по итогам анализа полученных результатов установлено, что обе схемы озонирования проявили дезинфицирующую эффективность по сравнению с контролем. При этом технология-2 озонирования характеризуется наилучшими показателями.

Проведенный микробиологический контроль дезинфицирующей эффективности озонирования по разработанным технологиям определяет потенциальный интерес к более углубленному изучению особенностей эмбрионального развития, поскольку, по ряду сведений [42, 43], озонирование имеет дозозависимый эффект влияния на эмбриогенез и не исключает стимулирующего влияния озона в выбранной концентрации.

Данное предположение послужило основанием для изучения ряда показателей биологического контроля инкубации и морфологических показателей развития.

Несмотря на задокументированные эффекты озона на метаболизм и морфогенез эмбриона, до сих пор широко не раскрыты и потенциально имеют важное значение. Исследования в этом отношении посвящены другим дозам, другим птицам и способам озонирования [22].

Анализ полученных результатов (табл. 4) свидетельствует, что применяемое дезинфицирующее озонирование положительно повлияло на результаты инкубации.

Процент смертности, выводимости и встречаемость дефектов развития эмбрионов контрольной выборки не выбивались из диапазона нормы и соответствовали данным других исследователей, работающих с кроссом Хайсекс Браун [44].

Таблица 4. Показатели биологического контроля инкубации

Table 4. Biological control indicators of incubation

Группы	Фертильность, %	Выводимость, %	Смертность, % от фертильных яиц			Аномалии развития, %
			ранняя (1–7 дней)	средняя (8–14 дней)	поздняя (15–21 день)	
К (n = 50)	96,0	84,0	8,3	4,1	4,1	4,0
O-1 (n = 60)	96,7	88,3	5,2	3,4	1,7	3,3
O-2 (n = 60)	95,0	91,7	3,5	1,8	–	–

Примечание: К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

По уровню выводимости, выживаемости группы O-1 и O-2 превосходят контрольную выборку, при этом лучшие показатели зафиксированы в группе O-2, обработанной по технологии-2. Это логично согласуется с приведенными выше результатами по дезинфицирующему эффекту озонирования по схеме 2. Есть данные, подтверждающие зависимость частоты смертности эмбрионов, особенно ранней, с инфицированием [45].

Число случаев дефектов развития эмбрионов между группами заметно не отличалось, что подтверждает отсутствие факторного тератогенного влияния озонирования в выбранных схемах и дозировании.

Результаты морфометрической оценки эмбрионов представлены в таблицах 5, 6.

Динамика линейных и весовых размеров тела куриных эмбрионов в группе O-1 не претерпела статистически значимых изменений по сравнению с контролем. Группа O-2 характеризовалась большими величинами массы, длины и обхвата грудной клетки на 12-е, 16-е, 19-е сутки инкубации. При этом величины расчетных индексов Кетле, Ливи и Эрисмана, как в группе O-1, так и в группе O-2, не выходят за пределы значений контрольной выборки, что отражает пропорциональность физического развития.

При изучении возможных эмбриотоксичности и тератогенности при факторном воздействии особое внимание привлекает зародышевый период эмбриогенеза (1–7-е сутки). В названный критический этап развития органы претерпевают сложный морфогенетический процесс, который представляет собой координацию многих событий, где небольшие отклонения могут

Таблица 5. Влияние озонирования на морфометрические показатели развития куриного эмбриона

Table 5. The effect of ozonation on the morphometric parameters of chicken embryo development

Сутки инкубации	Масса тела, г			Длина тела, см			Обхват груди, см		
	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)
7	0,55 ± 0,06 ^a	0,56 ± 0,07 ^a	0,60 ± 0,08 ^b	2,24 ± 0,28 ^a	2,19 ± 0,26	2,30 ± 0,32 ^b	2,2 ± 0,28 ^a	2,3 ± 0,31 ^a	2,2 ± 0,34 ^a
12	4,42 ± 0,55 ^a	4,39 ± 0,47 ^a	5,21 ± 0,65 ^b	4,59 ± 0,57 ^a	4,44 ± 0,63 ^a	4,93 ± 0,59 ^b	3,8 ± 0,48 ^a	3,9 ± 0,42 ^a	4,1 ± 0,43 ^b
16	14,81 ± 1,85 ^a	15,03 ± 2,108 ^a	16,14 ± 1,96 ^b	7,31 ± 0,91 ^a	7,36 ± 1,02 ^a	7,53 ± 0,94 ^b	5,0 ± 0,63 ^a	5,1 ± 0,72 ^a	5,5 ± 0,81 ^b
19	27,49 ± 3,43 ^a	26,94 ± 2,764 ^a	29,34 ± 3,52 ^b	8,15 ± 1,02 ^a	7,97 ± 0,98 ^a	8,74 ± 1,05 ^b	6,6 ± 0,63 ^a	6,6 ± 0,91	6,8 ± 0,79 ^b

Примечание: разные буквенные индексы в строке указывают на статистически значимые различия между средними значениями (p < 0,05) для каждого параметра. К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

Таблица 6. Показатели индексов физического развития куриного эмбриона

Table 6. Indicators of physical development indices of chicken embryos

Сутки инкубации (n = 30)	Индекс Кетле			Индекс Ливи			Индекс Эрисмана		
	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)	К (n = 25)	O-1 (n = 30)	O-2 (n = 30)
7	0,24 ± 0,03 ^a	0,23 ± 0,02 ^a	0,23 ± 0,03 ^a	0,038 ± 0,011 ^a	0,041 ± 0,005 ^a	0,039 ± 0,006 ^a	1,006 ± 0,126 ^a	1,012 ± 0,130 ^a	1,014 ± 0,124 ^a
12	0,95 ± 0,12 ^b	0,94 ± 0,12 ^b	0,96 ± 0,10 ^b	0,074 ± 0,011 ^b	0,069 ± 0,009 ^b	0,071 ± 0,010 ^b	1,603 ± 0,20 ^b	1,594 ± 0,190 ^b	1,611 ± 0,22 ^b
16	2,06 ± 0,26 ^c	1,98 ± 0,2 ^c	2,04 ± 0,25 ^c	0,129 ± 0,016 ^c	0,131 ± 0,020 ^c	0,127 ± 0,018 ^c	1,512 ± 0,189 ^b	1,498 ± 0,179 ^b	1,519 ± 0,16 ^b
19	3,38 ± 0,42 ^d	3,39 ± 0,4 ^d	3,41 ± 0,46 ^d	0,159 ± 0,019 ^d	0,164 ± 0,020 ^d	0,168 ± 0,024 ^d	2,650 ± 0,330 ^c	2,579 ± 0,290 ^c	2,702 ± 0,37 ^c

Примечание: разные буквенные индексы указывают на статистически значимые различия между средними значениями (p < 0,05) для каждого параметра. К — контрольная выборка, неозонированные; O-1 — озонированные по технологии-1; O-2 — озонированные по технологии-2.

привести к аномалиям развития [46].

Принимая во внимание преобладание в исследуемых группах ранней эмбриональной смертности, учитывая, что дефекты развития органов в эмбриогенезе сложны и их трудно регистрировать традиционными подходами из-за пространственной структурной реорганизации органов [47], оценку влияния озонирования на закладку внутренних органов куриного эмбриона проводили на 7-е сутки инкубации методом рентгеновской микроКТ. Этот метод позволяет уже на ранних сроках инкубации исключить возможные нарушения закладки внутренних органов и оценить их топографию [41]. Фрагмент исследований с использованием метода микроКТ представлен на рисунке 1.

Полноценность закладки внутренних органов эмбрионов под воздействием озона учитывали по их наличию и топографическим особенностям в соответствии с аналогичными критериями у эмбрионов, не подвергавшихся озонированию. В контрольной группе во всех проекциях микрофотограмм эмбрионов на 7-е сутки инкубации четко визуализируются все органы, их морфологические характеристики соответствуют сроку развития. Идентифицированы головной мозг, глаза, сердце, печень, позвоночник и нервный канал, мезонефрос, желудок, кишечник, легкие, селезенка. МикроКТ-анализ анатомических структур эмбрионов 7-х суток развития опытных групп свидетельствует об отсутствии отклонений в развитии по всем объектам визуализации.

Принимая во внимание, что печень является самой большой эмбриональной метаболической тканью, чувствительной к окислительному стрессу, учитывая имеющиеся сведения о гепатотоксичности активных форм кислорода у куриного эмбриона [48], проводилась гистоморфологическая оценка влияния озонирования на печень развивающегося эмбриона на 16-е сутки инкубации.

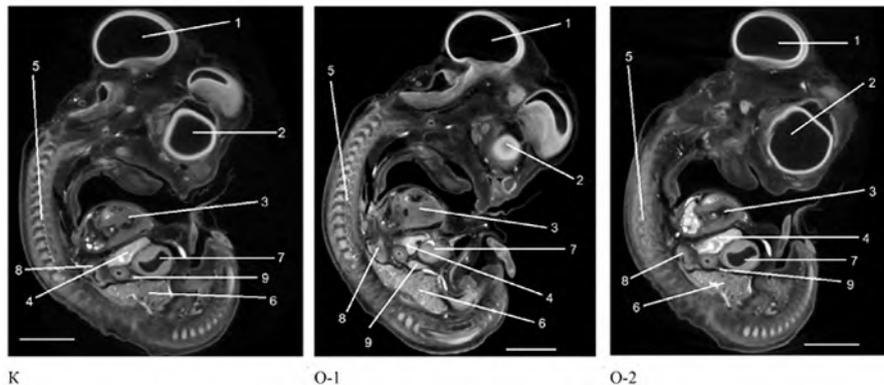
Микроскопическая визуализация микропрепаратов печени эмбрионов в контрольной и опытных выборках соответствовала характеристикам нормальной гистологии органа, представленной другими исследователями для соответствующего этапа развития [49].

На микропрепаратах хорошо визуализируются дольки с сохраненной балочной структурой. Гепатоциты с одинаковыми ядрами, цитоплазма равномерно окрашена, сосуды печени без изменений. В поле зрения различаются многочисленные сосуды, представленные сосудами синусов и центральными венами (рис. 2).

Тканевой реакции печени эмбриона на дезинфицирующее озонирование не наблюдалось. Отличий морфологии ткани печени эмбрионов в контрольной и группах О-1 и О-2 не регистрировалось.

Рис. 1. Репрезентативные микрофотографические 3D-изображения целого куриного эмбриона на 7-е сутки развития (сагиттальная проекция; масштабная линейка соответствует 2 мм; 1 — головной мозг, 2 — глаз, 3 — сердце, 4 — печень, 5 — позвоночник и нервный канал, 6 — мезонефрос, 7 — желудок, 8 — легкие, 9 — селезенка). К — контрольная выборка, неозонированные; О-1 — озонированные по технологии-1; О-2 — озонированные по технологии-2

Fig. 1. Representative microtomographic 3D images of a whole chicken embryo on the 7th day of development (sagittal projection; scale bar corresponds to 2 mm; 1 — brain, 2 — eye, 3 — heart, 4 — liver, 5 — spine and neural canal, 6 — mesonephros, 7 — stomach, 8 — lungs, 9 — spleen). К — control sample, notozonized; О-1 — ozonized using technology-1; О-2 — ozonized using technology-2



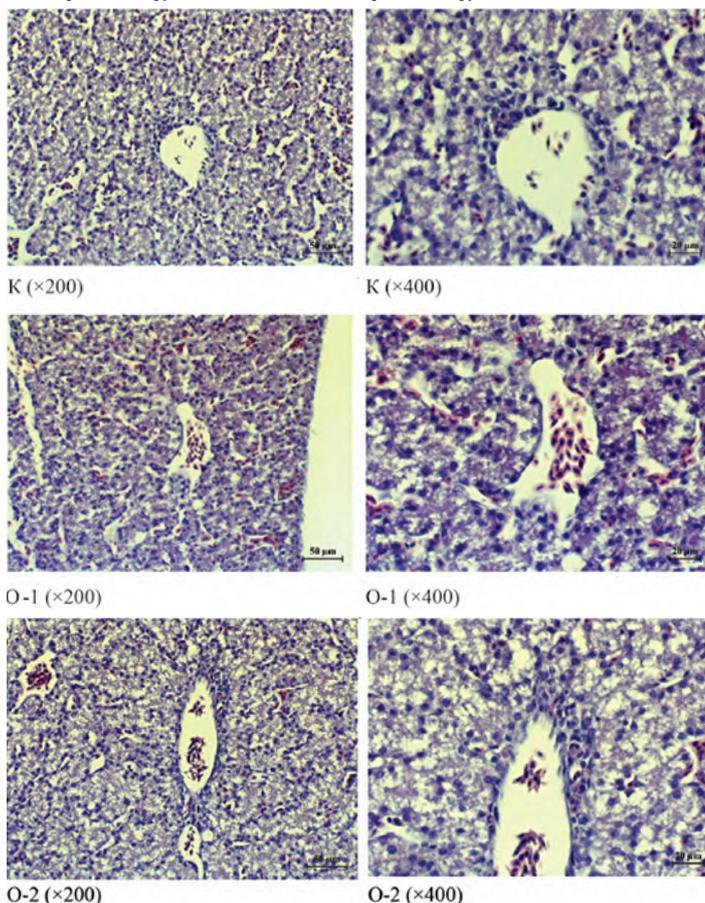
Анализ всех представленных выше результатов полностью подтверждает гипотезу о целесообразности использования портативных озонаторов для дезинфицирующей обработки инкубационных яиц.

Принципиальным является выбор технологии, обеспечивающей уже на ранних этапах инкубации концентрацию озона в озонкислородной смеси, достаточную для дезинфицирующего эффекта, что направлено не только на снижение уровня общей микробной обсемененности

Рис. 2. Гистологические срезы печени 16-суточных куриных эмбрионов.

Окраска гематоксилином и эозином. К — контрольный образец, неозонированный; О-1 — озонированный по технологии-1; О-2 — озонированный по технологии-2

Fig. 2. Histological sections of the liver of 16-day-old chicken embryos. Hematoxylin and eosin staining. К — control sample, notozonized; О-1 — ozonized using technology-1; О-2 — ozonized using technology-2



яиц непосредственно после процесса озонирования, но и на сохранение более низких (по сравнению с необработанными яйцами) значений этого показателя и на дальнейших этапах инкубации, не связанных с озонированием.

Выбор сроков инкубации для осуществления озонирования обусловлен высокой степенью критичности зародышевого и предплодного периода развития эмбриона по отношению к действию внешних факторов, в частности к разнообразным микроорганизмам, присутствующим на яйцах, как правило, в большом количестве еще до инкубации.

Кроме того, именно ранние периоды эмбрионального развития связаны с наиболее интенсивными пролиферативными и дифференцированными процессами, нарушение которых (в том числе на фоне микробной агрессии) способно повлиять на качество формообразования в растущем организме.

Поэтому в качестве одного из важнейших критериев оценки влияния озона, примененного в соответствии с предлагаемыми технологиями, использовали полноценность закладки внутренних органов, для контроля которой применен инновационный метод микротомографии, позволяющий не только выявить наличие или отсутствие конкретного органа, но и его структурные особенности, топографию во взаимоотношении с другими вновь формирующимися анатомическими структурами.

В ходе определения наиболее эффективной технологии дезинфицирующего озонирования с помощью портативного озонатора изначально предложены два технологических подхода, в частности, двукратного и трехкратного озонирования яиц на ранних сроках инкубации, по 30 минут на каждый цикл обработки при максимальной величине таких технических характеристик прибора, как мощность и поток озонкислородной смеси. Это обеспечило суммарную концентрацию озона за весь период обработки 240 мг/л при двукратном озонировании и 360 мг/л — при трехкратной.

Экспериментально подтверждено, что достаточный дезинфицирующий эффект обеспечивается как при двукратном, так и при трехкратном озонировании, которое завершается к 3-м и 5-м суткам инкубации соответственно. Это сопровождается снижением уровня микробной обсемененности яиц уже на следующий день после последней обработки.

При этом, несмотря на незначительное повышение уровня общей микробной обсемененности в дни инкубации, последующие за завершающей обработкой, отмечено дальнейшее сохранение тенденции снижения этого показателя по сравнению с необработанными яйцами, наиболее выраженное при трехкратном озонировании.

Этот факт в совокупности с динамикой качественных показателей эмбрионов (особенности закладки внутренних органов, выживаемость, морфометрические показатели и индексы физического развития) обуславливает нецелесообразность дополнительного озонирования в более поздние сроки инкубации.

Показательным моментом являются и качественные особенности микробного пейзажа озонированных яиц, демонстрирующие не только бактериостатический, но и бактерицидный эффект. Это подтверждается временным или стойким исчезновением вплоть до конца эксперимента первично выделенных из смывной жидкости микроорганизмов. Так, при двукратной обработке к концу инкубации не высевались *S. simulans*,

S. Xylosus, ранее выделяемые до озонирования. При трехкратной обработке такая тенденции отмечена по отношению к *B. cereus*, *S. sciuri*, *S. xylosus*, *L. fusiformis*, *B. licheniformis*.

Вышеизложенное свидетельствует об эффективности обеих технологий, при этом подчеркивает приоритетность технологии-2, заключающейся в трехкратной обработке озном.

Отмечая более высокую дезинфицирующую эффективность трехкратного озонирования яиц, обращаем внимание на установленное превосходство этой технологии, отличающейся полной безвредностью и некоторым стимулирующим эффектом по отношению к развитию эмбрионов.

Отмечены более лучшие показатели биологического контроля инкубации выживаемости, массы и размеров тела при неизменности индексов физического развития эмбрионов не только по сравнению с неозонированными яйцами, но и с обработанными двукратно.

Следует отметить, что в данной работе не ставилась задача изучения влияния разработанной технологии дезинфицирующего озонирования инкубационных яиц на развитие цыплят в постнатальном онтогенезе. Это выстывает некоторым ограничением исследования, так как появляются новые сведения о задержке роста цыплят после применения активных форм кислорода для прединкубационной дезинфекции [43]. В связи с этим очевидно целесообразность расширения спектра исследований на постнатальный период, что и выстывает целью дальнейшего исследования.

Выводы/Conclusions

Доказана достаточная дезинфицирующая эффективность технологии, обеспечивающая после последнего цикла озонирования снижение уровня общей микробной обсемененности при двукратной и трехкратной обработке на 30% и 40% соответственно, тенденцию сохранения низкой (по сравнению с неозонированными яйцами) общей микробной обсемененности яиц — вплоть до 14 суток инкубации.

Качественная динамика микробного пейзажа свидетельствует о бактериостатическом и не исключает бактерицидное действие озона в использованных концентрациях на широкий спектр микроорганизмов, сохраняющееся вплоть до 14 суток инкубации, что наиболее выражено при трехкратной обработке.

Концентрация озона, обеспечиваемая при использовании обеих технологий, не оказывает отрицательного действия на развитие эмбрионов, что подтверждается показателями биологического контроля инкубации, данными микроКТ закладки внутренних органов эмбрионов, устойчивой динамикой ростовых показателей и индексов физического развития, результатами гистологического исследования печени.

В целом представленные результаты убедительно свидетельствуют о целесообразности использования портативных озонаторов для обработки небольшого количества яиц, что представляет важность для малых форм хозяйствования: личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйств. При этом в качестве дезинфицирующей и безвредной может быть использована любая из двух представленных технологий.

Однако технология трехкратного озонирования (наряду с более выраженным антибактериальным действием) демонстрирует наличие стимулирующего влияния на организм развивающегося эмбриона, что обуславливает предпочтительность ее выбора.

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 грантов Российского научного фонда № 23-24-00282 (<https://rscf.ru/project/23-24-00282/>) (микробиологический контроль дезинфицирующей эффективности озонирования и влияния на показатели массы тела и физического развития куриного эмбриона), № 24-26-00178 (<https://rscf.ru/en/project/24-26-00178/>) (микротомографический контроль закладки внутренних органов куриного эмбриона).

FUNDING

The study was funded by grants from the Russian Science Foundation No. 23-24-00282 (<https://rscf.ru/en/project/23-24-00282/>) (microbiological control of the disinfecting effect of ozonation and the effect on body weight and physical development of the chicken embryo), No. 24-26-00178 (<https://rscf.ru/en/project/24-26-00178/>) (microtomographic monitoring of the formation of internal organs of a chick embryo).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Duvanov E.S., Kudinov Y.I., Pashchenko F.F., Duvanov V.S. Analysis of the Technological Process of Egg Incubation and Formulation of the Control Problem. *2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. IEEE. 2021; 769–773. <https://doi.org/10.1109/SUMMA53307.2021.9632224>
- Лукин Е.В., Бакаева Л.Н., Ежова О.Ю., Николаева Н.А. Эффективность использования различных схем закладки при инкубации куриных яиц. *Современные проблемы развития ветеринарной медицины и биотехнологий. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием*. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет. 2023; 248–251. <https://elibrary.ru/ggkzkn>
- Лопаева Н.Л. Особенности получения яиц с высокими инкубационными свойствами. Вклад аграрных ученых в реализацию 10-летия науки и технологии в Российской Федерации. *Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции*. Курган: Курганский государственный университет. 2023; 40–43. <https://elibrary.ru/yehdph>
- Курбонова М.Д. Инкубация яиц мясных кур разных кроссов. *Иновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2024; 189–193. <https://elibrary.ru/dybunh>
- Garcia P., Wang Y., Viallet J., Macek Jilkova Z.M. The Chicken Embryo Model: A Novel and Relevant Model for Immune-Based Studies. *Frontiers in Immunology*. 2021; 12: 791081. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.791081>
- Yushina Yu.K., Nasyrov N.A., Zaiko E.V., Grudistova M.A., Reshchikov M.D. Evaluating the effect of various types of disinfectants on bacterial biofilms. *Теория и практика переработки мяса*. 2023; 8(2): 162–167. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-2-162-167>
- Woyda R., Oladeinde A., Abdo Z. Chicken Production and Human Clinical *Escherichia coli* Isolates Differ in Their Carriage of Antimicrobial Resistance and Virulence Factors. *Applied and Environmental Microbiology*. 2023; 89(2): e01167-22. <https://doi.org/10.1128/aem.01167-22>
- Kozak S.S., Tararova K.S. Многокомпонентное моеще-дезинфицирующее средство для санитарной обработки ветеринарных объектов на птицеперерабатывающих предприятиях. *Птица и птицепродукты*. 2024; (2): 40–43. <https://elibrary.ru/sbunne>
- Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S., Ananikov Ya.G., Shkarupa E.V. The influence of morphological parameters of incubation eggs on the growth and development of repair young. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01033. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801033>
- Цыганков Е.М., Менькова А.А., Казмирова Т.А., Андреев А.И. Бактериологические показатели смывов как фактор эмбрионального развития цыплят и максимизации эффективности птицеводства. *Ветеринарный врач*. 2022; (1): 56–65. <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2021-1-56-65>
- Saidane Z., Dahou A.A., Daoudi M., Dahmouni S., Homrani A. Consequences of Technical and Sanitary Practices on Laying and Hatching Rates in the *Gallus gallus domesticus* Meat Sector in the Mostaganem Region (Algeria). *Acta Veterinaria Eurasia*. 2024; 50(1): 3–8. <https://doi.org/10.5152/actavet.2024.23032>
- Цыганков Е.М. Влияние дезинфицирующих средств «Аргодез», «Вироцид», «Кемидид» на эмбриональное развитие цыплят-бройлеров. *Современные тенденции развития аграрной науки. Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2023; 403–407. <https://elibrary.ru/gnyyjk>
- Астахова Ю.Ю., Кузнецов В.С., Ежова О.Ю. Обработка инкубационных яиц биопрепаратом. Перспективы развития современного агропромышленного комплекса. *Материалы III Международной научно-практической конференции*. Уфа: Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук. 2023; 179–183. <https://elibrary.ru/aflnmp>
- Boronin V.V. Обеспечение здоровья цыплят-бройлеров путем оптимизации освещенности при инкубации яиц. *Перспективные технологии и инновации в АПК в условиях цифровизации. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 96–98. <https://elibrary.ru/csuzlq>

REFERENCES

- Duvanov E.S., Kudinov Y.I., Pashchenko F.F., Duvanov V.S. Analysis of the Technological Process of Egg Incubation and Formulation of the Control Problem. *2021 3rd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*. IEEE. 2021; 769–773. <https://doi.org/10.1109/SUMMA53307.2021.9632224>
- Lukin E.V., Bakaeva L.N., Ezhova O.Yu., Nikolaeva N.A. The effectiveness of using various laying schemes when incubating chicken eggs. *Modern problems of development of veterinary medicine and biotechnology. Materials of the National scientific and practical conference with international participation*. Orenburg: Orenburg State Agrarian University. 2023; 248–251 (in Russian). <https://elibrary.ru/ggkzkn>
- Lopaeva N.L. Features of obtaining eggs with high incubation properties. *The contribution of agricultural scientists to the implementation of the 10th anniversary of science and technology in the Russian Federation. Collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference*. Kurgan: Kurgan State University. 2023; 40–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/yehdph>
- Kurbonova M.D. Incubation of eggs of meat chickens of different crosses. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists*. Penza: Penza State Agrarian University. 2024; 189–193 (in Russian). <https://elibrary.ru/dybunh>
- Garcia P., Wang Y., Viallet J., Macek Jilkova Z.M. The Chicken Embryo Model: A Novel and Relevant Model for Immune-Based Studies. *Frontiers in Immunology*. 2021; 12: 791081. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.791081>
- Yushina Yu.K., Nasyrov N.A., Zaiko E.V., Grudistova M.A., Reshchikov M.D. Evaluating the effect of various types of disinfectants on bacterial biofilms. *Theory and practice of meat processing*. 2023; 8(2): 162–167. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-2-162-167>
- Woyda R., Oladeinde A., Abdo Z. Chicken Production and Human Clinical *Escherichia coli* Isolates Differ in Their Carriage of Antimicrobial Resistance and Virulence Factors. *Applied and Environmental Microbiology*. 2023; 89(2): e01167-22. <https://doi.org/10.1128/aem.01167-22>
- Kozak S.S., Tararova K.S. Multicomponent washing-and-disinfection solution for veterinary objects disinfection at poultry processing enterprises. *Poultry & chicken products*. 2024; (2): 40–43 (in Russian). <https://elibrary.ru/sbunne>
- Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S., Ananikov Ya.G., Shkarupa E.V. The influence of morphological parameters of incubation eggs on the growth and development of repair young. *BIO Web of Conferences*. 2024; 108: 01033. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801033>
- Tsygankov E.M., Menkova A.A., Kazimirova T.A., Andreev A.I. Bacteriological indicators of flushes as factor of embryonic development of chickens and maximizing the efficiency of poultry farming. *The Veterinarny Vrach*. 2022; (1): 56–65 (in Russian). <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2021-1-56-65>
- Saidane Z., Dahou A.A., Daoudi M., Dahmouni S., Homrani A. Consequences of Technical and Sanitary Practices on Laying and Hatching Rates in the *Gallus gallus domesticus* Meat Sector in the Mostaganem Region (Algeria). *Acta Veterinaria Eurasia*. 2024; 50(1): 3–8. <https://doi.org/10.5152/actavet.2024.23032>
- Tsygankov E.M. The effect of disinfectants "Argodez", "Virocide", "Kemicide" on the embryonic development of broiler chickens. *Modern trends in the development of agricultural science. Collection of scientific papers of the II International scientific and practical conference*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2023; 403–407 (in Russian). <https://elibrary.ru/gnyyjk>
- Astakhova Yu.Yu., Kuznetsov V.S., Ezhova O.Yu. Treatment of incubation eggs with a biological product. *Prospects for the development of the modern agro-industrial complex. Proceedings of the III International scientific and practical conference*. Ufa: Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences. 2023; 179–183 (in Russian). <https://elibrary.ru/aflnmp>
- Boronin V.V. Ensuring the health of broiler chickens by optimizing lighting during egg incubation. *Promising technologies and innovations in the agro-industrial complex in the context of digitalization. Proceedings of the III International scientific and practical conference*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 96–98 (in Russian). <https://elibrary.ru/csuzlq>

15. Svetlov D.A., Boriskin A.S., Dergunova A.V., Vildaiva M.V., Erofeev V.T. Disinfection and Sterilization of Air and Internal Surfaces of Industrial Premises. Akimov P., Vatin N. (eds.). *XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021)*. Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 189. Cham: Springer. 2022; 38–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86001-1_5
16. Saipullaev M., Koichuev A., Batyrova A., Gadzhimuradova Z., Mirzoeva T. The disinfecting properties of Penox-1 solutions for sanitation of objects of veterinary supervision. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503012>
17. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
18. Rebezov M. et al. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry: A Review. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6639. <https://doi.org/10.3390/app12136639>
19. Oliveira G.d.S., McManus C., Salgado C.B., dos Santos V.M. Effects of Sanitizers on Microbiological Control of Hatching Eggshells and Poultry Health during Embryogenesis and Early Stages after Hatching in the Last Decade. *Animals*. 2022; 12(20): 2826. <https://doi.org/10.3390/ani12202826>
20. Motola G., Hafez H.M., Brüggemann-Schwarze S. Assessment of three alternative methods for bacterial disinfection of hatching eggs in comparison with conventional approach in commercial broiler hatcheries. *PLoS ONE*. 2023; 18(3): e0283699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283699>
21. Возмилов А.Г., Астафьев Д.В., Илимбетов Р.Ю. Использование озона для дезинфекции яиц и стимулирования эмбрионального развития цыплят в период инкубации. *АПК России*. 2019; 26(5): 811–817. <https://elibrary.ru/biiwgv>
22. Koc S., Aygun A. Effects of Ozone on Egg Shell Microbial Load, Hatching Traits and Chick Performance in Quail Eggs. *Innoriginal: International Journal of Sciences*. 2021; 8(3): 47–52.
23. Saad H.F. The effect of exposing broiler hatching eggs to different periods of ozone dissolved in water on some hatching characters, productive performance of hatched chicks. *European Scholar Journal*. 2024; 5(1): 4–10.
24. Parvin P.A., Zakeri A., Hidarnejad K., Moghaddaszadeh-Ahrabi S. Ozone treatment as a disinfectant of commercial eggs to preserve function quality. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 2020; 90(6): 937–941. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i6.105009>
25. Илюнина А.В., Зыкина Е.А. Озонирование в птицеводстве. *Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2022; 1: 152–154. <https://elibrary.ru/dkrflr>
26. Сизоненко М.Н., Тимченко Л.Д., Ржепаковский И.В. Озонирование инкубационных яиц как путь повышения биотехнологических потенциалов эмбрионального сырья. *Современные достижения биотехнологии. Материалы IV Международной научно-практической конференции*. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет. 2014; 195–198. <https://elibrary.ru/tbvlhz>
27. Шахбанов М.Ш. Актуальность и перспективы исследования влияния озона на развитие куриного эмбриона. *Биотехнология: взгляд в будущее*. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет. 2020; 263–266. <https://elibrary.ru/vxpyub>
28. Строев Н.Н., Астахова Т.С. Разработка эффективной системы электропитания озонатора промышленного назначения. *Энергетика, информатика, инновации-2023. Материалы XIII Международной научно-технической конференции*. Смоленск: Универсиум. 2023; 124–128. <https://elibrary.ru/vlmjji>
29. Слободскова А.А., Кузьмина Т.А. К вопросу обработки инкубационных яиц. *Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2022; (2): 110–114. <https://elibrary.ru/jeoyrp>
30. Ulyukina E.A., Gusev S.S., Andreev O.P., Pirogov E.N. Ozone-sorption technology of water purification for agricultural enterprises. *E3S Web of Conferences*. 2023; 402: 09017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340209017>
31. Makhmudov I.E., Aliev M.K., Makhmudova D.E., Musayev Sh.M., Rustamova M.M., Nematov D.B. Static Mixer Apparatus for blending Ozone with water in the Process Pipeline. *E3S Web of Conferences*. 2023; 449: 06014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906014>
32. Vendin S., Manuylenko A., Strakhov V. Results of research on development of electric air ozonizer for livestock rooms. *E3S Web of Conferences*. 2023; 411: 02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102018>
33. Avdeeva V.N., Starodubtseva G.P., Bezgina Yu.A., Zorina E.B., Logacheva E.A. Development of an electrical ozonator for the treatment of agricultural products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1052: 012135. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012135>
15. Svetlov D.A., Boriskin A.S., Dergunova A.V., Vildaiva M.V., Erofeev V.T. Disinfection and Sterilization of Air and Internal Surfaces of Industrial Premises. Akimov P., Vatin N. (eds.). *XXX Russian-Polish-Slovak Seminar Theoretical Foundation of Civil Engineering (RSP 2021)*. Lecture Notes in Civil Engineering; vol. 189. Cham: Springer. 2022; 38–43. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86001-1_5
16. Saipullaev M., Koichuev A., Batyrova A., Gadzhimuradova Z., Mirzoeva T. The disinfecting properties of Penox-1 solutions for sanitation of objects of veterinary supervision. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017503012>
17. Khayrullin M., Rebezov M. Study on the effects of different sterilization methods and storage conditions on milk quality. *Food Science and Technology*. 2023; 43: e53421. <https://doi.org/10.5327/fst.53421>
18. Rebezov M. et al. Application of Electrolyzed Water in the Food Industry: A Review. *Applied Sciences*. 2022; 12(13): 6639. <https://doi.org/10.3390/app12136639>
19. Oliveira G.d.S., McManus C., Salgado C.B., dos Santos V.M. Effects of Sanitizers on Microbiological Control of Hatching Eggshells and Poultry Health during Embryogenesis and Early Stages after Hatching in the Last Decade. *Animals*. 2022; 12(20): 2826. <https://doi.org/10.3390/ani12202826>
20. Motola G., Hafez H.M., Brüggemann-Schwarze S. Assessment of three alternative methods for bacterial disinfection of hatching eggs in comparison with conventional approach in commercial broiler hatcheries. *PLoS ONE*. 2023; 18(3): e0283699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283699>
21. Vozmilov A.G., Astafiev D.V., Ilimbetov R.Yu. Using ozone to disinfect eggs and stimulate the embryonic development of chickens during the incubation period. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2019; 26(5): 811–817 (in Russian). <https://elibrary.ru/biiwgv>
22. Koc S., Aygun A. Effects of Ozone on Egg Shell Microbial Load, Hatching Traits and Chick Performance in Quail Eggs. *Innoriginal: International Journal of Sciences*. 2021; 8(3): 47–52.
23. Saad H.F. The effect of exposing broiler hatching eggs to different periods of ozone dissolved in water on some hatching characters, productive performance of hatched chicks. *European Scholar Journal*. 2024; 5(1): 4–10.
24. Parvin P.A., Zakeri A., Hidarnejad K., Moghaddaszadeh-Ahrabi S. Ozone treatment as a disinfectant of commercial eggs to preserve function quality. *The Indian Journal of Animal Sciences*. 2020; 90(6): 937–941. <https://doi.org/10.56093/ijans.v90i6.105009>
25. Ilyunina A.V., Zykina E.A. Ozonation in poultry farming. *Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex. Collection of materials of the International scientific and practical conference*. Penza: Penza State Agrarian University. 2022; 1: 152–154 (in Russian). <https://elibrary.ru/dkrflr>
26. Sizonenko M.N., Timchenko L.D., Rzhepakovsky I.V. Ozonation of hatching eggs as a way to increase the biotechnological potential of embryonic raw materials. *Modern achievements of biotechnology. Proceedings of the IV International scientific and practical conference*. Stavropol: North-Caucasus Federal University. 2014; 195–198 (in Russian). <https://elibrary.ru/tbvlhz>
27. Shakhbanov M.Sh. Relevance and prospects of studying the influence of ozone on the development of the chicken embryo. *Biotechnology: a look into the future*. Stavropol: Stavropol State Medical University. 2020; 263–266 (in Russian). <https://elibrary.ru/vxpyub>
28. Stroeve N.N., Astakhova T.S. Development of an efficient power supply system for an industrial ozonizer. *Energy, computer science, innovation-2023. Proceedings of the XIII International scientific and technical conference*. Smolensk: Universium. 2023; 124–128 (in Russian). <https://elibrary.ru/vlmjji>
29. Slobodskova A.A., Kuzmina T.A. On the issue of processing hatching eggs. *Vestnik Soveta molodykh uchenykh Ryzanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2022; (2): 110–114 (in Russian). <https://elibrary.ru/jeoyrp>
30. Ulyukina E.A., Gusev S.S., Andreev O.P., Pirogov E.N. Ozone-sorption technology of water purification for agricultural enterprises. *E3S Web of Conferences*. 2023; 402: 09017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340209017>
31. Makhmudov I.E., Aliev M.K., Makhmudova D.E., Musayev Sh.M., Rustamova M.M., Nematov D.B. Static Mixer Apparatus for blending Ozone with water in the Process Pipeline. *E3S Web of Conferences*. 2023; 449: 06014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906014>
32. Vendin S., Manuylenko A., Strakhov V. Results of research on development of electric air ozonizer for livestock rooms. *E3S Web of Conferences*. 2023; 411: 02018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341102018>
33. Avdeeva V.N., Starodubtseva G.P., Bezgina Yu.A., Zorina E.B., Logacheva E.A. Development of an electrical ozonator for the treatment of agricultural products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 1052: 012135. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1052/1/012135>

34. Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A. Modes of treating pre-sowing grain seeds with ozone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 954: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012009>
35. Исмаилов А.А., Тимченко Л.Д., Пенькова Н.И., Амлюева А.З., Агамерзаева М.М. Применение MALDI-TOF масс-спектрометрического анализа для идентификации озонированной *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Естественные и технические науки*. 2022; (7): 69–72. <https://doi.org/10.25633/ETN.2022.07.03>
36. Черников С.В., Тимченко Л.Д., Шахбанов М.Ш., Какулия Е.В., Гусаков Д.А. Динамика корреляционной взаимосвязи между уровнем альфа-фетопротеина, общего белка в гомогенате куриного эмбриона и его морфометрическими показателями. *Современные вопросы биомедицины*. 2024; 8(S1): 16. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_S1_16
37. Сизоненко М.Н., Добрыня Ю.М. Влияние озона на морфологические особенности перепелиного эмбриона. *Физико-химическая биология. II Международная научная интернет-конференция*. Ставрополь: Ставропольский государственный медицинский университет. 2014; 16–18. <https://elibrary.ru/uxblep>
38. Zahoor M.A. et al. Teratogenic Effects of Thiamethoxam (a Neonicotinoid) on Development of Chick Embryo. *Pakistan Veterinary Journal*. 2022; 42(2): 179–184.
39. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Schaumburg, IL: *American Veterinary Medical Association*. 2020; 121. ISBN 978-1-882691-54-8
40. Ржепаковский И.В. и др. Трехмерная рентгеновская микрофотография сердца куриного эмбриона в раннем периоде эмбриогенеза. *Аграрная наука*. 2023; (10): 24–29. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-24-29>
41. Rzhepakovsky I. et al. High-Performance Microcomputing Tomography of Chick Embryo in the Early Stages of Embryogenesis. *Applied Sciences*. 2023; 13(19): 10642. <https://doi.org/10.3390/app131910642>
42. Hoffmann A., Thiele M., Fehlhaber K., Seeger J. Effects of Ozone (O₃) on Survival and Development of Chick Embryos After Gas Exposure *In Ovo*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2005; 34(S1): 20–21. https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00669_44.x
43. Wlazlo L., Drabik K., Al-Shammari K.I.A., Batkowska J., Nowakowicz-Debek B., Gryzińska M. Use of reactive oxygen species (ozone, hydrogen peroxide) for disinfection of hatching eggs. *Poultry Science*. 2020; 99(5): 2478–2484. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.039>
44. Астахова Ю.Ю., Пушкарев Д.Н., Ежова О.Ю., Гадиев Р.Р. Применение антисептического препарата в инкубации яиц. *Мичуринский агрономический вестник*. 2022; (1): 7–11. <https://elibrary.ru/gckxcx>
45. Волонсевич М.А. Использование ультрафиолетового излучения с-спектра для санации длительно хранившихся инкубационных яиц кур. *Сельское хозяйство — проблемы и перспективы. Сборник научных трудов*. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. 2022; 56: 23–32. <https://elibrary.ru/zdintq>
46. Ma Y. et al. OCT based four-dimensional cardiac imaging of a living chick embryo using an impedance signal as a gating for post-acquisition synchronization. *Biomedical Optics Express*. 2022; 13(12): 6595–6609. <https://doi.org/10.1364/BOE.476254>
47. Chen V.S., Morrison J.P., Southwell M.F., Foley J.F., Bolon B., Elmore S.A. Histology Atlas of the Developing Prenatal and Postnatal Mouse Central Nervous System, with Emphasis on Prenatal Days E7.5 to E18.5. *Toxicologic Pathology*. 2017; 45(6): 705–744. <https://doi.org/10.1177/0192623317728134>
48. Xiao X., Yuan D., Wang Y.-X., Zhan X.-A. The Protective Effects of Different Sources of Maternal Selenium on Oxidative Stressed Chick Embryo Liver. *Biological Trace Element Research*. 2016; 172(1): 201–208. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0541-y>
49. Colakoglu F., Selcuk M.L. The Embryotoxic Effects of in Ovo Administered Sunset Yellow FCF in Chick Embryos. *Veterinary Sciences*. 2021; 8(2): 31. <https://doi.org/10.3390/vetsci8020031>
34. Baskakov I.V., Orobinsky V.I., Gievsky A.M., Chernyshov A.V., Gulevsky V.A. Modes of treating pre-sowing grain seeds with ozone. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 954: 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012009>
35. Ismailov A.A., Timchenko L.D., Penkova N.I., Amliueva A.Z., Agamerzaeva M.M. Application of MALDI-TOF mass-spectrometric analysis for identification of ozonated *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Natural and technical sciences*. 2022; (7): 69–72 (in Russian). <https://doi.org/10.25633/ETN.2022.07.03>
36. Chernikov S.V., Timchenko L.D., Shakhbanov M.Sh., Kakulia E.V., Gusakov D.A. Dynamics of the correlation between the level of alpha-fetoprotein, total protein in the chicken embryo homogenate and its morphometric parameters. *Modern Issues of Biomedicine*. 2024; 8(S1): 16 (in Russian). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_S1_16
37. Sizonenko M.N., Dobrynya Yu.M. Effect of ozone on morphological features of quail embryo. *Physicochemical biology. II International scientific internet conference*. Stavropol: Stavropol State Medical University. 2014; 16–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/uxblep>
38. Zahoor M.A. et al. Teratogenic Effects of Thiamethoxam (a Neonicotinoid) on Development of Chick Embryo. *Pakistan Veterinary Journal*. 2022; 42(2): 179–184.
39. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. Schaumburg, IL: *American Veterinary Medical Association*. 2020; 121. ISBN 978-1-882691-54-8
40. Rzhepakovsky I.V. et al. Three-dimensional X-ray microtomography of the heart of a chick embryo in the early period of embryogenesis. *Agrarian science*. 2023; (10): 24–29 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-24-29>
41. Rzhepakovsky I. et al. High-Performance Microcomputing Tomography of Chick Embryo in the Early Stages of Embryogenesis. *Applied Sciences*. 2023; 13(19): 10642. <https://doi.org/10.3390/app131910642>
42. Hoffmann A., Thiele M., Fehlhaber K., Seeger J. Effects of Ozone (O₃) on Survival and Development of Chick Embryos After Gas Exposure *In Ovo*. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2005; 34(S1): 20–21. https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2005.00669_44.x
43. Wlazlo L., Drabik K., Al-Shammari K.I.A., Batkowska J., Nowakowicz-Debek B., Gryzińska M. Use of reactive oxygen species (ozone, hydrogen peroxide) for disinfection of hatching eggs. *Poultry Science*. 2020; 99(5): 2478–2484. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.039>
44. Astakhova Yu.Yu., Pushkarev D.N., Yezhova O.Yu., Gadiev R.R. The use of an antiseptic drug in egg incubation. *Michurin agronomy bulletin*. 2022; (1): 7–11 (in Russian). <https://elibrary.ru/gckxcx>
45. Volonsevich M.A. Use of ultraviolet radiation of the c-spectrum for the sanitation of long-stored hatching eggs of chickens. *Agriculture — problems and prospects. Collection of scientific papers*. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2022; 56: 23–32 (in Russian). <https://elibrary.ru/zdintq>
46. Ma Y. et al. OCT based four-dimensional cardiac imaging of a living chick embryo using an impedance signal as a gating for post-acquisition synchronization. *Biomedical Optics Express*. 2022; 13(12): 6595–6609. <https://doi.org/10.1364/BOE.476254>
47. Chen V.S., Morrison J.P., Southwell M.F., Foley J.F., Bolon B., Elmore S.A. Histology Atlas of the Developing Prenatal and Postnatal Mouse Central Nervous System, with Emphasis on Prenatal Days E7.5 to E18.5. *Toxicologic Pathology*. 2017; 45(6): 705–744. <https://doi.org/10.1177/0192623317728134>
48. Xiao X., Yuan D., Wang Y.-X., Zhan X.-A. The Protective Effects of Different Sources of Maternal Selenium on Oxidative Stressed Chick Embryo Liver. *Biological Trace Element Research*. 2016; 172(1): 201–208. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0541-y>
49. Colakoglu F., Selcuk M.L. The Embryotoxic Effects of in Ovo Administered Sunset Yellow FCF in Chick Embryos. *Veterinary Sciences*. 2021; 8(2): 31. <https://doi.org/10.3390/vetsci8020031>

ОБ АВТОРАХ

Людмила Дмитриевна Тимченко¹

доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник медико-биологического факультета
ltimchenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2011-880X>

Сергей Иванович Писков¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник медико-биологического факультета
spiskov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5558-5486>

Магомед Шамилович Шахбанов¹

ассистент кафедры зоологии и паразитологии медико-биологического факультета
mshakhbanov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2580-7233>

ABOUT THE AUTHORS

Lyudmila Dmitrievna Timchenko¹

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
ltimchenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2011-880X>

Sergey Ivanovich Piskov¹

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
spiskov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5558-5486>

Magomed Shamilovich Shakhbanov¹

Assistant of the Department of Zoology and Parasitology of the Faculty of Medicine and Biology
mshakhbanov@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2580-7233>

Игорь Владимирович Ржепаковский¹

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник медико-биологического факультета
irzhepakovskii@ncfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

Марина Николаевна Сизоненко¹

кандидат биологических наук, научный сотрудник медико-биологического факультета
msizonenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1009-7112>

Светлана Суреновна Аванесян¹

научный сотрудник медико-биологического факультета
savanesian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3536-1247>

Андрей Ашотович Нагдалян¹

кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии факультета пищевой инженерии и биотехнологий
anagdalian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3}

доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²;
доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹Северо-Кавказский федеральный университет, ул. им. Пушкина, 1, Ставрополь, 355002, 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, 620000, Россия

Igor Vladimirovich Rzhepakovsky¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
irzhepakovskii@ncfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2632-8923>

Marina Nikolaevna Sizonenko¹

Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
msizonenko@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1009-7112>

Svetlana Surenovna Avanesyan¹

Researcher of the Faculty of Medicine and Biology
savanesian@ncfu.ru <https://orcid.org/0000-0003-3536-1247>

Andrey Ashotovich Naghdalian¹

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Institute of Food and Industrial Biotechnology, Faculty of Food Engineering and Biotechnology
anagdalian@ncfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6782-2821>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3}

Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²;
Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products³
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

¹North Caucasus Federal University, 1 Pushkin Str., Stavropol, 355002, Russia

²Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

³Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620000, Russia



VI Федеральный ИТ-форум
агропромышленного комплекса
России

SMART AGRO

Цифровая трансформация в АПК

01 ноября 2024 г.



Организатор:



отель Continental,
г. Москва, ул. Тверская, 22

1
день

50
спикеров

400
участников

Снижение опасности токсинов фитопатогенов с помощью композиции органоминерального происхождения

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Загрязнение токсинами фитопатогенов или микотоксинами продовольственного и кормового сырья растительного происхождения представляет серьезную угрозу для получения высококачественной и безопасной агропродукции. Снижение рисков загрязнения растительного сырья микотоксинами зависит от эффективного использования биопрепаратов для уменьшения токсичности микотоксинов.

Методы. Опыты проводили на первичных клетках печени крысы. Первичные клетки печени культивировались в среде DMEM в присутствии 10% фетальной телячьей сыворотки при 37 °C и 5% CO₂. Зеараленон и Т-2 токсин растворяли в смеси ДМСО и 96%-ного спирта в соотношении 1:1. Зеараленон, Т-2-токсин и защитные композиции смешивали и выдерживали совместно в течение 6 часов, после экспозиции добавляли в среду с клеточным монослоем. Концентрацию композиции на бактериальной основе КМБИ-3 для исследований использовали в трех вариантах: 0,4 мг/мл, 2 мг/мл и 4 мг/мл. После 24 часов культивирования клеточный слой с помощью инвертированного микроскопа оценивали по следующим параметрам: процент покрытия поверхности, форма клеток, количество клеточных агрегатов, количество плавающих клеток.

Результаты. Выявлено дозозависимое снижение жизнеспособности клеток при воздействии зеараленона и Т-2 токсина, наибольший токсический эффект наблюдался в дозах от 0,5 × 10⁻⁴ и 8,6 × 10⁻⁸ М и 2,14 × 10⁻⁷ М соответственно. При использовании защитной композиции КМБИ-3 в дозе 4 мг/мл наблюдалось наименьшее отрицательное воздействие зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру. Применение композиции органоминерального происхождения КМБИ-3 способствует повышению жизнеспособности клеток при воздействии токсинов зеараленона и Т-2 токсина, что свидетельствует об активизации пролиферативных процессов в сравнении с группой без применения препаратов. Использование биопрепарата КМБИ-3 снижает патогенное воздействие зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру, повышает устойчивость клеток печени к воздействию токсинов фитопатогенов.

Ключевые слова: фитопатогены, микотоксины, зеараленон, Т-2 токсин, культура клеток, жизнеспособность, биопрепараты

Для цитирования: Валиуллин Л.Р. и др. Снижение опасности токсинов фитопатогенов с помощью композиции органоминерального происхождения. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 62–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-62-66>

Reducing the danger of phytopathogen toxins by using an organomineral composition

ABSTRACT

Relevance. Contamination by toxins of phytopathogens or mycotoxins of food and feed raw materials of plant origin poses a serious threat to the production of high-quality and safe agricultural products. Reducing the risks of contamination of plant raw materials with mycotoxins depends on the effective use of biological products to reduce the toxicity of mycotoxins.

Methods. Experiments were carried out on primary rat liver cells. Primary liver cells were cultured in DMEM medium in the presence of 10% fetal calf serum at 37°C and 5% CO₂. Zearalenone and T-2 toxin were dissolved in a mixture of DMSO and 96% alcohol in a ratio 1:1. Zearalenone T-2 toxin and protective compositions were mixed and aged together for 6 hours and after exposure added to a medium with a cellular monolayer. The concentration of bacterial-based compositions KMBI-3 and KMCI-3 was used for research in three variants: 0.4 mg/ml, 2 mg/ml, 4 mg/ml. After 24 hours of cultivation, the cell layer was evaluated using an inverted microscope according to the following parameters: percentage of surface coverage, cell shape, number of cell aggregates, number of floating cells.

Results. A dose-dependent decrease in cell viability was revealed when exposed to zearalenone and T-2 toxin, the most toxic effect was observed at doses from 0.5 × 10⁻⁴ and 8.6 × 10⁻⁸ M and 2.14 × 10⁻⁷ M, respectively. When using the protective composition KMBI-3 at a dose of 4 mg/ml, the least negative effect of zearalenone and T-2 toxin on cell culture was observed. The use of compositions of organomineral origin KMBI-3 helps to increase cell viability when exposed to the toxins zearalenone and T-2 toxin, which indicates the activation of proliferative processes in comparison with the group without the use of drugs. The use of the biopreparation KMBI-3 reduces the pathogenic effect of zearalenone and T-2 toxin on cell culture, increases the resistance of liver cells to the effects of phytopathogen toxins.

Key words: phytopathogens, mycotoxins, zearalenone, T-2 toxin, cell culture, viability, biologics

For citation: Valiullin L.R. *et. al.* Reducing the danger of phytopathogen toxins by using an organomineral composition. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 62–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-62-66>

УДК 615.9: 632.4; 637.5; 615.099

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-62-66

Л.Р. Валиуллин^{1, 2} ✉

Р.С. Мухаммадиев¹

А.И. Самсонов¹

А.И. Яруллин¹

Д.Н. Мингалеев¹

Ю.В. Зуева²

М.А. Севостьянов²

М.Г. Барышев²

А.М. Ежкова³

¹Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Одинцово, Россия

³Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Казань, Россия

✉ LRValiullin@yandex.ru

Поступила в редакцию: 13.07.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Валиуллин Л.Р., Мухаммадиев Р.С., Самсонов А.И., Яруллин А.И., Мингалеев Д.Н., Зуева Ю.В., Севостьянов М.А., Барышев М.Г., Ежкова А.М.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-62-66

Lenar R. Valiullin^{1, 2} ✉

Rinat S. Muhammadiev¹

Andrey I. Samsonov¹

Ainur I. Yarullin¹

Danil Mingaliev¹

Julia Zueva¹

Mikhail A. Sevostyanov²

Mikhail Baryshev²

Asia M. Yezhkova³

¹Federal Center for toxicological, radiation, and biological safety, Kazan, Russia

²All-Russia Research Institute of Phytopathology, Odintsovo, Russia

³Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

✉ LRValiullin@yandex.ru

Received by the editorial office: 13.07.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Valiullin L.R., Muhammadiev R.S., Samsonov A.I., Yarullin A.I., Mingaliev D.N., Zueva J.V., Sevostyanov M.A., Baryshev M.G., Yezhkova A.M.

Введение/Introduction

Высокая контаминация микроскопическими грибами и их производными — микотоксинами — продовольственного сырья и пищевых продуктов является одной из основных проблем во всем мире. Микотоксины — это токсичные химические вещества, вырабатываемые такими видами грибов, как *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* и *Penicillium*, которые либо фитотоксичны, либо вредны для здоровья человека и животных. Доказано, что борьба с фитопатогенами, вызывающими образование фузариотоксинов, является сложной из-за высокой распространенности продуцента и изменчивости генетического аппарата [1, 2].

Биотрофные грибы фузариум извлекают питательные вещества из живых клеток и тканей организма хозяина за счет продуцирования ими токсинов и гидролитических ферментов, нарушающих метаболические пути на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Грибы рода *Fusarium*, продуцирующие микотоксины, являются основными патогенами в зерновых культурах, таких как пшеница, овес, ячмень и кукуруза [2]. Вторичные метаболиты грибов, такие как фумонизины, Т-2 токсин, дезоксиниваленол (ДОН), зеараленон и другие, могут вызывать различные патологические процессы в организме животных и человека [3, 4].

Зеараленон (ZEA) (ранее известный как токсин F-2) — это нестероидный эстрогенный микотоксин, нарушает репродуктивную функцию у млекопитающих. Наиболее чувствительными к зеараленону среди сельскохозяйственных животных являются свиньи. В настоящее время нет эффективного лекарственного препарата от данного токсина [3, 4].

Токсическое действие ZEA на свиней связано с гипертрофией вульвы и яичников, но не с увеличением молочных желез и матки. При кормлении поросят и свиноматок рационом, содержащим 3,61 мг/кг ZEA, с периода полового созревания до стадии спаривания примерно у 45% этих свинок развились псевдобеременности, вызванные ZEA. Высокие концентрации ZEA индуцируют апоптоз и нарушают пролиферацию гранулезных клеток свиней дозозависимым образом. Опасность зеараленона заключается в том, что он вызывает нарушение трансмембранности митохондрий свиней [5–7].

Токсин Т-2 обладает липофильным характером и может немедленно всасываться из пищеварительного тракта или через слизистые оболочки дыхательных путей [6]. Печень является основным органом метаболизма токсина после его всасывания. После приема внутрь токсин быстро всасывается и выводится с калом и мочой. Период полураспада Т-2 токсина в плазме короткий, элиминация обычно завершается в течение 48 часов в зависимости от режима введения потребляемого количества и видоспецифических различий [7, 8].

В исследованиях *in vitro* с клетками печени животных и человека было показано, что Т-2 токсин слабо метаболизируется гепатоцитами в связи с нарушением ферментной секреции клеток [9–12].

Цель исследования — изучение влияния на первичную клетки печени метаболитов фитопатогенов зеараленона и Т-2 токсина в условиях *in vitro* на фоне применения защитных композиций органоминерального происхождения.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа выполнена с января по июнь 2024 года на базе лаборатории кормов и кормовых добавок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», Казань, Россия).

Объекты исследования: композиция органоминерального происхождения КМБИ-3 (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», Россия), изготовлена из консорциума живых молочнокислых микроорганизмов *Lactobacillus plantarum*, спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis* в среде культивирования; бентонит, полученный с месторождений, расположенный на территории Республики Татарстан; пиримидиновое основание (5-гидроксис-6-метилурацил). В 1 г КМБИ-3 содержится *Lactobacillus plantarum* — не менее 1×10^9 КОЕ (колониеобразующих единиц), *Bacillus subtilis* — не менее 1×10^9 КОЕ, бентонита — не менее 900 мг, 5-гидрокси-6-метилурацила — не менее 100 мг.

Для изучения защитной эффективности композиции органоминерального происхождения КМБИ-3 при сочетании воздействии токсинов фитопатогенов в качестве модели использовали первичные клетки печени и микотоксины зеараленон и Т-2 токсин (ООО НПК «Эврика», Россия).

Первичные клетки печени выделяли из печени лабораторных крыс в лаборатории культур клеток и питательных сред ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» согласно общепринятой методике [13].

В опытах были использованы беспородные белые крысы, самцы и самки, с живой массой от 180 до 200 г. В опыт брали клинически здоровых животных, содержащихся на стандартном рационе и прошедших до начала эксперимента 14-дневный карантин¹.

Эксперименты на животных при получении первичных гепатоцитов проводили согласно правилам, изложенным в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза² и статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ³.

Первичные клетки печени культивировались в среде DMEM («ПанЭко», Россия) с добавлением 10% фетальной телячьей сыворотки («ПанЭко», Россия) при 37 °С и 5% CO₂. Клетки высевали в 96-луночные культуральные планшеты в концентрации 5000 кл/мл, выращивали в инкубаторе MCO-19AIC (Sanyo, Япония) во влажной атмосфере при температуре 37 °С и 5%. Зеараленон и Т-2 токсин растворяли в смеси ДМСО и 96%-ного спирта в соотношении 1:1.

Согласно концентрациям токсинов фитопатогенов проведено распределение на 13 экспериментальных групп клеток печени (контрольная группа и 12 опытных групп): 1-я группа — контрольная, содержащая монослой клеток печени, смесь ДМСО и 96%-ного спирта в соотношении 1:1 (без добавления зеараленона и Т-2 токсина); 2-я группа — опытная, содержащая клетки печени, защитную композицию, зеараленон и Т-2 токсин в дозах 1×10^{-6} и $1,07 \times 10^{-9}$ М; 3–13-я группы — опытные, содержащие клетки печени, защитную композицию, зеараленон и Т-2 токсин в дозах $0,25 \times 10^{-5}$ и $10,7 \times 10^{-9}$, $0,5 \times 10^{-5}$ и $21,5 \times 10^{-9}$, 1×10^{-5} и $42,9 \times 10^{-9}$, $0,25 \times 10^{-4}$ и $6,4 \times 10^{-8}$, $0,5 \times 10^{-4}$ и $8,6 \times 10^{-8}$, 1×10^{-4} и $10,7 \times 10^{-8}$,

¹ ГОСТ 33215-2014 Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур.

² Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, применяющихся для научных целей.

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

0,25 × 10⁻³ и 12,9 × 10⁻⁸, 0,5 × 10⁻³ и 1,5 × 10⁻⁷, 1 × 10⁻³ и 1,7 × 10⁻⁷, 2 × 10⁻³ и 1,9 × 10⁻⁷, 3 × 10⁻³ и 2,14 × 10⁻⁷ М соответственно (табл. 1).

Смесь зеараленона, Т-2 токсина и защитной композиции смешивали, выдерживали совместно в течение 6 часов и после экспозиции добавляли в среду с клеточным монослоем. Концентрацию композиции на бактериальной основе для исследований использовали в трех концентрациях: 0,4 мг/мл, 2 мг/мл и 4 мг/мл. После 24 часов культивирования клеточный слой оценивали по следующим параметрам: жизнеспособность клеток, форма и размер клеток, количество клеточных агрегатов, количество плавающих клеток. Подсчет клеток осуществляли в камере Горяева.

Пролиферативную активность клеточной культуры и ее жизнеспособность при совместном воздействии токсинов на фоне применения защитной композиции оценивали принятым методом окраски трипановым синим по количеству живых и мертвых клеток [3, 14].

Цитотоксичность токсинов на фоне применения защитной композиции определяли по выживаемости культуры клеток методом МТТ-теста, как описано ранее [3].

Подсчет клеток проводили с помощью оптического микроскопа Zeiss Axio Vert.A1 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия). Влияние исследуемых соединений на культурально-морфологические свойства клеток определяли с учетом: коэффициента жизнеспособности — отношение живых клеток к общему количеству (в %); индекса пролиферации — отношение числа выросших клеток к числу засеянных [2]; процента гибели клеток — отношение мертвых клеток, оставшихся после экспозиции с соединением, к общему числу клеток после экспозиции с соединением [15, 16].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли методом вариационной статистики с применением критерия достоверности по Стьюденту программы Microsoft Excel (США). Достоверными считали различия показателей в сравниваемых группах при 95% доверительной вероятности (p ≤ 0,05).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основываясь на ранее полученных результатах по способности препарата КМБИ-3 к деструкции микотоксинов и об отсутствии токсичности в дозах 0,4 мг/мл, 2 мг/мл и 4 мг/мл [14, 15], дальнейшие исследования были направлены на моделирование снижения токсичности микотоксинов зеараленона и Т-2 токсина на клетки печени. Жизнеспособность клеточной культуры печени при совместном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3 представлена на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что при воздействии зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру жизнеспособность клеток во 2–5-й группах уменьшилась незначительно, в 6–13-й группах жизнеспособность клеток сократилась, соответственно, на 31,5%, 39,2%, 45,7%, 50,9%, 57,6%, 62,8%, 67,5% и 76,0% в сравнении с контролем. При использовании защитной композиции КМБИ-3 в дозе 4 мг/мл наблюдалось наименьшее отрицательное воздействие зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру. Жизнеспособность клеток во 2–7-й группах уменьшилась незначительно, в 8–13-й группах жизнеспособность клеток снизилась, соответственно, на 27,3%, 30,9%, 34,0%, 38,7%, 43,0% и 50,8% в сравнении с контролем.

Пролиферативная активность клеточной культуры при совместном воздействии зеараленона и Т-2

Таблица 1. Содержание метаболитов зеараленона и Т-2 токсина при сочетанном влиянии на клетки печени

Table 1. Concentration of zearalenone metabolites and T-2 toxin with combined effect on liver cells

№ группы	Концентрация зеараленона, М/л	Концентрация Т-2 токсина, М/л
	–	–
	1×10 ⁻⁶	1,07×10 ⁻⁹
	0,25×10 ⁻⁵	10,7×10 ⁻⁹
	0,5×10 ⁻⁵	21,5×10 ⁻⁹
	1×10 ⁻⁵	42,9×10 ⁻⁹
	0,25×10 ⁻⁴	6,4×10 ⁻⁸
	0,5×10 ⁻⁴	8,6×10 ⁻⁸
	1×10 ⁻⁴	10,7×10 ⁻⁸
	0,25×10 ⁻³	12,9×10 ⁻⁸
	0,5×10 ⁻³	1,5×10 ⁻⁷
	1×10 ⁻³	1,7×10 ⁻⁷
	2×10 ⁻³	1,9×10 ⁻⁷
	3×10 ⁻³	2,14×10 ⁻⁷

Рис. 1. Жизнеспособность клеточной культуры печени при совместном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3

Fig. 1. Viability of liver cell culture under combined exposure to zearalenone and T-2 toxin against the background of the use of the protective composition КМБИ-3

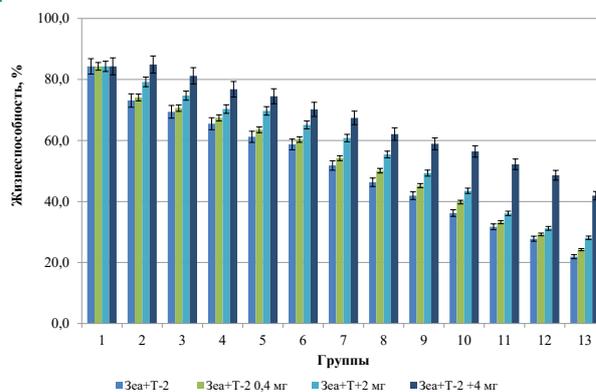
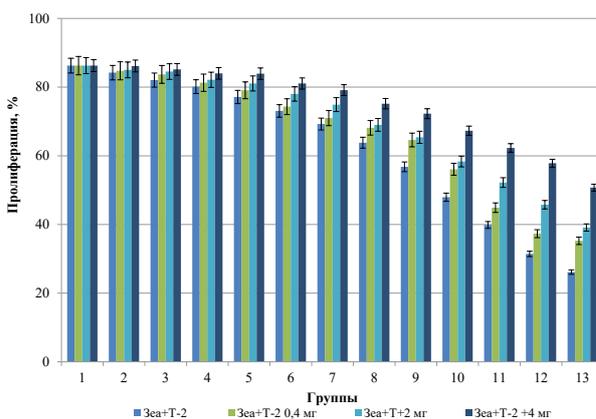


Рис. 2. Пролиферативная активность клеточной культуры при совместном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3, %

Fig. 2. Proliferative activity of cell culture under combined action of zearalenone and T-2 toxin against the background of application of protective composition КМБИ-3, %



токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3 представлена на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что при сочетанном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру пролиферативная активность во 2–6-й группах уменьшилась незначительно, в 7–13-й группах пролиферативная активность клеток уменьшилась, соответственно, на 18,7%, 25,1%, 34,3%, 43,8%, 51,9%, 63,0% и 78,4% в сравнении с контролем. При совместном

использовании зеараленона, Т-2 токсина и защитной композиции КМБИ-3 пролиферативная активность клеточной культуры во 2–8-й группах снизилась незначительно, в 9–13-й группах пролиферативная активность клеток сократилась, соответственно, на 15,2%, 20,3%, 26,9%, 32,8% и 40,1% в сравнении с контролем.

Исход цитотоксических доз при сочетанном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3 представлен на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что при воздействии зеараленона и Т-2 токсина на клеточную культуру цитотоксичность во 2–6-й группах уменьшилась незначительно, в 7–13-й группах при воздействии зеараленона и Т-2 токсина наблюдалось понижение цитотоксического индекса, соответственно, на 18,7%, 24,6%, 32,0%, 41,0%, 58,7%, 64,0% и 78,4% в сравнении с контролем.

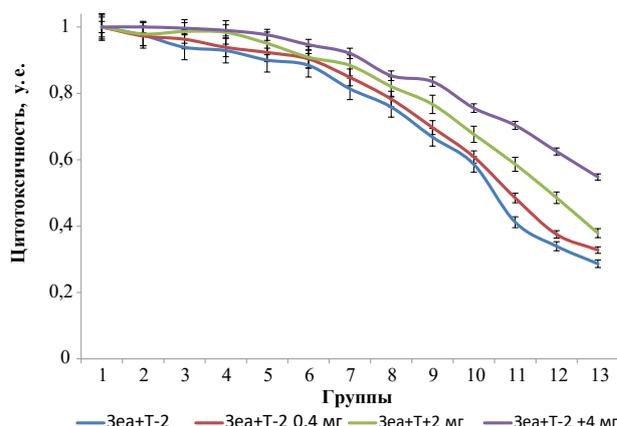
При воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне использования композиции КМБИ-3 значительный положительный результат наблюдался при дозе 4 мг/мл. При совместном использовании Т-2 токсина и композиции КМБИ-3 цитотоксический индекс клеточной культуры во 2–8-й группах понизился незначительно, в 9–13-й группах величина цитотоксического индекса клеток сократилась относительно контроля на 17,1%, 24,3%, 30,5%, 38,0% и 45,1% соответственно.

Выводы/Conclusions

Изученные цитотоксические исследования токсинов фитопатогенов зеараленона и Т-2 токсина указывают на их способность снижать жизнеспособность, подавлять пролиферативную активность клеток в низких концентрациях.

Рис. 3. Исход цитотоксических доз при сочетанном воздействии зеараленона и Т-2 токсина на фоне применения защитной композиции КМБИ-3

Fig. 3. The outcome of cytotoxic doses with the combined effect of zearalenone and T-2 toxin against the background of the use of the protective composition КМБИ-3



Применение КМБИ-3 показало эффективное снижение цитотоксичности зеараленона и Т-2 токсина более чем на 40% после сочетанного воздействия. Кроме того, анализ цитометрии клеток показал, что применение препарата КМБИ-3 в дозе 4 мг/мл вызвало значительное повышение жизнеспособности клеток печени при токсическом воздействии зеараленона и Т-2 токсина.

Полученные данные открывают понимание перспектив использования защитных композиционных препаратов для борьбы с фитопатогенами, их высокотоксичными метаболитами в сельскохозяйственном производстве.

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 гранта Российского научного фонда (проект 23-26-00161).

FUNDING

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation (project 23-26-00161).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Будынкoв Н.И., Михалева С.Н., Прoскурин А.В. Динамика доминирующих факультативных паразитов грибной природы в полевых агроценозах с минимальной обработкой почвы в западной части Волгоградской области. *Агрoхимия*. 2021; (1): 62–69. <https://doi.org/10.31857/S0002188121010038>
- Соколова Г.Д., Будынкoв Н.И., Целипанова Е.Е., Глинuшкин А.П. Разнообразие видов в комплексе *Fusarium solani* (*neocosmospora*) и их патогенность для растений и человека. *Микология и фитопатология*. 2022; 56(1): 3–15. <https://doi.org/10.31857/S0026364822010123>
- Мухаммадиев Р.С. и др. Оценка цитотоксичности трихотецена *Fusarium sp.* на линию рака молочной железы *in vitro*. *Сибирский онкологический журнал*. 2019; 18(6): 90–95. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-6-90-95>
- Pleadin J. *et al.* The effect of thermal processing on the reduction of deoxynivalenol and zearalenone cereal content. *Croatian journal of food science and technology*. 2019; 11(1): 44–51. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2019.11.1.06>
- Malekinejad H. *et al.* Exposure of Oocytes to the *Fusarium* Toxins Zearalenone and Deoxynivalenol Causes Aneuploidy and Abnormal Embryo Development in Pigs. *Biology of Reproduction*. 2007; 77(5): 840–847. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.107.062711>
- Valiullin L.R. *et al.* Search for antagonists to protect plant raw materials from pathogens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012005>
- Statsyuk N.V., Popletaeva S.B., Shcherbakova L.A. Post-Harvest Prevention of Fusariotoxin Contamination of Agricultural Products by Irreversible Microbial Biotransformation: Current Status and Prospects. *BioTech*. 2023; 12(2): 32. <https://doi.org/10.3390/biotech12020032>

REFERENCES

- Budyukov N.I., Mikhaleva S.N., Proskurin A.V. Dynamics of dominant facultative parasites of fungal nature in field agrocenoses with minimal soil treatment in the western part of the Volgograd region. *Agricultural Chemistry*. 2021; (1): 62–69 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121010038>
- Sokolova G.D., Budyukov N.I., Tselipanova E.E., Glinushkin A.P. Species diversity in *Fusarium solani* complex (*neocosmospora*) and its pathogenicity for plants and animals. *Mycology and Phytopathology*. 2022; 56(1): 3–15 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0026364822010123>
- Mukhammadiev R.S. *et al.* An *in vitro* estimation of cytotoxicity of *Fusarium trichothecene* on the breast cancer cell line. *Siberian journal of oncology*. 2019; 18(6): 90–95 (in Russian). <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-6-90-95>
- Pleadin J. *et al.* The effect of thermal processing on the reduction of deoxynivalenol and zearalenone cereal content. *Croatian journal of food science and technology*. 2019; 11(1): 44–51. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2019.11.1.06>
- Malekinejad H. *et al.* Exposure of Oocytes to the *Fusarium* Toxins Zearalenone and Deoxynivalenol Causes Aneuploidy and Abnormal Embryo Development in Pigs. *Biology of Reproduction*. 2007; 77(5): 840–847. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.107.062711>
- Valiullin L.R. *et al.* Search for antagonists to protect plant raw materials from pathogens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 663: 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012005>
- Statsyuk N.V., Popletaeva S.B., Shcherbakova L.A. Post-Harvest Prevention of Fusariotoxin Contamination of Agricultural Products by Irreversible Microbial Biotransformation: Current Status and Prospects. *BioTech*. 2023; 12(2): 32. <https://doi.org/10.3390/biotech12020032>

8. Abramov V.M. et al. Anti-Salmonella Defence and Intestinal Homeostatic Maintenance In Vitro of a Consortium Containing *Limosilactobacillus fermentum* 3872 and *Ligilactobacillus salivarius* 7247 Strains in Human, Porcine, and Chicken Enterocytes. *Antibiotics*. 2024; 13(1): 30. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010030>

9. Kochish I.I., Nikonov I.N., Selina M.V. Изучение влияния минерала шунгит на микробиоту кишечника кур-несушек. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022; (1): 34–42. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202201005>

10. Стацюк Н.В., Шчербакова Л.А., Микитюк О.Д., Назарова Т.А., Джавахия В.Г. Биодegradация микотоксинов микробными метаболитами. *Растения и микроорганизмы: биотехнология будущего. Вторая Международная научная конференция PLAMIC2020. Сборник тезисов*. Саратов. 2020; 234. <https://elibrary.ru/vmyzps>

11. Nikitina E., Petrova T., Vafina A., Ezhkova A., Nait Yahia M., Kayumov A. Textural and Functional Properties of Skimmed and Whole Milk Fermented by Novel *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 Strain Isolated from Silage. *Fermentation*. 2022; 8(6): 290. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060290>

12. Будынкoв Н.И., Михалева С.Н. Прогрессирующее накопление опасных фузариев на зерне озимой пшеницы в хозяйствах юга России (2014–2020 гг.). *Агрохимия*. 2022; (1): 66–77. <https://doi.org/10.31857/S0002188122010057>

13. Скуратов А.Г., Петренев Д.Р. Выделение изолированных гепатоцитов. *Проблемы здоровья и экологии*. 2013; (4): 114–118. <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2013-10-4-22>

14. Valiullin L.R. et al. Механизмы снижения контаминации фитопатогенами и их метаболитами растительного сырья. *Биологическая защита растений — основа стабилизации агроэкосистем. Материалы Международной научно-практической конференции*. Краснодар: ЭДВИ. 2022; 11: 96–103. <https://elibrary.ru/vrxvuj>

15. Valiullin L.R. Study of Reducing the Danger of T-2 Toxin When Using a Drug of Organomineral Origin. *Biogeosystem Technique*. 2023; 10(2): 74–80. <https://doi.org/10.13187/bgt.2023.2.74>

16. Janik E., Niemcewicz M., Podogrocki M., Ceremuga M., Stela M., Bijak M. T-2 Toxin — The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. *Molecules*. 2021; 26(22): 6868. <https://doi.org/10.3390/molecules26226868>

ОБ АВТОРАХ

Ленар Рашитович Валиуллин^{1, 2}
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник¹;
кандидат биологических наук, научный сотрудник²
LRValiullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

Ринат Салаватович Мухаммадиев¹
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
tanirtashir@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

Андрей Иванович Самсонов¹
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
andreykaz82@yandex.ru
<https://orcid.org/>

Айнур Ильнурович Яруллин¹
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
abii@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1717-0498>

Данил Наильевич Мингалеев¹
доктор ветеринарных наук, профессор, временно исполняющий обязанности директора
damin80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7217-4083>

Юлия Варисовна Зуева¹
младший научный сотрудник
zueva2310@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-3704-0055>

Михаил Анатольевич Севостьянов²
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
cmakp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2652-8711>

Михаил Геннадьевич Барышев²
доктор биологических наук, профессор
vniif@vniif.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2130-3516>

Асия Мазетдиновна Ежкова³
доктор биологических наук, профессор
egkova-am@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5526-2214>

¹Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Научный городок — 2, Казань, 420075, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, ул. Институт, 5, раб. пос. Большие Вязёмы, Одинцовский р-н, Московская обл., 5143050, Россия

³Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Сибирский тракт, 35, Казань, 420029, Россия

8. Abramov V.M. et al. Anti-Salmonella Defence and Intestinal Homeostatic Maintenance In Vitro of a Consortium Containing *Limosilactobacillus fermentum* 3872 and *Ligilactobacillus salivarius* 7247 Strains in Human, Porcine, and Chicken Enterocytes. *Antibiotics*. 2024; 13(1): 30. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13010030>

9. Kochish I.I., Nikonov I.N., Selina M.V. Study of the influence of the shungite mineral on the intestinal microbiota of laying hen. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022; (1): 34–42 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202201005>

10. Statsyuk N.V., Shcherbakova L.A., Mikityuk O.D., Nazarova T.A., Dzhavakhiya V.G. Mycotoxin degradation by microbial metabolites. *Plants and Microbes: the Future of Biotechnology. Second International Scientific Conference PLAMIC2020. Abstract book*. Saratov. 2020; 234. <https://elibrary.ru/vmyzps>

11. Nikitina E., Petrova T., Vafina A., Ezhkova A., Nait Yahia M., Kayumov A. Textural and Functional Properties of Skimmed and Whole Milk Fermented by Novel *Lactiplantibacillus plantarum* AG10 Strain Isolated from Silage. *Fermentation*. 2022; 8(6): 290. <https://doi.org/10.3390/fermentation8060290>

12. Budynkow N.I., Mikhaleva S.N. Progressive Accumulation of Harmful Fusariums on the Winter Wheat Grain on Farms in the South of Russia (2014–2020). *Russian Agricultural Sciences*. 2022; 48(S1): S103–S113. <https://doi.org/10.3103/s1068367422070060>

13. Skuratov A.G., Petrenov D.R. Isolation of hepatocytes. *Health and Ecology Issues*. 2013; (4): 114–118 (in Russian). <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2013-10-4-22>

14. Valiullin L.R., et al. Mechanisms of reducing contamination by phytopathogens and metabolites of plant raw materials. *Biological plant protection is the basis of agroecosystems stabilization. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Krasnodar: EDVI. 2022; 11: 96–103 (in Russian). <https://elibrary.ru/vrxvuj>

15. Valiullin L.R. Study of Reducing the Danger of T-2 Toxin When Using a Drug of Organomineral Origin. *Biogeosystem Technique*. 2023; 10(2): 74–80. <https://doi.org/10.13187/bgt.2023.2.74>

16. Janik E., Niemcewicz M., Podogrocki M., Ceremuga M., Stela M., Bijak M. T-2 Toxin — The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. *Molecules*. 2021; 26(22): 6868. <https://doi.org/10.3390/molecules26226868>

ABOUT THE AUTHORS

Lenar Rashitovich Valiullin^{1, 2}
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher¹;
Candidate of Biological Sciences, Researcher²
LRValiullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

Rinat Salavatovich Mukhammadiev¹
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
tanirtashir@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2524-9609>

Andrey Ivanovich Samsonov¹
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
andreykaz82@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8059-5344>

Ainur Ilnurovich Yarullin¹
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
abii@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1717-0498>

Danil Nailevich Mingaleev¹
Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Acting Director
damin80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7217-4083>

Julia Varisovna Zueva¹
Junior Research Assistant
zueva2310@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-3704-0055>

Mikhail Anatolyevich Sevostyanov²
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
cmakp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2652-8711>

Mikhail Gennadievich Baryshev²
Doctor of Biological Sciences, Professor
vniif@vniif.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2130-3516>

Asia Mazetdinovna Yezhkova³
Doctor of Biological Sciences, Professor
egkova-am@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5526-2214>

¹Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Scientific town — 2, Kazan, 420075, Russia

²All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, 5 Institute Str., work settlement Bolshye Vyazemy, Odintsovo district, Moscow region, 5143050, Russia

³Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 35 Sibirsky trakt, Kazan, 420029, Russia

УДК 636.39.034:636.085/087

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-67-71

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: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В.,
Дускаев Г.К.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-67-71

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: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K.

Изменение молочной продуктивности и качества молока козوماتок при включении в рацион жмыха и пробиотика

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из решений по сокращению пищевых отходов является попытка извлечь максимальную пользу из них и их побочных продуктов. В эксперименте дана оценка молочной продуктивности и качества молока лактирующих козوماتок нигерийской породы при использовании конопляного жмыха на фоне пробиотического вещества.

Методика. Исследования проводили в 2 этапа: в 1-м опыте изучали влияние на переваримость питательных компонентов корма в результате включения в рацион коз отходов масложировой промышленности в объеме 5% конопляного (КЖ) жмыха, во 2-м опыте в опытную группу дополнительно включали ферментативный пробиотический препарат «Целлобактерин+» (ООО «Биотроф») в дозировке 10 г/гол/сут.

Результаты. По результатам исследований установлено, что включение в рацион лактирующих козوماتок конопляного жмыха не оказывало отрицательного влияния на удой и качество молока, что способствовало снижению себестоимости его производства. Дополнительное введение в рацион пробиотического препарата «Целлобактерин+» способствовало увеличению надоя молока у коз в условиях Южного Урала и улучшению химического состава молока, в частности повышению содержания жира и белка.

Ключевые слова: молочные козы, кормление, жмых, продуктивность, пробиотик, молоко

Для цитирования: Кислова Д.А., Шейда Е.В., Кван О.В., Дускаев Г.К. Изменение молочной продуктивности и качества молока козوماتок при включении в рацион жмыха и пробиотика. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 67–71.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-67-71>

Changes in milk productivity and quality of goat milk when including cake and probiotic in the diet

ABSTRACT

Relevance. One of the solutions to reduce food waste is to try to get the most out of food waste and by-products. The experiment assessed the milk productivity and milk quality of lactating Nigerian goat goats when using hemp cake on the background of a probiotic substance.

Methodology. The research was carried out in 2 stages: in the 1st experiment, the effect on the digestibility of nutritional components of feed was studied as a result of the inclusion of waste from the fat and oil industry in the diet of goats in the amount of 5% hemp (QL) cake, in the 2nd experiment, the enzymatic probiotic drug “Cellobacterin+” (“Biotrof” LLC) was additionally included in the experimental group at a dosage of 10 g/goat/day.

Results. According to the research results, it was found that the inclusion of hemp cake in the diet of lactating goat goats did not have a negative effect on milk yield and milk quality, and contributed to a reduction in the cost of its production. The additional introduction of the probiotic drug “Cellobacterin+” into the diet contributed to an increase in milk yield in goats, in the conditions of the Southern Urals, and improved the chemical composition of milk, in particular, increased fat and protein content.

Key words: dairy goats, feeding, cake, productivity, probiotic, milk

For citation: Kislova D.A., Sheida E.V., Kvan O.V., Duskaev G.K. Changes in milk productivity and quality of goat milk when including cake and probiotic in the diet. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 67–71 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-67-71>

Введение/Introduction

Постоянный рост населения планеты непосредственно влияет и на активное развитие сельского хозяйства, и, конечно же, возникает потребность в поиске альтернативных источников белка для замены часто используемого в рационах соевого шрота в животноводстве [1].

Применение альтернативных кормов считается одним из путей для укрепления кормовой базы. Кроме того, одним из решений по сокращению пищевых отходов является попытка извлечь максимальную пользу из пищевых отходов и побочных продуктов. Побочные продукты производства пищевого масла используются в питании животных для удовлетворения потребностей жвачных в энергии и белке [2].

На сегодняшний день для решения вопроса интерес ученых обращается к семенам конопли, так как для них характерна достаточно высокая питательная ценность, что дает возможность использовать их в качестве корма, а также они являлись бы доступными с экономической точки зрения [3, 4]. Так, доля линолевой кислоты в конопляном масле составляет более 50%, в то время как доля линоленовой составляет более 20% от всей массовой доли жирных кислот, что в свою очередь намного выше, чем их количество в других растительных маслах [5].

Кроме того, возможна предварительная обработка жмыхов. Или совместное использование с пробиотическими веществами с целью увеличения питательности корма [6].

Известно, что пробиотики по своим функциональным свойствам не уступают антибиотическим кормовым препаратам за счет повышения переваримости корма, оказывают в свою очередь положительное действие как на состояние желудочно-кишечного тракта, так и на продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы.

По результатам исследований уже известно, что при совмещении ферментативной и пробиотической активности увеличивается эффект его действия [7, с. 234].

Отходы масложировой промышленности, помимо того что являются альтернативой белковых кормов, в своем составе могут содержать и антипитательные вещества, способные снижать эффективность кормов [8], что может привести к увеличению патогенных микроорганизмов и нарушению микрофлоры кишечника. Таким образом, актуальным считается вариант рассмотрения их совместного применения в кормлении сельскохозяйственных животных, в частности на козах.

Цель работы — изучить влияние совместного применения конопляного жмыха и «Целлобактерина+» на молочную продуктивность и качество полученного молока.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Экспериментальные исследования были проведены в летний период 2023 года, в качестве объекта использованы козочки нигерийской породы со средней живой массой 40–45 кг 3–4-го периода лактации.

Работа проводилась в фермерском хозяйстве «Соловушка» (Оренбургский р-н, Оренбургская обл., Россия).

В хозяйстве используется стойлово-пастбищный беспривязный метод содержания дойных коз.

За весь период исследования провели две серии экспериментов, в каждой из серий были две группы — контрольная и опытная ($n = 18$), которые формировались методом пар-аналогов, где оценивались продуктивность козочек, возраст и время окота. Продолжительность всего эксперимента — 35 дней, из них 15 — подготовительный период, в котором все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания.

Рацион коз включал (кг/сут): сено луговое разнотравное — 1,5 кг; комбикорм полнорационный 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).

Исследования проводили в два этапа: на 1-м этапе провели оценку влияния конопляного жмыха 5% от всего рациона на переваримость питательных веществ; во время 2-го этапа оценивали влияние совместного использования конопляного жмыха и «Целлобактерина+» (ООО «Биотроф») в дозировке 10 г/гол/сут (табл. 1). Второй этап включал два периода исследований — А и Б: А — ОР + КЖ (основной рацион с конопляным жмыхом 5%), Б — ОР + КЖ + Ц (основной рацион с конопляным жмыхом 5% совместно с «Целлобактерин+»).

В течение опытов постоянно проводили наблюдения за физиологическим состоянием коз, ежедневно учитывали сохранность поголовья, расход и поедаемость кормов. Изменение живой массы коз в учетный период определяли путем индивидуального взвешивания животных на напольных цифровых весах в начале и конце опыта. О результатах кормления судили по изменениям среднесуточных удоев и качества молока.

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).

Оценка органолептических и физико-химических показателей молока проводилась через каждые 10 дней, отбор проб и подготовка их к анализу — по ГОСТ 26809.1-2014¹.

Правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу, органолептических показателей молока — по ГОСТ 32940-2014², физико-химических показателей молока (массовая доля жира, белка, СОМО, лактозы, золы, плотность, температура замерзания) — на приборе «Клевер 2» (Россия), титруемая кислотность молока — по ГОСТ Р 54669-2011³, содержание кальция и фосфора — соответственно, по ГОСТ ISO12081-2013⁴ и ГОСТ 31584-2012⁵.

Табл. 1. Схема эксперимента

Table 1. Scheme of the experience

Периоды опыта	Группа	Кол-во, гол.	Продолжительность, дни	Особенности кормления
Подготовительный	Контроль	18	15	ОР
	опытная			
1-й этап	контроль	18	20	ОР
	опытная			ОР + КЖ
2-й этап	период А	18	20	ОР + КЖ
	период Б			ОР + КЖ + Ц

¹ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция.

² ГОСТ 32940-2014 Молоко козье сырое. Технические условия.

³ ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности.

⁴ ГОСТ ISO12081-2013 Молоко. Определение содержания кальция. Титриметрический метод.

⁵ ГОСТ 31584-2012 Межгосударственный стандарт. Молоко. Спектрофотометрический метод определения массовой доли общего фосфора молока.

Химический состав корма, кала, молока были определены в центре коллективного пользования научного оборудования Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук⁶.

Статистический анализ выполняли с использованием методик ANOVA (программный пакет Statistica 10.0, Statsoftinc. и Microsoft Excel США). 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»⁷ и The Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D.C., 1996).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ образцов козьего молока при добавлении конопляного жмыха в рацион, выявил следующие результаты (рис. 1).

В экспериментальной группе по сравнению с контрольной наблюдались небольшое снижение массовой доли жира (на 0,08%), массовой доли СОМО (на 0,1%), уменьшение содержания массовой доли сухих веществ (на 0,17%) и плотности (на 0,25%). При кормлении коз конопляным жмыхом наблюдалось увеличение содержания массовой доли белка в молоке по сравнению с контрольной группой, которое составило 0,04%.

В отличие от контрольной группы, животные опытной группы не продемонстрировали значительных изменений в среднем суточном удое. Различия в объемах выделенного молока были индивидуальными и не носили системного характера (рис. 2).

Так, при сравнении с контролем отметим, что разница по удою в среднем составила меньше 0,02 л. Если рассматривать этот результат за весь экспериментальный период (30 дней), то в абсолютном значении отличия составили 0,2 л. Следует указать на тот факт, что включение конопляного жмыха в рацион козам не оказывает негативного влияния на качество молока и их удой. Схожие результаты были получены и другими исследователями [9].

Ž.K. Šalavardić *et al.* (2021 г.) и T.M. Winders *et al.* (2023 г.) в своих исследованиях получили результат: при замене соевого шрота на конопляный жмых в кормлении коз в дозировке 60 г/кг улучшаются показатели химического состава молока и биохимические параметры крови у экспериментальных животных [10, 11], так же как и в данных исследованиях. Увеличение дозировки конопляного жмыха в составе рациона до 100 г/кг корма и лучше усвояемость питательных веществ в печени и мясе [12].

Таким образом, дополнительное введение конопляного жмыха в рацион лактирующих коз нигерийской породы способствует увеличению массовой доли белка в молоке на 0,04%, однако включение отходов масложировой промышленности не повлияло на удой молока и его качество.

Помимо введения конопляного жмыха, был проведен анализ производительности молока при совместном

Рис. 1. Показатели качества молока коз нигерийской породы при включении в рацион конопляного жмыха, %

Fig. 1. Indicators of the quality of milk of Nigerian goats when hemp cake is included in the diet, %

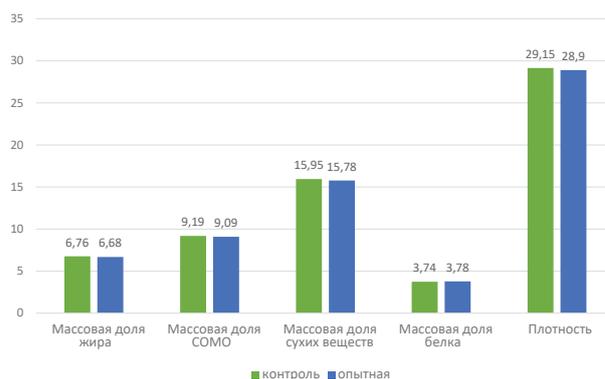


Рис. 2. Молочная продуктивность коз при включении в рацион конопляного жмыха, л

Fig. 2. Dairy productivity of goats when hemp cake is included in the diet, L

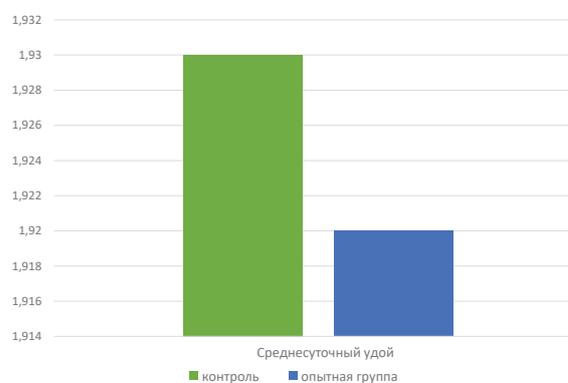
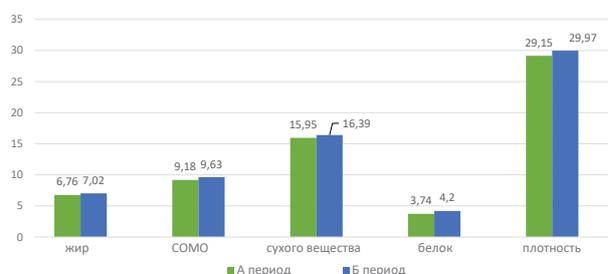


Рис. 3. Химический состав молока, %

Fig. 3. Chemical composition of milk, %



введении конопляного жмыха и «Целлобактерина+» в рацион козотаток нигерийской породы.

За период А экспериментального исследования не было значимых изменений в производительности молока у лактирующих козотаток. Отметим, что в периоде Б выявлены небольшие изменения в сторону увеличения. При расчете среднесуточного удоя в периоде А не было выявлено значимых различий, в периоде Б выявлено повышение удоя за сутки на 4,7%. За весь период лактации продуктивность повысилась в целом на 2,1 л.

По результатам экспериментальных исследований состав молока коз нигерийской породы в периоде А изменялся по содержанию белка, жира, сухого вещества при сравнении с периодом Б (рис. 3).

Дополнительное введение конопляного жмыха привело к увеличению массовой доли жира на 0,3%,

⁶ <https://цкп-бст.рф/>

⁷ https://rscf.ru/fondfiles/PotE_rus.pdf

показатель массовой доли СОМО повысился на 0,44%, содержание массовой доли белка и сухого вещества при сравнении периодов между собой увеличилось на 0,5% и на 0,44% соответственно.

Результаты, полученные при совместном введении в рацион конопляного жмыха и «Целлобактерина+», указывают на положительное влияние последнего на основные показатели молока козوماتок (в частности, отмечается увеличение массовой доли жира, белка, сухого вещества и СОМО (рис. 4).

Согласно экспериментальным данным, полученным авторами, при включении бобового или льняного масла в дозировке 20 мкл (один раз в день) в рацион козوماتкам наблюдается повышение уровня летучих жирных кислот, пропионата и глюкозы в гематологических показателях крови, что непосредственно оказывает влияние и на состав молока (в частности, на уровень жирных кислот) [13].

В работе [14] представлены данные, в которых наблюдаются повышение количества ненасыщенных жирных кислот, конъюгированной линолевой кислоты в составе молока, уменьшение уровня насыщенных жирных кислот.

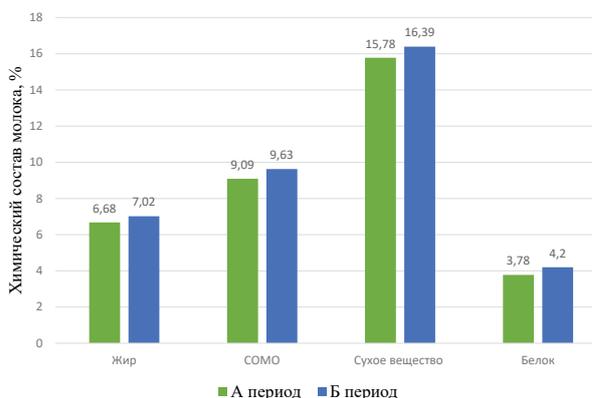
В исследованиях [15] отмечено повышение уровня конъюгированной линолевой кислоты в молоке коз при включении в рацион масла канолы. Схожие результаты были получены и в данных исследованиях.

Благотворное влияние пробиотика в составе рационов молочных лактирующих коз может быть связано с описанным ранее [16] антибактериальным механизмом действия его гидроксिलированного бактериоцина, влиянием на микробное сообщество бактерий жвачных [17].

Положительное влияние совместного использования пробиотических и фитохимических веществ в составе рационов сельскохозяйственной птицы и механизмы их действия ранее были описаны [18–21].

Рис. 4. Химический состав молока коз нигерийской породы при использовании конопляного жмыха в сочетании с ферментным препаратом «Целлобактерин+», %

Fig. 4. Chemical composition of Nigerian goat milk when using hemp cake in combination with the enzyme preparation "Cellobacterin+", %



В результате экспериментальных данных получено: совместное использование конопляного жмыха и «Целлобактерина+» оказывает непосредственное влияние на продуктивность молока козوماتок, повышает качество молока, а именно содержание жира и белка.

Выводы/Conclusions

Таким образом, включение в рацион лактирующих козوماتок нигерийской породы, конопляного жмыха, богатого белком, увеличивало массовую долю белка в молоке на 0,04% ($p \leq 0,05$).

Дополнительное введение в рацион пробиотического препарата «Целлобактерин+» способствовало увеличению молочной продуктивности: в I группе среднесуточный удой увеличился на 4,7%, удой за 30 дней лактации — на 2,1 л; во II группе среднесуточный удой увеличился на 2,1%, удой за эксперимент — на 1,5 л.

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

- Ancuta P., Sonia A. Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review. *Applied Sciences*. 2020; 10(21): 7432. <https://doi.org/10.3390/app10217432>
- Rao M., Bast A., de Boer A. Valorized Food Processing By-Products in the EU: Finding the Balance between Safety, Nutrition, and Sustainability. *Sustainability*. 2021; 13(8): 4428. <https://doi.org/10.3390/su13084428>
- Nudda A. *et al.* Sheep and Goats Respond Differently to Feeding Strategies Directed to Improve the Fatty Acid Profile of Milk Fat. *Animals*. 2020; 10(8): 1290. <https://doi.org/10.3390/ani10081290>
- Rakita S. *et al.* Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. *Foods*. 2023; 12(3): 432. <https://doi.org/10.3390/foods12030432>
- Halmemies-Beauchet-Filleau A. *et al.* Review: Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*. 2018; 12(s2): s295–s309. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002252>
- Farinon B., Molinari R., Costantini L., Merendino N. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*. 2020; 12(7): 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Leson G. Hemp seeds for nutrition. Bouloc P. (ed.). Hemp: Industrial production and uses. Wallingford, UK: CABI Publishing. 2013; 229–238. <https://doi.org/10.1079/9781845937935.0229>

REFERENCES

- Ancuta P., Sonia A. Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review. *Applied Sciences*. 2020; 10(21): 7432. <https://doi.org/10.3390/app10217432>
- Rao M., Bast A., de Boer A. Valorized Food Processing By-Products in the EU: Finding the Balance between Safety, Nutrition, and Sustainability. *Sustainability*. 2021; 13(8): 4428. <https://doi.org/10.3390/su13084428>
- Nudda A. *et al.* Sheep and Goats Respond Differently to Feeding Strategies Directed to Improve the Fatty Acid Profile of Milk Fat. *Animals*. 2020; 10(8): 1290. <https://doi.org/10.3390/ani10081290>
- Rakita S. *et al.* Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. *Foods*. 2023; 12(3): 432. <https://doi.org/10.3390/foods12030432>
- Halmemies-Beauchet-Filleau A. *et al.* Review: Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*. 2018; 12(s2): s295–s309. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002252>
- Farinon B., Molinari R., Costantini L., Merendino N. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*. 2020; 12(7): 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Leson G. Hemp seeds for nutrition. Bouloc P. (ed.). Hemp: Industrial production and uses. Wallingford, UK: CABI Publishing. 2013; 229–238. <https://doi.org/10.1079/9781845937935.0229>

8. Budžaki S., Strelec I., Krnić M., Alilović K., Tišma M., Zelić B. Proximate analysis of cold-press oil cakes after biological treatment with *Trametes versicolor* and *Humicola grisea*. *Engineering in Life Sciences*. 2018; 18(12): 924–931. <https://doi.org/10.1002/elsc.201800033>
9. Mierlija D. Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*. 2018; 48(3): 504–515. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i3.11>
10. Šalavardić Ž.K. et al. Effect of dietary hempseed cake on milk performance and haemato-chemicals in lactating Alpine dairy goats. *Animal*. 2021; 15(7): 100255. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100255>
11. Winders T.M. et al. Feeding hempseed cake alters the bovine gut, respiratory and reproductive microbiota. *Scientific Reports*. 2023; 13: 8121. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35241-1>
12. Semwogerere F., Chikwanha O.C., Katiyatiya C.L.F., Marufu M.C., Mapiye C. Bioavailability of bioactive phytochemicals in selected tissues and excreta from goats fed hempseed cake (*Cannabis sativa* L.) finisher diets. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55(4): 262. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03676-3>
13. Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lamberet G. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(5): 1751–1770. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73761-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73761-8)
14. Kholif A.E., Morsy T.A., Abd El Tawab A.M., Anele U.Yu., Galyean M.L. Effect of Supplementing Diets of Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(31): 6163–6170. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02625>
15. Mir Z., Goonewardene L.A., Okine E., Jaegar S., Scheer H.D. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*. 1999; 33(2): 137–143. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00016-4)
16. Chakchouk-Mtibaa A., Sellem I., Kamoun Yu., Smaoui S., Karray-Rebai I., Mellouli L. Safety Aspect of *Enterococcus faecium* FL31 Strain and Antibacterial Mechanism of Its Hydroxylated Bacteriocin BacFL31 against *Listeria monocytogenes*. *BioMed Research International*. 2018; 2018: 5308464. <https://doi.org/10.1155/2018/5308464>
17. Murray S.A., Holbert A.C., Norman K.N., Lawhon S.D., Sawyer J.E., Scott H.M. Macrolide-susceptible probiotic *Enterococcus faecium* ST296 exhibits faecal-environmental-oral microbial community cycling among beef cattle in feedlots. *Letters in Applied Microbiology*. 2020; 70(4): 274–281. <https://doi.org/10.1111/lam.13269>
18. Azzaz H.H., Kholif A.E., Murad H.A., Vargas-Bello-Pérez E. A newly developed strain of *Enterococcus faecium* isolated from fresh dairy products to be used as a probiotic in lactating Holstein cows. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 989606. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.989606>
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/BRIAC94.168171>
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>
21. Куванов Т.К., Пименов Н.В., Кореньюга М.В., Найденев Д.А. Иммунотропное действие кормовых добавок на основе метапробиотика и фитобиотика в обеспечении специфического иммунитета цыплят-бройлеров. *Аграрная наука*. 2024; (7): 49–54. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>
8. Budžaki S., Strelec I., Krnić M., Alilović K., Tišma M., Zelić B. Proximate analysis of cold-press oil cakes after biological treatment with *Trametes versicolor* and *Humicola grisea*. *Engineering in Life Sciences*. 2018; 18(12): 924–931. <https://doi.org/10.1002/elsc.201800033>
9. Mierlija D. Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*. 2018; 48(3): 504–515. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i3.11>
10. Šalavardić Ž.K. et al. Effect of dietary hempseed cake on milk performance and haemato-chemicals in lactating Alpine dairy goats. *Animal*. 2021; 15(7): 100255. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100255>
11. Winders T.M. et al. Feeding hempseed cake alters the bovine gut, respiratory and reproductive microbiota. *Scientific Reports*. 2023; 13: 8121. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35241-1>
12. Semwogerere F., Chikwanha O.C., Katiyatiya C.L.F., Marufu M.C., Mapiye C. Bioavailability of bioactive phytochemicals in selected tissues and excreta from goats fed hempseed cake (*Cannabis sativa* L.) finisher diets. *Tropical Animal Health and Production*. 2023; 55(4): 262. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03676-3>
13. Chilliard Y., Ferlay A., Rouel J., Lamberet G. A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(5): 1751–1770. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73761-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73761-8)
14. Kholif A.E., Morsy T.A., Abd El Tawab A.M., Anele U.Yu., Galyean M.L. Effect of Supplementing Diets of Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(31): 6163–6170. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02625>
15. Mir Z., Goonewardene L.A., Okine E., Jaegar S., Scheer H.D. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Ruminant Research*. 1999; 33(2): 137–143. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(99\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00016-4)
16. Chakchouk-Mtibaa A., Sellem I., Kamoun Yu., Smaoui S., Karray-Rebai I., Mellouli L. Safety Aspect of *Enterococcus faecium* FL31 Strain and Antibacterial Mechanism of Its Hydroxylated Bacteriocin BacFL31 against *Listeria monocytogenes*. *BioMed Research International*. 2018; 2018: 5308464. <https://doi.org/10.1155/2018/5308464>
17. Murray S.A., Holbert A.C., Norman K.N., Lawhon S.D., Sawyer J.E., Scott H.M. Macrolide-susceptible probiotic *Enterococcus faecium* ST296 exhibits faecal-environmental-oral microbial community cycling among beef cattle in feedlots. *Letters in Applied Microbiology*. 2020; 70(4): 274–281. <https://doi.org/10.1111/lam.13269>
18. Azzaz H.H., Kholif A.E., Murad H.A., Vargas-Bello-Pérez E. A newly developed strain of *Enterococcus faecium* isolated from fresh dairy products to be used as a probiotic in lactating Holstein cows. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9: 989606. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.989606>
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/BRIAC94.168171>
20. Инчагова К.С., Дускаев Г.К., Дерябин Д.Г. 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 (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0026261719010132>
21. Kuvanov T.K., Pimenov N.V., Korenyuga M.V., Naydenov D.A. Immunotropic effect of feed additives based on metaprobiotics and phytobiotics in providing specific immunity in broiler chickens. *Agrarian science*. 2024; (7): 49–54 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-49-54>

ОБ АВТОРАХ

Дарья Алексеевна Кислова

кандидат сельскохозяйственных наук
yy-yyy@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7500-137X>

Елена Владимировна Шейда

доктор биологических наук,
научный сотрудник
elena-shejida@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

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 Agricultural Sciences
yy-yyy@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7500-137X>

Elena Vladimirovna Sheida

Doctor of Biological Sciences,
Researcher
elena-shejida@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2586-613X>

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 Research Center for Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences,
29th January Str., Orenburg, 460000, Russia



Е.О. Крупин¹ ✉
 Ш.К. Шакиров¹
 М.К. Гайнуллина²
 И.Т. Бикчантаев¹
 Г.А. Давлетшина³
 М.Ф. Шавалеев³
 М. Хоггуи¹
 М.В. Антонов¹
 А.Р. Хайруллина¹
 А.А. Аскарлова¹
 О.Ш. Косенкова⁴

¹ Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

² Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Казань, Россия

³ Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

⁴ ЗАО «Калининское», Тверь, Россия

✉ evgeny.krupin@gmail.com

Поступила в редакцию: 27.07.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Гайнуллина М.К., Бикчантаев И.Т., Давлетшина Г.А., Шавалеев М.Ф., Хоггуи М., Антонов М.В., Хайруллина А.Р., Аскарлова А.А., Косенкова О.Ш.



Evgeny O. Krupin¹ ✉
 Shamil Sh. Shakirov¹
 Munira K. Gainullina²
 Irek T. Bikchantaev¹
 Guzel A. Davletshina³
 Marat F. Shavaleev³
 Mohammed Hoggui¹
 Mark V. Antonov¹
 Alsu R. Khairullina¹
 Adelya A. Askarova¹
 Olga Sh. Kosenkova⁴

¹ Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — subdivision of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

² Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

³ Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

⁴ JSC “Kalininskoye”, Tver, Russia

✉ evgeny.krupin@gmail.com

Received by the editorial office: 27.07.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Gainullina M.K., Bikchantaev I.T., Davletshina G.A., Shavaleev M.F., Hoggui M., Antonov M.V., Khairullina A.R., Askarova A.A., Kosenkova O.Sh.

Качественные показатели молока и кисломолочных продуктов при включении в состав рациона коров активированного цеолита и пробиотиков

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Качество молока зависит от сезона года, породы животных, состояния обмена веществ, особенностей технологии кормления и содержания. От качества молока зависят его технологические свойства и качество продуктов его переработки.

Методы. Определяли содержание соматических клеток в молоке, кислотность молока, творога, йогурта, синерезис йогурта. В продуктах переработки молока определяли содержание массовой доли азота и сырого протеина, сырой золы, кальция, фосфора.

Результаты. При скармливании коровам дрожжевого пробиотика активированного цеолита и фитопробиотика «Провитол» установили достоверное снижение содержания соматических клеток в свежесвыдоенном молоке коров — на 13,02% ($p < 0,05$). Установлены достоверно более низкие значения кислотности молока (на 6,00% ($p < 0,001$) и 12,79% ($p < 0,001$) соответственно), достоверно более высокие показатели кислотности йогурта (на 6,00% ($p < 0,001$) и 12,79% ($p < 0,001$) соответственно, достоверно более низкий синерезис йогурта (на 4,70% ($p < 0,001$) и 3,10% ($p < 0,01$) соответственно). Использование в составе рационов активированного цеолита и дрожжевого пробиотика «Клювер Про» приводит к достоверно более высокому содержанию (по сравнению с контролем) массовой доли СЖ в твороге и йогурте — на 10,47 абс. % ($p < 0,001$) и 4,58 абс. % ($p < 0,001$).

Ключевые слова: молоко, кисло-молочные продукты, соматические клетки, кислотность, синерезис, цеолит, пробиотики

Для цитирования: Крупин Е.О. и др. Качественные показатели молока и кисломолочных продуктов при включении в состав рациона коров активированного цеолита и пробиотиков. *Аграрная наука.* 2024; 387(10): 72–79.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-72-79>

Qualitative indicators of milk and fermented milk products when activated zeolite and probiotics are included in the diet of cows

ABSTRACT

Relevance. The quality of milk depends on the season of the year, the breed of animals, the state of metabolism, and the characteristics of feeding and maintenance technology. The quality of milk determines its technological properties and the quality of its processed products.

Methods. The content of somatic cells in milk, the acidity of milk, cottage cheese, yogurt, and syneresis of yogurt were determined. In milk processing products, the content of the mass fraction of nitrogen and crude protein, crude ash, calcium, and phosphorus was determined.

Results. When feeding cows with the yeast probiotic activated zeolite and the phytoprobiotic “Provitol”, a significant decrease in the content of somatic cells in freshly milked milk of cows was established by 13.02% ($p < 0.05$). Significantly lower milk acidity values were established (by 6.00% ($p < 0.001$) and 12.79% ($p < 0.001$), respectively), significantly higher yogurt acidity values (by 6.00% ($p < 0.001$) and 12.79% ($p < 0.001$), respectively), significantly lower yogurt syneresis (by 4.70% ($p < 0.001$) and 3.10% ($p < 0.01$), respectively). The use of activated zeolite and yeast probiotic “Kluver Pro” in the diets leads to a significantly higher content (compared with the control) of the mass fraction of fat in cottage cheese and yogurt — by 10.47 abs. % ($p < 0.001$) and 4.58 abs. % ($p < 0.001$).

Key words: milk, fermented milk products, somatic cells, acidity, syneresis, zeolite, probiotics

For citation: Krupin E.O. *et al.* Qualitative indicators of milk and fermented milk products when activated zeolite and probiotics are included in the diet of cows. *Agrarian science.* 2024; 387(10): 72–79 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-72-79>

Введение/Introduction

Не подлежит сомнению, что молочные продукты относятся к уникальным и ценным продуктам питания в рационе человека и предназначены для удовлетворения его важных физиологических потребностей [1–5]. Качество молочных продуктов, каким бы тривиальным оно ни было, зависит от качества молока, производимого животным, которое в свою очередь зависит как от генетически заложенного потенциала, так и от сезона [6–10].

В зимний период лучшие физико-химические показатели установлены у йогурта, приготовленного из молока коров красно-пестрой и симментальской пород, а в пастбищный период — у йогурта, приготовленного только из молока симментальских коров [11, 12].

В настоящее время при высоком уровне техногенного загрязнения окружающей среды наблюдается тенденция к увеличению загрязнения пищевого сырья и продукции растительного и животного происхождения, при этом молоко и молочная продукция не исключение [13–15].

Важные факторы, влияющие на качество молока и продукции, — полноценность кормления коров, успешная работа рубцовой микрофлоры, нормально протекающие процессы обмена веществ, применяемые средства и способы, направленные на предотвращение различных болезней (ацидозов, кетозов, маститов, ожирения, гиповитаминозов, гипомикроэлементозов, микотоксикозов) на фермах и комплексах [16–20].

Кормление и качество молока взаимосвязаны так, что показатели химического состава молока, определяемые во время контрольных доений, могут быть применимыми для оценки качества рационов кормления дойного стада коров [21–23].

Контроль содержания в молоке таких показателей, как мочевина и массовая доля белка, позволяет оценивать баланс обменной энергии и сырого протеина в рационе, спрогнозировать дальнейшее развитие ситуации. Величины некоторых компонентов молока (массовой доли жира, концентрации и соотношения кальция и фосфора) могут указывать на необходимость корректировки рациона коровы [24–27].

Изменение качественного состава молока влияет на выработку сыра, поскольку качество определяет технологические свойства молока независимо от того, в какой конечный продукт оно будет переработано [28–31].

Существуют значительные различия по сыропригодности молока коров в зависимости от периода лактации, сезона года и сезона отела [32–35].

Следует отметить, что не менее важным фактором, влияющим на технологические характеристики молока и качество производимых из него кисломолочных продуктов, является порода коровы [36–39]. Кроме этого, влияют и сезонная смена уровня и тип кормления (в частности, на качество получаемого творога). Творог из молока красно-пестрой породы более жирный, менее влажный, но более кислый, чем творог из молока симменталов. Творог, приготовленный из молока симментальских коров, имеет максимально однородную консистенцию, без заметных частиц молочного белка. Творог из молока коров красно-пестрой породы — с заметными частицами молочного белка и рассыпчатой консистенцией [40–43].

Важным является установление в молоке уровня содержания соматических клеток [44].

Существует прямая зависимость между количеством соматических клеток и молочной продуктивностью, качеством молока и качеством молочных продуктов. Негативные последствия наличия большого количества соматических клеток сопровождаются сокращением сроков хранения молочной продукции и изменением органолептических свойств в нежелательную сторону.

Считается, что увеличение уровня соматических клеток в молоке значительно ухудшает параметры качества, снижая сортность. Существует корреляция между содержанием соматических клеток и лактозы, СОМО. Высокий уровень соматических клеток может быть следствием снижения иммунитета из-за повышенной молочной продуктивности коров, плохой гигиены в помещении, заболеваний молочных желез коров. Сообщалось, что коровы-первотелки с хорошими показателями продуктивности имеют большое количество единиц соматических клеток с зимы по весну [45–47].

Кислотность молока — один из важных качественных показателей, имеет большое значение при получении различных кисломолочных продуктов, например катыка [48].

Цель исследования — изучение отдельных показателей качества молока и продуктов его переработки в зависимости от особенностей кормления животных.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-хозяйственный опыт провели в ООО «Возрождение» (Арский муниципальный р-н, Республика Татарстан) на черно-пестрых дойных коровах, находящихся на пике¹ лактации в 2022–2023 гг.

По принципу пар-аналогов были сформированы три группы животных с учетом возраста, породы, живой массы, продуктивности и так далее. В каждой группе — по 13 животных.

Экспериментальный период составил 80 дней, среднее количество дойных дней на начало исследования — 90 дней.

Приемы постановки опыта выполнены согласно методологии А.И. Овсянникова (г. Москва, 1976 г.)².

Рационы, состав и питательность комплексных кормовых добавок рассчитаны с использованием программы «Корм Оптима Эксперт» («КормоРесурс», Россия).

Потребности дойных коров в питательных и биологически активных веществах определяли по А.П. Калашникову, В.И. Фисинину, В.В. Щеглову и др. (2003 г.)³.

Основной рацион кормления животных всех групп состоял из сенажа многолетних бобовых трав, силоса кукурузного, пивной дробины свежей, рапсового шрота, зерна кукурузы и ячменя, соли поваренной, мела кормового, витаминно-минерального премикса.

Коровы контрольной группы получали дополнительно к основному рациону активированный цеолит, который изготавливается путем термомеханической активации цеолитсодержащей породы Татарско-Шатрашанского месторождения (ООО «Цеолиты Поволжья», Республика Татарстан) по ТУ 2163-001-27860096-2016⁴.

¹ Нормированное кормление животных: учебное пособие [электронный ресурс] / Е.А. Козина, Т.А. Полева. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2020; 139.

² Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве / А.И. Овсянников. М.: Колос. 1976; 304.

³ Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А.П. Калашников, В.И. Фисинин, В.В. Щеглов и др. Москва. 2003; 456.

⁴ ТУ 2163-001-27860096-2016 Цеолит активированный (утв. ОАО «Цеолиты Поволжья» 01 декабря 2016 года, дата введения: 05 октября 2016 года) / разработан ОАО «Цеолиты Поволжья». Казань. 12 с. Текст непосредственный.

Животные второй группы дополнительно к основному рациону получали комплексную кормовую добавку, включающую активированный цеолит и дрожжевой пробиотик «Клювер Про»⁵ (ООО «Протеин КормБиоТех Исследования», Россия), а коровы третьей группы — активированный цеолит и фитопробиотик «Провитол»⁶ (ООО «Биотроф», Россия), взятые в соответствии с рекомендациями производителя.

Комплексные кормовые добавки были получены путем смешивания компонентов в горизонтальном лопастном смесителе «МК «ТЕХНЭКС»» (ООО «МК «ТЕХНЭКС»», Россия) до однородной консистенции в течение 5 мин. при 140 об/мин.

Во время эксперимента условия содержания всех животных были одинаковыми, а обращение с коровами проводилось в соответствии с European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and Other Scientific Purposes⁷.

Пробы молока были отобраны в первый и заключительный день исследований и подготовлены к анализу согласно ГОСТ 26809.1-2014⁸, содержание соматических клеток — по ГОСТ 23453-2014⁹. Кислотность молока, творога, йогурта определена по ГОСТ 3624-92¹⁰.

Синерезис определяли фильтрационным методом посредством замера количества сыворотки, выделившейся при фильтровании 100 см³ разрушенного сгустка через бумажный фильтр в течение установленного времени при комнатной температуре.

В продуктах переработки молока определяли: содержание массовой доли азота и сырого протеина — по ГОСТ 32044.1-2012 (ISO 5983-1:2005)¹¹, сырой золы — по ГОСТ 32933-2014 (ISO 5984:2002)¹², кальция — по ГОСТ 26570-95¹³, фосфора — по ГОСТ 26657-97¹⁴.

Полученные результаты обрабатывали с применением биометрических методов по А.Н. Плохинскому (г. Москва, 1970 г.)¹⁵, А.Т. Усовичу, П.Т. Лебедеву (г. Омск, 1976 г.)¹⁶.

Достоверность различий оценивали по t-критерию Стьюдента. Анализ данных выполняли в программах Microsoft Excel (Microsoft Corporation, США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты, приведенные в данной статье, являются одним из этапов комплексных междисциплинарных исследований, выполненных по Госзаданию. В связи с этим отметим, что методические подходы к выполнению эксперимента и схема данного опыта соответствуют ранее опубликованным в журнале «Аграрная наука» (№ 6, 2023 г.)¹⁷.

Анализ содержания соматических клеток в молоке представлен в таблице 1.

В молоке особей первой группы его содержание имело тенденцию к незначительному увеличению (0,66%), тогда как у коров второй опытной группы его

Таблица 1. Содержание соматических клеток в молоке

Table 1. Content of somatic cells in milk

Показатель	Группа (n = 5)		
	первая	вторая	третья
1-е сутки исследований			
Соматические клетки, тыс/см ³	305,80 ± 93,00	317,60 ± 32,97	339,00 ± 22,15
80-е сутки исследований			
Соматические клетки, тыс/см ³	307,79 ± 63,39	283,80 ± 20,47	294,85 ± 18,79*

Примечание: * p < 0,05.

Таблица 2. Кислотность молока и изготовленных из него продуктов в конце эксперимента

Table 2. The acidity of milk and products made from it at the end of the experiment

Показатель	Группа (n = 5)		
	первая	вторая	третья
Кислотность молока, °Т	20,64 ± 0,23	19,40 ± 0,40***	18,00 ± 0,32***
Кислотность творога, °Т	175,00 ± 0,95	174,40 ± 1,72	170,20 ± 0,20
Кислотность йогурта, °Т	82,80 ± 2,37	89,20 ± 2,96*	96,00 ± 1,26**

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

содержание снижалось (на 10,64%) до последнего дня исследования. В третьей группе животных наблюдалось достоверное снижение содержания соматических клеток в молоке, а их количество на 80-й день исследования достоверно снизилось на 13,02% по сравнению с контролем (p < 0,05).

При оценке кислотности молока подопытных животных отметим, что коровы второй и третьей групп имели достоверно более низкие значения этого показателя на 6,00 (p < 0,001) по сравнению с коровами контрольной группы 12,79% и 12,79% соответственно (p < 0,001) (табл. 2).

Творог, изготовленный из молока подопытных животных, характеризовался тенденцией более высоких значений описываемого показателя в контроле по сравнению с таковыми в опытных группах. Однако йогурт, полученный из молока животных второй и третьей групп, имел достоверно более высокие значения кислотности по сравнению с контролем — на 7,73% (p < 0,05) и 15,94% (p < 0,01) соответственно.

Стоит учесть тот факт, что технология изготовления самих продуктов, равно как и закваска, была идентична.

Исследования показали, что йогурт, полученный из молока коров первой группы, характеризуется наиболее сильным синерезисом (рис. 1).

Таким образом, содержание сыворотки в йогурте, полученном из молока животных контрольной группы, составило 12,50%, тогда как аналогичный показатель йогурта, полученного из молока коров второй и третьей групп, был существенно ниже — 4,70% (p < 0,001) и 3,10% (p < 0,01) соответственно.

Рассматривая содержание массовой доли сырого протеина (СП) в твороге (рис. 2), стоит отметить,

⁵ «ПроКорм Биотех»: официальный сайт. — URL: <https://profeedbio.com> (дата обращения: 22.05.2024).

⁶ «Биотроф»: официальный сайт. — URL: <https://biotrof.ru> (дата обращения: 22.05.2024).

⁷ European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Official Journal L. 222. 1999; 0031–0037.

⁸ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу.

⁹ ГОСТ 23453-2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток.

¹⁰ ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

¹¹ ГОСТ 32044.1-2012 (ISO 5983-1:2005) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

¹² ГОСТ 32933-2014 (ISO 5984:2002) Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы.

¹³ ГОСТ 26570-95 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения кальция.

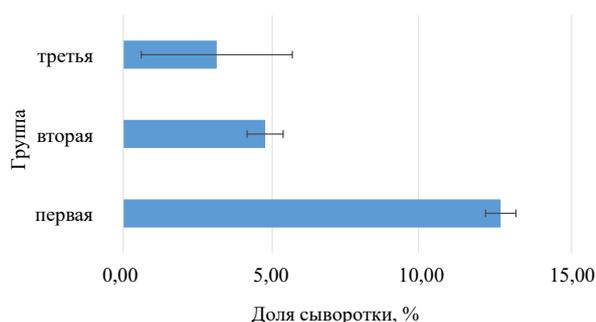
¹⁴ ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения фосфора.

¹⁵ Плохинский А.Н. Биометрия. 2-е изд. / А.Н. Плохинский. М.: МГУ. 1970; 367.

¹⁶ Усович А.Т. Применение математической статистики при обработке экспериментальных данных в ветеринарии / А.Т. Усович, П.Т. Лебедев. Омск: Западно-Сибирское книжное издательство, Омское отделение. 1970; 39.

¹⁷ Крупин Е.О., Гайнуллина М.К., Шакиров Ш.К., Хоггуи М. Жирнокислотный состав молока коров при включении в их рацион активированного цеолита и пробиотиков. Аграрная наука. 2023; (6): 39–44. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-371-6-39-44. EDN HAYAMS

Рис. 1. Интенсивность синерезиса йогурта
Fig. 1. Intensity of yogurt syneresis



что тенденцией наибольшей доли данного показателя характеризовался творог, изготовленный из молока животных третьей группы, тогда как значения данного показателя в твороге, выработанным из молока коров первой и второй групп, были ниже на 1,52 абс. % и 3,93 абс. % соответственно.

Достоверно более высоким значением массовой доли сырого жира (СЖ) по сравнению с таковым в контроле характеризовался творог из молока животных второй группы. В числовом выражении значения данного показателя были выше аналогичного в контроле и третьей группе — на 10,47 абс. % ($p < 0,001$) и 6,61 абс. % соответственно.

Тенденция к наибольшему содержанию массовой доли СП характерна для творога, изготовленного из молока коров третьей группы, тогда как значения в первых двух группах были ниже установленного показателя в контроле и второй группе — на 1,38 абс. % и 1,80 абс. % соответственно.

По сравнению с контролем содержание массовой доли СЖ в йогурте, полученном из молока коров второй группы, было достоверно выше. Содержание СЖ в нем превосходило таковое в контроле на 4,58 абс. % ($p < 0,001$), а в третьей группе — на 5,94 абс. %.

Тенденцией большего содержания сырой золы (СЗ) (рис. 3) характеризовался творог, произведенный из молока коров третьей группы, тогда как в первых двух группах значение массовой доли СЗ было ниже — на 0,11 абс. % и 0,15 абс. % соответственно. При этом массовые доли кальция и фосфора в молоке животных третьей группы оказались наибольшими. Однако разница между этим показателем у животных первой и второй опытных групп была недостоверной.

Аналогично творогу тенденция максимальной доли СЗ была свойственна йогурту, выработанному из молока коров третьей группы. Динамика различий была аналогична таковой в твороге, но изменения не носили достоверного характера.

В отношении массовой доли кальция отметим, что в опытных группах (по сравнению с контрольной) наблюдали тенденцию его большего содержания — на 0,01 абс. % и 0,03 абс. %, тогда как тенденцией

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 части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала биоразнообразия, разработка берегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды» (рег. № 122011800138-7).

Рис. 2. Содержание сырого протеина и сырого жира в молочных продуктах
Fig. 2. Content of crude protein and crude fat in dairy products

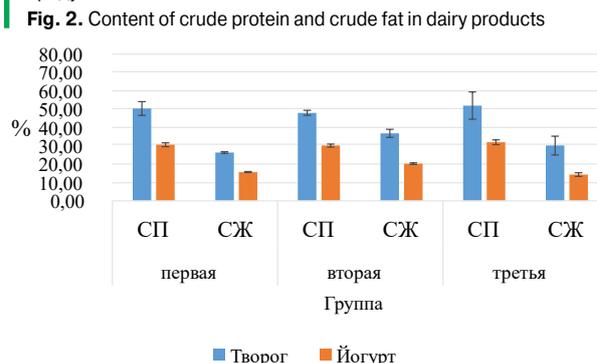
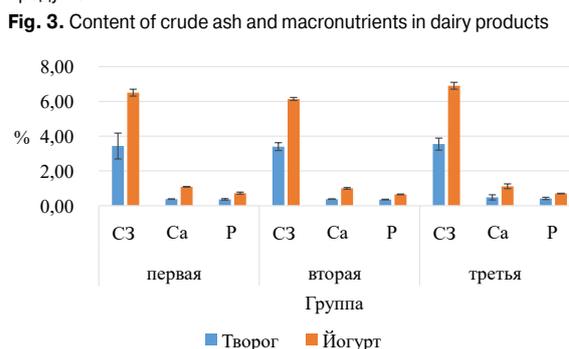


Рис. 3. Содержание сырой золы и макроэлементов в молочных продуктах
Fig. 3. Content of crude ash and macronutrients in dairy products



максимальной доли фосфора характеризовался йогурт из молока коров первой группы, значения которой были на 0,01% и 0,02% выше, чем во второй и третьей группах соответственно.

Выводы/Conclusions

Скармливание дойным коровам в составе рационов испытуемых кормовых добавок в целом повлияло на изменение показателей молока и произведенных из него творога и йогурта в зависимости от вариаций состава кормовой добавки.

При скармливании коровам активированного целюлита с дрожжевым пробиотиком «Клювер Про» и фитопробиотиком «Провитол» установили достоверное снижение содержания соматических клеток в свежесобранном молоке коров.

При скармливании животным активированного целюлита и дрожжевого пробиотика «Клювер Про» и фитопробиотика «Провитол» установлены достоверно более низкие значения кислотности молока и достоверно более высокие показатели кислотности йогурта, менее выраженный синерезис йогурта.

Использование в составе рационов активированного целюлита и дрожжевого пробиотика «Клювер Про» приводит к достоверно более высокому содержанию по сравнению с контролем массовой доли СЖ в твороге и йогурте.

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 in terms of the work provided for by the state assignment "Ecological and Genetic approaches to the creation and preservation of plant resources and animals, expand their adaptive potential and biodiversity, the development of saving agricultural technologies in order to increase the stability of the production of high-quality products, and achieve safety for human health and the environment" (reg. No. 122011800138-7).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Mosolova N.I. *et al.* Evaluation of milk quality indicators depending on seasonality in the conditions of JSC Kirov Volgograd region. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITech-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 02043. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002043>
- Temerbayeva M. *et al.* Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. <https://www.elibrary.ru/xnjgkt>
- Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. <https://www.elibrary.ru/pydnoh>
- Блинов А.В. и др. Наночастицы селена, стабилизированные хитозаном, для обогащения молочной продукции. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 130–135. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-130-135>
- Темербаева М.В., Урюмцева Т.И., Ребезов М.Б. Определение базовой основы для кисломолочного десерта специального назначения. *Качество продукции, технологий и образования. Материалы XV Международной научно-практической конференции*. Магнитогорск. 2020; 84–86. <https://www.elibrary.ru/txycwp>
- Khoroshevskaya L.V. *et al.* Improving the environmental safety of milk and the productivity of dairy cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 965: 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012020>
- Sufyanova L. *et al.* Evaluation of the quality and safety of cows' milk when using the mineral elements. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022)*. EDP Sciences. 2023; 381: 01031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101031>
- Kuzminova E., Abramov A., Koshaev A., Semenenko M., Miroshnichenko P. Ways of increasing the milk productivity of cows, improving the quality and safety of live-stock products. *E3S web of conferences. XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2022"*. EDP Sciences. 2022; 363: 03040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236303040>
- Varakin A.T., Ryadnov A.A., Stepurina M.A., Vorontsova E.S., Datchenko O.O. Milk productivity and quality depending on the composition of the diet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 965: 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012029>
- 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*. 2020; 1(1): 142–148. <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-142-148>
- Тригуб В.В., Николенко М.В. Изучение качества и безопасности молочных продуктов. *Ползуновский вестник*. 2020; (3): 44–47. <https://www.elibrary.ru/qhnanp>
- Захаров В.Л., Щегольков Н.Ф., Шубкин С.Ю., Абдурахманов П.А. Показатели качества йогурта из молока коров разных пород в зимний и летний периоды. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2024; (1): 26–35. <https://www.elibrary.ru/dahhdx>
- Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://www.elibrary.ru/zsxhdf>
- Sidra Tul Muntaha *et al.* Safety assessment of milk and indigenous milk products from different areas of Faisalabad. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020; 9(6): 1197–1203. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2020.9.6.1197-1203>
- Смольникова Ф.Х., Наурзбаева Г.К., Ребезов М.Б., Конганбаев Е.К., Галимова А.М. Показатели безопасности сливочного масла. *Современное состояние, перспективы развития АПК и производства специализированных продуктов питания. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной юбилею заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Гавриловой Натальи Борисовны*. Омск. 2020; 753–755. <https://www.elibrary.ru/engybj>
- Степанова М.В., Ярлыков Н.Г., Лапина Е.М. Влияние кормления коров на качество и химический состав молока. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021; (4): 45–51. <https://doi.org/10.35694/YARXC.2021.56.4.008>
- Разумовский Н. Полноценность кормления коров и качество молока Белорусское сельское хозяйство. 2022; (12): 46–48. <https://www.elibrary.ru/taufka>
- Крупин Е.О., Шакиров Ш.К. Изменения отдельных диагностических маркеров углеводного, липидного и минерального обмена веществ у дойных коров, обусловленные кормлением. *Аграрная наука*. 2023; (2): 30–34. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-30-34>

REFERENCES

- Mosolova N.I. *et al.* Evaluation of milk quality indicators depending on seasonality in the conditions of JSC Kirov Volgograd region. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITech-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 02043. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339002043>
- Temerbayeva M. *et al.* Technology of sour milk product for elderly nutrition. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018; 9(1): 291–295. <https://www.elibrary.ru/xnjgkt>
- Gavrilova N. *et al.* Biotechnology application in production of specialized dairy products using probiotic cultures immobilization. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019; 8(6): 642–648. <https://www.elibrary.ru/pydnoh>
- Blinov A.V. *et al.* Selenium nanoparticles stabilized by chitosan for the fortification of dairy products. *Agriarian science*. 2024; 387(10): 130–135 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-130-135>
- Temerbaeva M.V., Uryumtseva T.I., Rebezov M.B. Definition of the base for a special purpose fermented milk dessert. *Quality of products, technologies and education. Proceedings of the XV International scientific and practical conference*. Magnitogorsk. 2020; 84–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/txycwp>
- Khoroshevskaya L.V. *et al.* Improving the environmental safety of milk and the productivity of dairy cows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 965: 012020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012020>
- Sufyanova L. *et al.* Evaluation of the quality and safety of cows' milk when using the mineral elements. *E3S Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2022)*. EDP Sciences. 2023; 381: 01031. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338101031>
- Kuzminova E., Abramov A., Koshaev A., Semenenko M., Miroshnichenko P. Ways of increasing the milk productivity of cows, improving the quality and safety of live-stock products. *E3S web of conferences. XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2022"*. EDP Sciences. 2022; 363: 03040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236303040>
- Varakin A.T., Ryadnov A.A., Stepurina M.A., Vorontsova E.S., Datchenko O.O. Milk productivity and quality depending on the composition of the diet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021"*. IOP Publishing Ltd. 2022; 965: 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/965/1/012029>
- Gorelik O.V., Rebezov M.B., Neverova O.P., Kharpap S.Yu., Fedoseeva N.A. The specifics of "Aдыгейский" cheese production and its quality. *Actual issues of the dairy industry, inter-industry technologies and quality management systems*. 2020; 1(1): 142–148 (in Russian). <https://doi.org/10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-142-148>
- Trigub V.V., Nikolenko M.V. Studying quality and safety dairy products. *Polzunovskiy vestnik*. 2020; (3): 44–47 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qhnanp>
- Zakharov V.L., Shchegolov N.F., Shubkin S.Yu., Abdurahmanov P.A. Quality indicators of yogurt from milk of cows of different breeds in winter and summer. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2024; (1): 26–35 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dahhdx>
- Kuramshina N. *et al.* Heavy metals content in meat and milk of Orenburg region of Russia. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2019; 11(1): 1031–1035. <https://www.elibrary.ru/zsxhdf>
- Sidra Tul Muntaha *et al.* Safety assessment of milk and indigenous milk products from different areas of Faisalabad. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2020; 9(6): 1197–1203. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2020.9.6.1197-1203>
- Smolnikova F.Kh., Naurzbaeva G.K., Rebezov M.B., Konganbaev E.K., Galimova A.M. Safety indicators of butter. *Current state, prospects for the development of the agro-industrial complex and the production of specialized food products. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the anniversary of the Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Professor Natalia Borisovna Gavrilova*. Omsk. 2020; 753–755 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/engybj>
- Stepanova M.V., Yarlykov N.G., Lapina E.M. Influence of feeding cows on the quality and chemical composition of milk. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2021; (4): 45–51 (in Russian). <https://doi.org/10.35694/YARXC.2021.56.4.008>
- Razumovsky N. The completeness of feeding cows and the quality of milk *Belarusian agriculture*. 2022; (12): 46–48 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/taufka>
- Krupin E.O., Shakirov Sh.K. Changes in individual diagnostic markers of carbohydrate, lipid and mineral metabolism in dairy cows due to feeding. *Agriarian science*. 2023; (2): 30–34 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-30-34>

19. Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Хашимов Р.И. Изменение качественных показателей молока коров в зависимости от скармливания кормовой добавки в различных дозах. *Аграрная наука*. 2024; 1(8): 61–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66>
20. Горелик В.С., Ребезов М.Б. Показатели белкового обмена у коров при использовании сукцинат хитозана. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник тезисов научной конференции*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 139–141. <https://www.elibrary.ru/rxrvox>
21. 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. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
22. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Filatov D.A., Maltsev A.E. Seasonal changes in milk quality indicators jersey cows. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202002>
23. Isakova M.N., Oparina O.Yu., Lysova Ya.Yu. Milk quality indicators of highly productive cows when using a pharmaceutical composition based on bacteriocin-nizin. *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: 01023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801023>
24. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Показатели состава молока как индикатор качества кормления молочного стада коров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 292–298. <https://www.elibrary.ru/qvlpko>
25. Хромова Л.Г., Мирошина С.Е., Мирошин С.Е., Морозова Н.И. Комплексная оценка молока коров голштинской породы различного экотипа, производимого в условиях интенсивной технологии. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2022; 14(1): 76–83. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.95.64.009>
26. Kharitonov E., Berezin A. The absorption of the precursors of milk components by the udder of cows at different milk fat content. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East*. Agricultural Innovation Systems. 2022; 354: 670–679. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_74
27. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Технологические свойства молока коров с разной долей кровности по голштинской породе. *Аграрная наука*. 2023; (5): 63–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67>
28. Chebotarev E.A., Soldatov A.A., Yascin S.O. Study of the process of transition of milk fat to whey at various stages of cheese production. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex A. 2023; 71: 1071. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101071>
29. Shchegolkov N.F., Volokhov I.M., Zakharov V.L., Zubkova T.V. Yield and quality of cheese from milk of cows of different genotypes by halloumi technology. *International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021)*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1010: 012075. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012075>
30. Temerbayeva M. et al. Using of creamy bioadditives in the production of melted cheese. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018; 7(4.38): 1240–1242. <https://www.elibrary.ru/yzcizn>
31. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Особенности изготовления мягких сыров из молока коров-дочерей разных быков-производителей. *Аграрная наука*. 2023; (1): 90–94. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-90-94>
32. Голубенко Т.Л., Разанова Е.П. Требования к качеству молока как сырья для производства сыра. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*. 2021; 15: 146–154. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2020-15-146-154>
33. Раджабов Ф.М., Гулов Т.Н., Чабаяев М.Г., Некрасов Р.В., Алигазиева П.А. Влияние некоторых паратипических факторов на технологические свойства молока коров таджикского типа швицезебувидного скота. *Проблемы развития АПК региона*. 2021; (2): 129–134. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_2_129
34. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра. *Аграрная наука*. 2023; (9): 59–63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63>
35. Половинкина Т.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Динамика молочной продуктивности коров по лактациям. *Молодежь и наука*. 2023; (12): 42. <https://www.elibrary.ru/afpxhk>
36. 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://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2
19. Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Khashimov R.I. Changes in the quality indicators of cows' milk depending on feeding the feed additive in different doses. *Agrarian science*. 2024; 1(8): 61–66 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-61-66>
20. Gorelik V.S., Rebezov M.B. Protein metabolism indicators in cows using chitosan succinate. *Modern technologies for cultivating, processing and storing agricultural products. Collection of abstracts of a scientific conference*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 139–141 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rxrvox>
21. 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. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202001>
22. Oleinik S.A., Lesnyak A.V., Filatov D.A., Maltsev A.E. Seasonal changes in milk quality indicators jersey cows. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202002>
23. Isakova M.N., Oparina O.Yu., Lysova Ya.Yu. Milk quality indicators of highly productive cows when using a pharmaceutical composition based on bacteriocin-nizin. *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: 01023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410801023>
24. Chasovshchikova M.A., Gubanov M.V. Indicators of milk composition as an indicator of the quality of feeding of a dairy herd of cows. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023; (4): 292–298 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qvlpko>
25. Khromova L.G., Miroshina S.E., Miroshin S.E., Morozova N.I. Complex evaluation of milk of holstein cows of various ecogenesis produced under conditions of intensive technology. *Herald of Ryzan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2022; 14(1): 76–83 (in Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.95.64.009>
26. Kharitonov E., Berezin A. The absorption of the precursors of milk components by the udder of cows at different milk fat content. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East*. Agricultural Innovation Systems. 2022; 354: 670–679. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_74
27. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Technological properties of milk of cows with different proportion of blood in the Holstein breed. *Agrarian science*. 2023; (5): 63–67 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-63-67>
28. Chebotarev E.A., Soldatov A.A., Yascin S.O. Study of the process of transition of milk fat to whey at various stages of cheese production. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex A. 2023; 71: 1071. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101071>
29. Shchegolkov N.F., Volokhov I.M., Zakharov V.L., Zubkova T.V. Yield and quality of cheese from milk of cows of different genotypes by halloumi technology. *International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021)*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1010: 012075. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012075>
30. Temerbayeva M. et al. Using of creamy bioadditives in the production of melted cheese. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018; 7(4.38): 1240–1242. <https://www.elibrary.ru/yzcizn>
31. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Features of making soft cheeses from the milk of cows-daughters of different bulls-producers. *Agrarian science*. 2023; (1): 90–94 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-90-94>
32. Golubenko T.L., Razanova E.P. Requirements for the quality of milk as a raw material for the production of cheese. *Topical issues of processing of meat and milk raw materials*. 2021; 15: 146–154 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2020-15-146-154>
33. Radzhabov F.M., Gulov T.N., Chabaev M.G., Nekrasov R.V., Aligazieva P.A. Influence of some paratypic factors on the technological properties of the milk of cows of the Tajik type Shvitzeshean livestock. *Development Problems of Regional Agro-industrial Complex*. 2021; (2): 129–134 (in Russian). https://doi.org/10.52671/20790996_2021_2_129
34. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Study of the influence of dairy raw materials by seasons of the year on technological parameters in the production of soft cheese. *Agrarian science*. 2023; (9): 59–63 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63>
35. Polovinkina T.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Dynamics of milk productivity of cows by lactations. *Youth and Science*. 2023; (12): 42 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/afpxhk>
36. 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://doi.org/10.52754/16948610_2023_3_2

37. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Technological parameters for the production of soft cheese depending on the linear origin of cows. *Agrarian science*. 2023; (9): 64–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-64-68>
38. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V., Temerbayeva M.V. The quality of milk of cows-daughters of different bulls-producers and assessment of its suitability for processing. *Agrarian science*. 2022; (9): 30–36. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36>
39. Belookov A.A., Belookova O.V., Gorelik O.V., Rebezov M.B. 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>
40. Щегольков Н.Ф., Захаров В.А., Нальвадаев Н.Я., Сухарев И.Н., Шубкин С.Ю. Качество и сохранность творога в зависимости от молока коров разных пород и использования сычужного фермента. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*. 2022; (1): 45–52. <https://www.elibrary.ru/btrtrzf>
41. Щегольков Н.Ф., Захаров В.Л., Школьникова М.Н., Аджибеков В.К. Качество творога крупного рогатого скота разных пород в зависимости от сезона года. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2022; (4): 30–40. <https://www.elibrary.ru/abseuk>
42. Щегольков Н.Ф., Захаров В.Л., Нальвадаев Н.Я. Качество творога в зависимости от породы крупного рогатого скота. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2022; (2): 39–50. <https://www.elibrary.ru/dvjxti>
43. Портной А.И., Михайловская М.С. Содержание соматических клеток в цистернальном и альвеолярном молоке, формирующем разовый удой коровы. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2021; 24(2): 30–37. <https://www.elibrary.ru/szrdrb>
44. Truhachev V., Sycheva O., Shlykov S., Hodusov A., Zakotin V. Determination of the number of somatic cells in milk by biotesting method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019*. Institute of Physics Publishing. 2019; 403: 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012056>
45. Дыдыкина А.Л., Наконечный А.А., Кожевникова И.С., Худякова Н.А. Влияние содержания соматических клеток на качество молока. *Молочная промышленность*. 2021; (12): 53–55. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-12-53-55>
46. Кашаева А.Р., Ахметзянова Ф.К., Хашимов Р.И., Исламова Г.И. Мониторинг качества коровьего молока-сырья, производимого в сельхозпредприятиях Республики Татарстан. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2022; 252(4): 104–110. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_252_104
47. Зиннатов Ф.Ф. Воздействие сезона года и периода лактации на динамику содержания соматических клеток в молоке коров голштинской породы. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2021; 7(4): 353–358. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-353-358>
48. Алиев М.М., Байрамова Х.Х., Мамедова Г.Р., Ибрагимова Л.Р., Тагиев Д.У. Ветеринарно-санитарная оценка молочных продуктов из буйволиного и коровьего (голландской породы) молока и пути улучшения их качества. *Бюллетень науки и практики*. 2022; 8(3): 115–122. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/76/13>
37. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Technological parameters for the production of soft cheese depending on the linear origin of cows. *Agrarian science*. 2023; (9): 64–68 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-64-68>
38. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V., Temerbayeva M.V. The quality of milk of cows-daughters of different bulls-producers and assessment of its suitability for processing. *Agrarian science*. 2022; (9): 30–36 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36>
39. 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>
40. Shchegolkov N.F., Zakharov V.A., Nalvadaev N.Ya., Sukharev I.N., Shubkin S.Yu. The quality and safety of cottage cheese depends on the milk of cows of different breeds and the use of rennet. *Technologies for the food and processing industry of AIC — healthy food*. 2022; (1): 45–52 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/btrtrzf>
41. Shchegolkov N.F., Zakharov V.L., Shkolnikova M.N., Adzhibekov V.K. The quality of cottage cheese of cattle of different breeds depending on the season of the year. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2022; (4): 30–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/abseuk>
42. Shchegolkov N.F., Zakharov V.L., Nalvadaev N.Ya. The quality of cottage cheese depends on the breed of cattle. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2022; (2): 39–50 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dvjxti>
43. Portnoy A.I., Mikhailovskaya M.S. The content of somatic cells in cisternal and alveolar milk, which forms a single milk yield of a cow. *Aktualnyye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2021; 24(2): 30–37 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/szrdrb>
44. Truhachev V., Sycheva O., Shlykov S., Hodusov A., Zakotin V. Determination of the number of somatic cells in milk by biotesting method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019*. Institute of Physics Publishing. 2019; 403: 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012056>
45. Dydykina A.L., Nakonechny A.A., Kozhevnikova I.S., Khudyakova N.A. The effect of somatic cell content on milk quality. *Dairy Industry*. 2021; (12): 53–55 (in Russian). <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-12-53-55>
46. Kashaeva A.R., Akhmetzyanova F.K., Khashimov R.I., Islamova G.I. Monitoring of the quality of raw cow milk produced in the agricultural enterprises of the Republic of Tatarstan. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2022; 252(4): 104–110 (in Russian). https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_252_104
47. Zinnatov F.F. Influence of the season of the year and the lactation period on the dynamics of the content of somatic cells in the milk of Holstein cows. *Vestnik of the Mari State University. Series: Agriculture. Economics*. 2021; 7(4): 353–358 (in Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-353-358>
48. Aliyev M.M., Bayramova H.H., Mammadova G.R., Ibragimova L.R., Tagiyev Ja. Veterinary and sanitary assessment of dairy products from buffalo and cow's (Holstein breed) milk of and ways to improve their quality. *Bulletin of Science and Practice*. 2022; 8(3): 115–122 (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/76/13>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Олегович Крупин¹

доктор ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных
evgeny.krupin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

Шамиль Касымович Шакиров¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных
intechkorm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-0463>

Мунира Кабировна Гайнуллина²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой технологии производства и переработки сельхозпродукции
gainullinamun@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3539-4065>

Ирек Тагирович Бикчантаев¹

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии, биохимии, генетики и питания животных
bichantaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

ABOUT THE AUTHORS

Evgeny Olegovich Krupin¹

Doctor of Veterinary Sciences, Leading Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition, evgeny.krupin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

Shamil Kasymovich Shakirov¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition
intechkorm@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-0463>

Munira Kabirovna Gainullina²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Production and Processing of agricultural Products
gainullinamun@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3539-4065>

Irek Tagirovich Bikchantaev¹

Candidate of Biology Sciences, Leading Researcher of the Department of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition
bichantaev@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8086-1788>

Гузель Адгамовна Давлетшина³

кандидат химических наук, доцент кафедры
пищевой инженерии малых предприятий
guzeladgamovna@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-3306-3704

Марат Фаридович Шавалеев³

кандидат технических наук, доцент кафедры
химической кибернетики,
marat_shavaliyev@mail.ru
SPIN-код: 2309-2240

Мохаммед Хоггуи¹

младший научный сотрудник отдела физиологии,
биохимии, генетики и питания животных
miloudidjafer@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4439-3761

Марк Владимирович Антонов¹

аспирант, младший научный сотрудник отдела
физиологии, биохимии, генетики и питания животных
vfhr1337@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-1520-1545

Алсу Рустемовна Хайруллина¹

научный сотрудник отдела аналитических исследований
alsu_85@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-3207-566X

Аделя Айратовна Аскарова¹

младший научный сотрудник отдела аналитических исследований
askarovadelya@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0364-9780

Ольга Шарифулловна Косенкова⁴

начальник комплекса племенного завода по голштинской породе
evgeny.krupin@gmail.com

¹ Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение «Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук”», ул. Оренбургский тракт, 48, Казань, 420059, Россия

² Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, ул. Сибирский тракт, 35, Казань, 420029, Россия

³ Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. им. Карла Маркса, 68, Казань, 420015, Россия

⁴ ЗАО «Калининское» ул. им. Георгия Димитрова, 52, Тверь, 170015, Россия

Guzel Adgamovna Davletshina³

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
of Small Business Food Engineering
guzeladgamovna@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-3306-3704

Marat Faridovich Shavaleev³

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
of the Department of Chemical Cybernetics
marat_shavaliyev@mail.ru
SPIN code: 2309-2240

Mohammed Hoggui¹

Junior Researcher at the Department of Physiology, Biochemistry,
Genetics and Animal Nutrition
miloudidjafer@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4439-3761

Mark Vladimirovich Antonov¹

Postgraduate Student, Junior Researcher at the Department
of Physiology, Biochemistry, Genetics and Animal Nutrition
vfhr1337@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-1520-1545

Alsu Rustemovna Khairullina¹

Researcher at the Analytical Research Department
alsu_85@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0002-3207-566X

Adela Ayratovna Askarova¹

Junior Researcher at the Analytical Research Department
askarovadelya@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0364-9780

Olga Sharifullovna Kosenkova⁴

Head of the Complex of the Holstein Breed Breeding Plant
evgeny.krupin@gmail.com

¹ Tatar Scientific Research Institute of Agriculture — subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”», 48 Orenburg tract Str., Kazan, 420059, Russia

² Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 35 Sibirsky Trakt Str., Kazan, 420029, Russia

³ Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Str., Kazan, 420015, Russia

⁴ JSC “Kalininskoe” 52 Georgy Dimitrov Str., Tver, 170015, Russia

Т.Д. Беломошнов ✉

В.П. Клименко

С.А. Маляренко

Федеральный научный центр
кормопроизводства и агроэкологии
им. В.Р. Вильямса, Лобня, Московская
обл., Россия

✉ belomozhnovt@mail.ru

Поступила в редакцию: 17.07.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Беломошнов Т.Д., Клименко В.П.,
Маляренко С.А.

Качество корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы с биологическими и химическими консервантами

РЕЗЮМЕ

Представлены результаты опытов по изучению консервирующего действия различных добавок при производстве корнажа из раннеспелых гибридов кукурузы в условиях Центрального региона РФ. После вскрытия емкостей с кормом провели оценку показателей его качества по содержанию и соотношению органических кислот, степени подкисления, содержанию аммиачного азота, сохранности сахаров и основных питательных веществ. В физиологических опытах на валухах романовской породы определяли переваримость питательных веществ. Установлено, что во всех вариантах кислотность корма была оптимального уровня (рН 4,2 и ниже), что исключало развитие нежелательной микрофлоры. При этом в корнаже с химическими консервантами подкисление произошло за счет внесенных с препаратами муравьиной и пропионовой кислот и (частично) вследствие сбраживания сахаров. Результаты физиологического опыта показали, что переваримость сухого вещества корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы Эмелин была высокой (свыше 70,2%) во всех вариантах, что повлияло и на энергетическую питательность (свыше 11 МДж ОЭ). Таким образом, для заготовки качественного корнажа из раннеспелых гибридов кукурузы повышенной влажности в Центральном регионе России можно применять как химические консерванты на основе органических кислот, так и биологические препараты, предназначенные для консервирования влажного плющенного зерна, содержащие активные штаммы молочнокислых бактерий.

Ключевые слова: кормопроизводство, корнаж, биологический инокулянт, органические кислоты

Для цитирования: Беломошнов Т.Д., Клименко В.П., Маляренко С.А. Качество корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы с биологическими и химическими консервантами. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 80–85.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-80-85>

The quality of snaplage from an early ripening corn hybrid with biological inoculant and chemical preservatives

ABSTRACT

The article presents the results of experiments on studying the preservative effect of various additives in the production of snaplage from early-ripening corn hybrids in the conditions of the Central region of the Russian Federation. After opening the containers with feed, its quality indicators were assessed by the content and ratio of organic acids, the degree of acidification, the content of ammonia nitrogen, the preservation of sugars and essential nutrients. In physiological experiments on Romanov wethers, the digestibility of nutrients was determined. It was found that in all variants, the acidity of the feed was optimal (pH 4.2 and below), which excluded the development of undesirable microbiota. At the same time, in the snaplage with chemical preservatives, acidification occurred due to formic and propionic acids introduced with the preparations and (partially) due to the fermentation of sugars. The results of the physiological experiment showed that the digestibility of dry matter of snaplage from the early-ripening hybrid corn Emelin was high (over 70.2%) in all variants, which also affected the energy value (over 11 MJ NE). Thus, for high-moisture snaplage from early-ripening corn hybrids in the Central region of Russia, it is possible to use both chemical preservatives based on organic acids and biological inoculants intended for the preservation of wet flattened grain, containing active strains of lactic acid bacteria.

Key words: forage production, snaplage, biological inoculant, organic acids

For citation: Belomozhnov T.D., Klimenko V.P., Malyarenko S.A. The quality of snaplage from an early ripening corn hybrid with biological inoculant and chemical preservatives. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 80–85 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-80-85>

Timofey D. Belomozhnov ✉

Vladimir P. Klimenko

Svetlana A. Malyarenko

V.R. Williams Federal Scientific Center for
Forage Production and Agroecology, Lobnya,
Moscow Region, Russia

✉ belomozhnovt@mail.ru

Received by the editorial office: 17.07.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Belomozhnov T.D., Klimenko V.P., Malyarenko S.A.

Введение/Introduction

Ферментированные объемистые корма из кукурузы являются во многих специализированных сельскохозяйственных предприятиях энергетической основой рационах высокопродуктивного молочного скота. По объемам производства лидирует кукурузный силос из растений, убранных в фазу восковой спелости зерна.

В последние годы всё большее количество хозяйств проявляют интерес к производству корнажа — корма из отделенных от стеблей и измельченных початков кукурузы с оберткой и плодоножкой, отличающегося более высокой энергетической питательностью [1–3]. Эта технология менее сложная, чем приготовление влажного плющенного зерна, так как позволяет использовать для сбора урожая кормоуборочные комбайны, оборудованные зерновыми жатками, менее затратная, чем досушка влажного зерна кукурузы до кондиционной влажности. При заготовке корнажа не требуется применение на уборке зерновых комбайнов и стационарных машин по плющению зерна и упаковке массы в рукава [4, 5].

Технология приготовления корнажа имеет свои особенности: более строгие требования к качеству измельчения и дробления зерна, необходимость использования консервантов, способных обеспечить сохранность питательных веществ и не допустить порчи корма в процессе хранения и выемки из хранилищ. Начинать уборку желательнее в фазу восковой спелости зерна, заканчивать — в полной.

Для условий Центрального региона, где тепловые ресурсы ограничены, заготавливать корнаж рекомендуется из ранне- и среднеспелых гибридов кукурузы со стекловидным типом зерна как наиболее пригодных для максимального выхода энергии с единицы площади [6–8].

Преимущества корнажа (по сравнению с другими концентрированными кормами из кукурузы) следующие: отсутствие затрат на досушку зерна, снижение количества упавших початков, возможность использования гибридов кукурузы с большим потенциалом урожайности (увеличение диапазона ФАО), уборка урожая в более ранние сроки, снижение влияния неблагоприятных погодных условий, совместимость зерновых жаток с кормоуборочными комбайнами.

Недостатки связаны с ограничением на использование корнажа (только в рационах жвачных животных), с дополнительными затратами на агрегаты и средства заготовки, с использованием дорогих консервантов, повышенными требованиями к процессу ферментации и хранения, повышенной влажностью этого вида корма по сравнению с его аналогами в более южных регионах.

Для животноводческих предприятий Центрального региона России, производящих корнаж из зерностержневой массы початков, важно учитывать климат региона. Корнаж можно готовить, если погодные условия позволяют до заморозков провести уборку всего урожая, а растения кукурузы находятся в фазе восковой спелости зерна. Если же погодные условия неблагоприятны для заготовки, то уборку кукурузы лучше начать раньше и приготовить из нее силос. В любом случае существует определенный риск, и окончательное решение остается за производителем корма.

Тем более что содержание питательных веществ и влажность корнажа могут существенно варьироваться

в зависимости от сроков уборки, урожайности, используемого гибрида и погодных-климатических условий [9]. Так, И.В. Андреев и др. установили, что в Московской и близлежащих областях раннеспелые гибриды уступают по урожайности вегетативной массы более поздно созревающим гибридам, но по выходу зрелых початков превосходят их на 32–34%. Это в свою очередь влияет на энергетическую ценность сухого вещества зерностержневой массы, которая в раннеспелых гибридах составляет более 10,5 МДж ОЭ [10].

В отличие от зеленой массы кукурузы, которую используют на силос, на отделенном початке в фазе восковой спелости зерна с оберткой и плодоножкой не содержится в достаточном количестве эпифитные микроорганизмы, необходимые для качественного процесса ферментации при спонтанном заквашивании [11]. В связи с этим возникает риск приготовления некачественного корма, нестабильного при хранении и выемке.

Одним из основных путей сохранения качества корнажа является применение химических консервантов на основе жидких летучих органических кислот.

В исследовании В.М. Дуборезова и др. определено, что лучшей эффективностью при консервировании влажного зерна кукурузы обладают химические консерванты на основе муравьиной кислоты с добавлением пропионовой [12, 13]. Очевидно, что и при заготовке корнажа использование такого консерванта будет эффективным, в том числе по влиянию на аэробную стабильность корма [14].

Более экономичным способом консервирования зерностержневой массы является применение биологических инокулянтов с отселектированными штаммами осмоотолерантных молочнокислых бактерий и высокой концентрацией активных колониеобразующих единиц, которые увеличивают образование силосующих кислот, способствуют быстрому подкислению корма, подавлению развития нежелательных бактерий, дрожжей, плесневых грибов [15–18].

Цели исследований — изучение консервирующего действия разных добавок при производстве корнажа из раннеспелых гибридов кукурузы для условий Центрального региона РФ и определение их влияния на биохимические показатели качества и питательной ценности полученных кормов.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опыты проведены в лаборатории консервирования и хранения кормов ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» с октября по декабрь 2023 года.

В качестве сырья использовали измельченную зерностержневую массу початков раннеспелого гибрида Эмелин в фазе восковой спелости зерна, предоставленную АО «Зеленоградский» (Московская обл., Россия).

Гибрид интенсивного типа, толерантный к холодным условиям возделывания, включен в Государственный реестр селекционных достижений¹ по Центральному региону на силос. Во время закладки опытов влажность консервируемой массы составляла 57,1%, измельчение производилось на отрезки 10–20 мм при полном дроблении зерна.

Опытные варианты корнажа заложили в герметически закрываемые металлические круглые баки емкостью 0,5 м³ в соответствии с «Методическими рекомендациями по

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорты растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2022; 646.

проведению опытов по консервированию и хранению кормов»².

Для обработки консервируемой массы использовали рекомендованные для консервирования кормов из трав и зерна повышенной влажности химические консерванты: «Сальмоцил FK» (производитель ООО «Апекс Плюс», Россия) на основе муравьиной и пропионовой кислот, формиата натрия и бензоата натрия — в дозе 6 л/т; AIV3 + Na (производитель Taminco Finland Oy, Финляндия) на основе муравьиной и пропионовой кислот, формиата натрия — 5 л/т; экспериментальный химический препарат разработки ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на основе муравьиной, уксусной и пропионовой кислот (далее — «ЭХ-4») в дозе 5 л/т.

Кроме химических консервантов, в опыте использовали биологический инокулянт «Биотал Биокримп» (Lallemand, Россия), который представляет собой комбинацию лиофильно высушенных живых молочнокислых гомо- и гетероферментативных бактерий *Pedococcus pentosaceus* NCIMB 12455 (не менее $2,0 \times 10^{10}$ КОЕ/г) и *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 (не менее $3,0 \times 10^{11}$ КОЕ/г). Основное предназначение препарата «Биотал Биокримп» — консервирование плющенного зерна.

Корнаж хранился в течение двух месяцев. После вскрытия емкостей был проведен отбор средних проб корма в соответствии с ГОСТ ISO 6497-2014³, как и до закладки на хранение. Содержание в полученных кормах питательных веществ определяли на основе общепринятых методик⁴: сухое вещество — согласно ГОСТ 31640-2012⁵, активную кислотность вытяжки — с применением потенциометра И-500 (НПКФ «Аквилон», Россия), органические кислоты — методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-105М» (ГК «Люмэкс», Россия), аммиак — методом Лонге⁶, легкорастворимые углеводы — методом Бертрапа⁷.

Переваримость питательных веществ корнажа из кукурузы определяли в физиологических опытах на взрослых валухах романовской породы, руководствуясь «Методическими рекомендациями по оценке кормов на основе их переваримости»⁸ и нормами этического обращения с животными⁹. После вскрытия баков корм фасовали в полиэтиленовые пакеты по 9–10 кг и помещали на хранение в морозильную камеру во избежание ухудшения качества. Скармливание корнажа велось взрослым валухам из расчета 20 г сухого вещества на 1 кг их живой массы при дополнительной даче небольшого количества силлажа из люцерны (700 г натуральной влажности) для устранения дефицита белка в рационе и соли-лизунца. Накануне скармливания (за сутки) производили выемку корма из морозилки,

расфасованные образцы оставляли при комнатной температуре для согревания.

Для получения более достоверных результатов скармливание разных видов корнажа с опытными добавками провели на одной тройке валухов. По разнице между количеством питательных веществ, поступивших с кормом и выделенных с калом, рассчитывали коэффициенты переваримости и энергетическую питательность.

Схема опытов по переваримости разных вариантов корнажа приведена в таблице 1.

Математическая и статистическая обработка полученных экспериментальных данных проводилась согласно методике Н.А. Плохинского с использованием программы Microsoft Office Excel (США). Достоверность различий (t) оценивали по критерию Стьюдента¹⁰.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты анализа образцов корнажа при вскрытии емкостей после хранения в течение двух месяцев показали, что по окончании процесса ферментации содержание сухого вещества в кормах несколько понизилось (на 1,2–2,0%), что характерно для силоса.

При этом все варианты корма обладали необходимым для длительной сохранности уровнем кислотности (рН 4,2 и ниже), что исключало развитие нежелательных микроорганизмов (табл. 2).

В вариантах силосования с химическими консервантами подкисление корма произошло за счет внесенных с препаратами органических кислот — муравьиной и пропионовой, частично — вследствие сбраживания сахаров. Так, остаточное содержание сахара в силосе с химическими консервантами AIV3 + Na, «Сальмоцил FK» и «ЭХ-4» составило от 4,09 до 5,24% в расчете на сухое

Таблица 1. Схема физиологических опытов на валухах по переваримости корнажа
Table 1. Scheme of physiological experiments on wethers on the digestibility of snaplage

Объект исследования	Переваримость, %					ОЭ в 1 кг СВ, МДж
	СВ	протеина	клетчатки	жира	БЭВ	
Корнаж + «ЭХ-4» (5 л/т)	+	+	+	+	+	+
Корнаж + AIV3+NA (5 л/т)	+	+	+	+	+	+
Корнаж + «Сальмоцил FK» (6 л/т)	+	+	+	+	+	+
Корнаж + «Биотал Биокримп» (5 г/т)	+	+	+	+	+	+

Таблица 2. Влияние консервантов на биохимические показатели качества корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы
Table 2. The influence of preservatives on biochemical indicators of snaplage quality from early-ripening hybrid corn

Вариант корма с различными консервантами	рН	Содержание в сухом веществе, %			Отношение, %	
		сахар	органические кислоты*		азота аммиака к общему азоту	молочной кислоты к сумме кислот
			молочная	уксусная		
AIV3 + Na	3,99 ± 0,01	5,24 ± 0,09	0,15 ± 0,00	0,10 ± 0,00	2,98 ± 0,07	63,30
«Сальмоцил FK»	4,21 ± 0,01	4,09 ± 0,14	0,30 ± 0,00	0,15 ± 0,00	4,19 ± 0,00	66,67
«ЭХ-4»	4,14 ± 0,00	4,40 ± 0,07	0,19 ± 0,01	0,11 ± 0,01	3,21 ± 0,00	63,30
«Биотал Биокримп»	4,10 ± 0,01	0,62 ± 0,04	2,91 ± 0,04	0,53 ± 0,00	6,04 ± 0,04	84,61

Примечание: * масляной кислоты не обнаружено; ** разность достоверна по отношению к контролю при $p \geq 0,95$.

² Бондарев В.А., Косолапов В.М., Победнов Ю.А. и др. Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов: методические рекомендации. М.: Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров агропромышленного комплекса. 2008; 67.

³ ГОСТ ISO 6497-2014 Корма. Отбор проб.

⁴ Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К., Косолапова В.Г. Физико-химические методы анализа кормов. М.: Типография Россельхозакадемии. 2014; 344. ISBN 978-5-906592-28-6, EDN SXFMGP

⁵ ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

⁶ ГОСТ 26180-84 Корма. Методы определения аммиачного азота и активной кислотности (рН).

⁷ ГОСТ 26176-2019 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. М.: Издательство стандартов. 1984; 13.

⁸ Григорьев Н.Г., Воробьев Е.С., Фицев А.И. и др. Методические рекомендации по оценке кормов на основе их переваримости. М.: Всероссийская академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина. 1989; 44.

⁹ ГОСТ Р 33044-2014 Принципы надлежащей лабораторной практики. М.: Стандартинформ. 2015; 16.

¹⁰ Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ 1970; 367.

вещество, тогда как в корнаже с биопрепаратом «Биотал Биокримп» — только 0,62%.

В полученных кормах доля молочной кислоты от суммы кислот (молочной, уксусной и масляной) была небольшой (63,3–66,67%). Но если учесть весь профиль кислот, образовавшихся в процессе брожения и внесенных вместе с химическими препаратами, то картина изменится и доля консервирующих кислот составит более 80% (табл. 3).

Следует отметить, что биологический инокулянт «Биотал Биокримп» обладал достаточной консервирующей эффективностью при производстве корнажа из раннеспелого гибрида Эмелин и не уступал более дорогим химическим консервантам. Корм с его применением подкислился до pH 4,10 за счет интенсивного сбраживания растворимых углеводов до молочной и (частично) уксусной кислот, уровень которых составил 2,91% и 0,53%, соответственно, в сухом веществе корма. В корнаже этого варианта отсутствовало маслянокислое брожение, тогда как в кормах с химическими консервантами определялись следы масляной кислоты.

При анализе содержания аммиачной фракции азота во всех вариантах корнажа его наличие не превышало 7%, что является нижней границей стандарта для объемистых кормов из кукурузы I класса (ГОСТ Р 5598-2022)¹¹.

В таблице 4 приведено содержание основных питательных веществ корнажа при различных способах консервирования.

Установлено, что корма с испытанными консервантами практически не различались по содержанию протеина, жира, клетчатки, БЭВ и золы. Как и ожидалось, в корнаже преобладали безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), доля которых составляла от 74,20 до 76,25% в зависимости от варианта консервирования. Это позволяет считать корнаж в большей степени энергонасыщенным кормом (в сравнении с кукурузным

силосом) за счет более высокого содержания крахмала, сконцентрированного в зерне початков.

Завершили оценку качества корнажа физиологическими опытами на валухах романовской породы, которым скармливали опытные варианты корма при даче небольшого количества силлажа из люцерны для коррекции рациона по содержанию сырого протеина.

Данные по переваримости рационов представлены в таблице 5.

Результаты опытов показали, что переваримость сухого вещества рационов, в которых корнаж из раннеспелого гибрида кукурузы Эмелин занимал более 80% по питательности, была высокой — свыше 70% для всех вариантов корма. Это повлияло на его энергетическую питательность — свыше 11 МДж ОЭ в 1 кг сухого вещества. Можно отметить и тенденцию к повышению переваримости сырого протеина, жира и клетчатки в корнаже с химическими консервантами, но меньшие значения этого показателя по БЭВ.

При этом лучшие результаты по переваримости (73,21% СВ) определены у образца корма, обработанного экспериментальным химическим препаратом «ЭХ-4», что обеспечило более высокую концентрацию обменной энергии — 11,32 МДж.

Переваримость корнажа с биологическим препаратом «Биотал Биокримп» была несколько ниже и составила 70,20% при содержании 11,11 МДж ОЭ. Снижение общей энергии корма связано с более активным процессом ферментации, в результате которого легкопереваримые углеводы были использованы на сбраживание и образование органических кислот — молочной и уксусной.

В результате потери питательных веществ при ферментации в этом варианте были выше, чем при химическом консервировании, где подкисление массы произошло искусственно, за счет внесенных органических кислот — муравьиной и уксусной, а содержащиеся в массе сахара не тратились на образование кислот.

Таблица 3. Профиль органических кислот корнажа из кукурузы после 60 дней хранения

Table 3. Organic acid profile of corn snaplage after 60 days of storage

Вариант	Содержание органических кислот в сухом веществе корнажа, %							
	молочная	уксусная	муравьиная	яблочная	янтарная	лимонная	щавелевая	пропионовая
AIV 3+Na	0,15	0,10	0,94	0,14	0,02	0,06	0,01	0,06
«Сальмоцил FK»	0,30	0,15	0,77	0,14	0,02	0,07	0,01	0,10
«ЭХ-4»	0,19	0,11	0,60	0,14	0,00	0,07	0,02	0,41
«Биотал Биокримп»	2,91	0,53	–	–	0,10	–	0,02	–

Таблица 4. Содержание основных питательных веществ корнажа из кукурузы после 60 дней хранения

Table 4. Feed value of snaplage after 60 days of storage

Вариант корнажа с консервантами	Массовая доля в сухом веществе сырых питательных веществ, %				
	протеин	жир	клетчатка	зола	БЭВ
AIV 3+Na	8,30 ± 0,10	3,70 ± 0,01	10,98 ± 0,13	2,82 ± 0,00	74,20 ± 0,34
«Сальмоцил FK»	7,73 ± 0,07	3,15 ± 0,03	10,70 ± 0,15	2,17 ± 0,02	76,25 ± 0,28
«ЭХ-4»	7,45 ± 0,14	3,50 ± 0,01	11,21 ± 0,06	2,97 ± 0,01	74,87 ± 0,37
«Биотал Биокримп»	8,08 ± 0,17	3,29 ± 0,01	10,99 ± 0,08	2,60 ± 0,00	75,04 ± 0,40

Таблица 5. Переваримость питательных веществ рационов с корнажом (80% корнажа по питательности), %

Table 5. Digestibility of nutrients in diets (80% nutritional value of snaplage), %

Вариант корма	Переваримость, %					ОЭ, МДж в 1 кг СВ
	СВ	СП	СЖ	СК	БЭВ	
AIV 3+Na	72,32 ± 0,11	11,27 ± 0,02	86,39 ± 0,54	55,17 ± 3,20	81,97 ± 0,50	11,27 ± 0,02
«Сальмоцил FK»	70,97 ± 0,66	11,26 ± 0,26	84,01 ± 0,58	55,63 ± 5,79	81,85 ± 0,31	11,26 ± 0,26
«ЭХ-4»	73,21 ± 0,93	11,32 ± 0,16	87,14 ± 0,93	57,22 ± 1,25	82,57 ± 0,93	11,32 ± 0,16
«Биотал Биокримп»	70,20 ± 1,67	11,11 ± 0,33	82,12 ± 1,07	46,33 ± 5,85	82,81 ± 0,69	11,11 ± 0,33

¹¹ ГОСТ Р 55986-2022 Силос и силлаж. М.: Российский институт стандартизации. 2022; 16.

Выводы/Conclusions

Результаты лабораторно-практических исследований показали, что при консервировании зерноотрубной массы влажностью более 55% при добавлении «ЭХ-4» (5 л/т), АИВ 3 + Na (5 л/т), «Сальмоцил FK» (6 л/т) и «Биотал Биоkrimп» (5 г/т) возможно получить качественный корм с остаточным содержанием сахаров выше 0,5% в сухом веществе, не превышающим нормативные значения содержания аммиачного азота.

Использование биологического инокулянта при заготовке корнажа из раннеспелого гибрида кукурузы Эмелин в фазе восковой спелости зерна влажностью

57,10% запускает направленный процесс благоприятной ферментации, способствует усилению активной кислотности и образованию органических кислот выше уровня вариантов с использованием химических консервантов на основе органических кислот, ингибируя развитие вырабатывающих масляную кислоту микроорганизмов.

Корнаж с «Биотал Биоkrimп» существенно не отличался по показателям питательности от других обработок, сохранил переваримость в рамках физиологического опыта на валухах романовской породы выше 70% и содержал более 11 МДж обменной энергии.

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. Зиновенко А.Л., Пилиук Н.В. Технологические заготовки кукурузного корнажа. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2015; 50(1): 267–275. <https://www.elibrary.ru/vcfand>
2. Беломонозов Т.Д., Клименко В.П. Качество силоса и корнажа из раннеспелых гибридов кукурузы при интенсивном возделывании в Центральном регионе России. *Кормопроизводство*. 2024; (3): 35–41. <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-3-35-41>
3. Игнатев Д.А., Воронин А.Н., Ялтикова М.Г. Использование кукурузы в молочном животноводстве. *Молодежь и инновации. Материалы XX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов*. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2024; 212–215. <https://www.elibrary.ru/eptdts>
4. Ferraretto L.F., Shaver R.D., Luck B.D. *Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting*. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(5): 3937–3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>
5. Черняев Д.А. Определение количества технологических и транспортных машин при заготовке кукурузы на корнаж. *Идеи молодых ученых — агропромышленному комплексу: тенденции развития агроинженерии. Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Института агроинженерии*. Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 2024; 79–84. <https://www.elibrary.ru/ptzoqk>
6. Gusmão J.O., Lima L.M., Ferraretto L.F., Casagrande D.R., Bernardes T.F. Effects of hybrid and maturity on the conservation and nutritive value of snaplage. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 274: 114899. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.114899>
7. Беломонозов Т.Д., Клименко В.П., Осипян Б.А., Васильева Е.П. Использование гибрида кукурузы Ross 195 для производства силоса в условиях Центрального Нечерноземья. *Аграрная наука*. 2023; (11): 54–58. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-54-58>
8. Mikhailova M.Yu., Minikaev R.V., Fashutdinov F.Sh., Vafina L.T. Potential of corn hybrids of universal use. *BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources"*. EDP Sciences. 2022; 52: 00085. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200085>
9. Соколова Е.Г., Гаевская Е.С. Преимущества использования консервированного корма из кукурузы крупного рогатому скоту — корнаж. *Цифровые технологии — основа современного развития АПК. Сборник материалов Международной научной конференции*. Смоленск: Смоленская государственная сельскохозяйственная академия. 2020; 1: 253–256. <https://www.elibrary.ru/ymxvga>
10. Андреев И.В., Дуборезов И.В., Дуборезов В.М. Влажное фуражное зерно из гибридов кукурузы различной спелости. *Научное обеспечение Сибири. Материалы III Международной научно-практической конференции*. Красноярск: Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. 2019; 12–14. <https://www.elibrary.ru/ikmjvd>
11. Коренева А. Корнаж — перспективный корм для высокопродуктивного молочного животноводства. *Комбикорма*. 2022; (10): 31–34. <https://www.elibrary.ru/uvxryw>
12. Дуборезов В.М., Виноградов В.Н., Дуборезов И.В., Андреев И.В. Эффективность консервантов при хранении плющеного зерна кукурузы. *Кормопроизводство*. 2018; (3): 31–34. <https://www.elibrary.ru/yurjfh>
13. Дуборезов В., Андреев И., Дуборезов И. Корма из кукурузы. *Животноводство России*. 2022; (3): 27–28. <https://doi.org/10.25701/ZZR.2020.87.78.005>
14. Gheller L.S. et al. Different organic acid preparations on fermentation and microbiological profile, chemical composition, and aerobic stability of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 281: 115083. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.115083>
15. Кумарин В.С. На что обращать внимание при выборе консервантов кормов. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (2): 39–40. <https://www.elibrary.ru/tdximh>

REFERENCES

1. Zinovenko A.L., Pilyuk N.V. Technology for maize cornage preservation. *Zootechical Science of Belarus*. 2015; (1): 267–275 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vcfand>
2. Belomozhnov T.D., Klimenko V.P. Quality of silage and cornage from early-maturing corn hybrids under intensive agricultural technology in the Central region of Russia. *Fodder Production*. 2024; (3): 35–41 (in Russian). <https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-3-35-41>
3. Ignatiev D.A., Voronin A.N., Yaltikova M.G. Use of corn in dairy farming. *Youth and innovation. Proceedings of the XX All-Russian (national) scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students*. Cheboksary: Chuvash State Agrarian University. 2024; 212–215. <https://www.elibrary.ru/eptdts>
4. Ferraretto L.F., Shaver R.D., Luck B.D. *Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting*. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(5): 3937–3951. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13728>
5. Chernyaev D.A. Determining the number of technological and transport machines when harvesting corn for corn stumps. *Ideas of young scientists — to the agro-industrial complex: trends in the development of agricultural engineering. Proceedings of the International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists of the Institute of Agricultural Engineering*. Chelyabinsk: South Ural State Agrarian University. 2024; 79–84. <https://www.elibrary.ru/ptzoqk>
6. Gusmão J.O., Lima L.M., Ferraretto L.F., Casagrande D.R., Bernardes T.F. Effects of hybrid and maturity on the conservation and nutritive value of snaplage. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 274: 114899. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.114899>
7. Belomozhnov T.D., Klimenko V.P., Osipyann B.A., Vasilyeva E.P. The use of corn hybrid Ross 195 for silage production in Central Non-Black Earth Region. *Agrarian science*. 2023; (11): 54–58 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-54-58>
8. Mikhailova M.Yu., Minikaev R.V., Fashutdinov F.Sh., Vafina L.T. Potential of corn hybrids of universal use. *BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources"*. EDP Sciences. 2022; 52: 00085. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20225200085>
9. Sokolova E.G., Gaevskaya E.S. Advantages of using canned corn feed for cattle — snaplage. *Digital technologies are the basis of modern development of the agro-industrial complex. Collection of materials of the International scientific conference*. Smolensk: Smolensk State Agricultural Academy. 2020; 1: 253–256 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ymxvga>
10. Andreev I.V., Duborezov I.V., Duborezov V.M. High-moisture feed grain from corn hybrids of various ripeness. *Scientific support of Siberia. Proceedings of the III International scientific and practical conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2019; 12–14 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ikmjvd>
11. Koreneva A. Snaplage is the promising cost-effective feed for highly productive dairy farming. *Compound feeds*. 2022; (10): 31–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/uvxryw>
12. Duborezov V.M., Vinogradov V.N., Duborezov I.V., Andreev I.V. Conservant effectiveness when storing rolled grain of maize. *Fodder Production*. 2018; (3): 31–34 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yurjfh>
13. Duborezov V., Andreev I., Duborezov I. Feeds from maize. *Animal Husbandry of Russia*. 2022; (3): 27–28 (in Russian). <https://doi.org/10.25701/ZZR.2020.87.78.005>
14. Gheller L.S. et al. Different organic acid preparations on fermentation and microbiological profile, chemical composition, and aerobic stability of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2021; 281: 115083. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2021.115083>
15. Kumarin V.S. What to consider when choosing silage inoculants. *Dairy and beef cattle farming*. 2020; (2): 39–40 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tdximh>

16. Pordeus N.M. et al. Snaplage with microbial inoculant or organic acids has altered fermentative losses, microorganism counts, starch content and improves feed intake, digestibility and modulates ruminal fermentation in lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2023; 66(4): 349–365. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2077770>

17. da Silva É.B. et al. The use of *Lentilactobacillus buchneri* PJB1 and *Lactiplantibacillus plantarum* MTD1 on the ensiling of whole-plant corn silage, snaplage, and high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(2): 883–901. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23672>

18. Капсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н. Сравнительная оценка питательной ценности кормов из малораспространенных силосных культур. *Аграрная наука*. 2023; (6): 71–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-71-75>

16. Pordeus N.M. et al. Snaplage with microbial inoculant or organic acids has altered fermentative losses, microorganism counts, starch content and improves feed intake, digestibility and modulates ruminal fermentation in lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2023; 66(4): 349–365. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2077770>

17. da Silva É.B. et al. The use of *Lentilactobacillus buchneri* PJB1 and *Lactiplantibacillus plantarum* MTD1 on the ensiling of whole-plant corn silage, snaplage, and high-moisture corn. *Journal of Dairy Science*. 2024; 107(2): 883–901. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23672>

18. Kapsamun A.D., Pavyuchik E.N., Ivanova N.N. Comparative assessment of the nutritional value of feed from rare silage crops. *Agrarian science*. 2023; (6): 71–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-71-75>

ОБ АВТОРАХ

Тимофей Дмитриевич Беломононов
аспирант
belomozhnovt@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3570-6014>
+7(999)-805-46-90

Владимир Павлович Клименко
доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора
vp-klimenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1556-7344>

Светлана Андреевна Маляренко
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
malyar95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1776-3082>

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса, Научный городок, корп. 1, Лобня, Московская обл., 141055, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Timofey Dmitrievich Belomozhnov
Graduate Student
belomozhnovt@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3570-6014>
+7(999)-805-46-90

Vladimir Pavlovich Klimenko
Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director
vp-klimenko@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1556-7344>

Svetlana Andreevna Malyarenko
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
malyar95@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1776-3082>

V.R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology, 1 Scientific town, Lobnya, Moscow region, 141055, Russia

**МЕРОПРИЯТИЯ
ЖУРНАЛА «АГРОБИЗНЕС»**



**РОССИЙСКИЙ
ФОРУМ ПОЛЕВОДОВ**
АГРОТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

5-6 сентября 2024

Основные темы:

- Обработка почвы: вспашка, культивация, внесение удобрений
- Семена: обработка, сев. Потенциал и качество семенного материала
- Прибыльная защита полевых культур
- Уборка урожая: механизация, агромониторинг с применением цифровых технологий



fieldagriforum.ru

ПЛОДЫ И ОВОЩИ
VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

31 октября - 1 ноября 2024

Основные темы:

- Перспективы и болевые точки отрасли плодородия
- Технологии хранения и предпродажной подготовки фруктов и овощей
- Инфраструктура сбыта плодов и овощей. Как реализовать?
- Овощеводство открытого грунта: состояние рынка, развитие и потенциал



fruitforum.ru

ЗЕРНО РОССИИ
IX СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

13-14 февраля 2025

Основные темы:

- Рынок зерна в России: проблемы и перспективы
- Проблемы повышения урожайности и качества зерна
- Технологические решения для выращивания и хранения зерна
- Проблемы и пути реализации зерна



events.agbz.ru

ТЕПЛИЧНАЯ ОТРАСЛЬ
VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

24-25 апреля 2025

Основные темы:

- Российское овощеводство закрытого грунта: состояние отрасли, перспективы развития, господдержка.
- Технологии хранения и предпродажной подготовки овощей для эффективной реализации
- Организация логистических процессов и сбыта плодовоовощной продукции: оптимальные механизмы взаимодействия с сетями



greenhouseforum.ru

Ю.Г. Турлова¹ ✉М.В. Позовникова¹А.А. Крутикова¹В.В. Никитин²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия

✉ jturlova@gmail.com

Поступила в редакцию: 10.06.2024

Одобрена после рецензирования: 16.09.2024

Принята к публикации: 30.09.2024

© Турлова Ю.Г., Позовникова М.В., Крутикова А.А., Никитин В.В.

Julia G. Turlova¹ ✉Marina V. Pozovnikova¹Anna A. Krutikova¹Vladimir V. Nikitin²

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

✉ jturlova@gmail.com

Received by the editorial office: 10.06.2024

Accepted in revised: 16.09.2024

Accepted for publication: 30.09.2024

© Turlova J.G., Pozovnikova M.V., Krutikova A.A., Nikitin V.V.

Связь полиморфизма гена FSHR с воспроизводительными качествами коров голштинской породы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Расширение представлений о механизмах гормональной регуляции полового цикла коров дало возможность разработать большое число программ синхронизации. Это позволяет в некоторой степени решать проблемы, связанные со снижением воспроизводства стада на фоне растущей молочной продуктивности. Параллельно ведется активный поиск биомаркеров, связанных с фертильностью коров, а также для выявления животных, имеющих высокий овариальный ответ на введение экзогенных гонадотропинов.

Цель работы — изучение полиморфизма гена FSHR и его ассоциации с показателями воспроизводства у коров черно-пестрой голштинизированной породы.

Результаты. По результатам генотипирования коров ($n = 128$) по гену FSHR определена частота встречаемости генотипа CC на уровне 0,601, генотипа CG — 0,360, GG — 0,031. Установлено, что для плодотворного осеменения особям с генотипом CG требуется меньшее число осеменений. В случном возрасте кратность осеменения телок с генотипом CG составила 1,43, что меньше, чем у телок с генотипом CC — 1,60 ($p < 0,001$). После первого отела коровы с генотипом CG активнее отвечали на гормональную стимуляцию в послеродовый период. Интервал от первого до плодотворного осеменения у коров с генотипом CG был равен 34,7 дня, у коров с генотипом CC — 57,2 дня ($p < 0,05$). Число стельных коров с генотипом CG, повторно осемененных по факту естественной охоты, было в 2,1 раза выше, чем число коров с генотипом CC (66,7% и 31,2%). Предположено, что экзогенное введение гормонов оказывает стимулирующее действие на систему «гипоталамус — гипофиз — гонады» у коров с генотипом CG, что приводит к выработке собственных гормонов, ответственных за регуляцию полового цикла.

Ключевые слова: молочные коровы, плодовитость, синхронизация, ФСГ крупного рогатого скота, полиморфизм FSHR

Для цитирования: Турлова Ю.Г., Позовникова М.В., Крутикова А.А., Никитин В.В. Связь полиморфизма гена FSHR с воспроизводительными качествами коров голштинской породы. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 86–90.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-86-90>

Association of FSHR gene polymorphism with fertility of Holstein cows

ABSTRACT

Relevance. The view of the mechanisms of hormonal regulation of the ovarian cycle of cows has allowed the development of a large number of synchronization programs. An active search is underway for biomarkers related to the fertility of cows, as well as to identify animals with a high ovarian response to the injection of exogenous gonadotropins.

The aim of the work is to study the polymorphism of the FSHR gene and its association with reproduction indicators in black-and-white Holstein dairy cows.

Results. Based on the results of genotyping cows ($n = 128$) using the FSHR gene, the frequency of occurrence of the CC genotype was determined at the level of 0.601, the CG genotype — 0.360, GG — 0.031. It was found that for productive insemination, animals with the CG genotype require fewer inseminations. At the same age, the frequency of insemination of heifers with the CG genotype was 1.43, with the CC genotype — 1.60. After the first calving, the animals with the CG genotype responded more actively to hormonal stimulation in the postpartum period. The interval from the first to fruitful insemination in cows with the CG genotype was 34.7 days, in cows with the CC genotype — 57.2 days ($p < 0.05$). The number of pregnant cows with the CG genotype re-inseminated after natural hunting was 2.1 times higher than the number of cows with the CC genotype (66.7% and 31.2%). It is assumed that exogenous hormone injection has a stimulating effect on the hypothalamus-pituitary-gonad system in cows with the CG genotype.

Key words: dairy cows, fertility, synchronization, bovine FSH, FSHR polymorphism

For citation: Turlova J.G., Pozovnikova M.V., Krutikova A.A., Nikitin V.V. Association of FSHR gene polymorphism with fertility of Holstein cows. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 86–90 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-86-90>

Введение/Introduction

Изучение механизмов гормональной регуляции полового цикла коров позволило разработать большое количество программ синхронизации. Их применение дает возможность в той или иной степени решать проблемы, связанные со снижением воспроизводства стада на фоне растущей молочной продуктивности. Основным принципом данных программ является сочетанное применение гормональных препаратов: гонадотропин-рилизинг-гормонов (ГнРГ), простагландинов F2 α , прогестагенов [1, 2].

Протоколы гормональной стимуляции могут быть направлены на синхронизацию полового цикла (Presynch, Resynch) и синхронизацию половой охоты (Ovsynch, DoubleOvsynch). Применение данных схем зачастую становится неизбежным в условиях интенсивного молочного производства, позволяет оптимизировать затраты производственного цикла [3].

Положительный момент применения схем гормональной синхронизации — возможность осеменения коров в запланированное время независимо от степени выраженности половой охоты. Тем не менее результативность осеменения при использовании стандартных протоколов синхронизации находится на уровне 35–40% [4, 5].

Предложено большое количество модификаций схем, в которых моделируются интервалы введения гормональных препаратов с учетом наступления соответствующей фазы полового цикла, функционального состояния яичников и матки [1, 2, 4].

Фертильность коров является многофакторным признаком, зависит от биологических (генетическая предрасположенность, гормональный статус, функциональное состояние животного) и паратипических (условия содержания и кормления, уровень менеджмента в стаде, квалификация специалистов, климатические условия) факторов [3, 5].

Современные знания о роли генетических факторов в формировании воспроизводительной функции коров постоянно расширяются. Одним из ключевых гормонов, участвующих в регуляции полового цикла, является фолликулостимулирующий гормон (ФСГ). Это гонадотропный гормон, вырабатываемый в передней доле гипофиза. ФСГ способствует росту фолликулов в яичниках самки и влияет на выработку эстрогенов.

Чувствительность гонад к ФСГ зависит от наличия специфического рецептора (FSHR). Он экспрессируется клетками гранулезы яичника и, как полагают, регулирует фазы созревания фолликулов в ответ на тонический выброс ФСГ гипофизом [6, 7]. Установлено, что при воздействии постоянной концентрации ФСГ уровень экспрессии FSHR снижается [8].

Накапливаются данные о кисспептинах, влияющих на фертильность самок — от стадии полового созревания, секреции гонадотропных гормонов до наступления овуляции. Предполагается, что кисспептины могут подавлять экспрессию рецептора ФСГ [9]. У человека установлено более десятка полиморфных вариантов FSHR, которые рассматриваются как маркеры овариального резерва яичников, определены патогенные варианты, вызывающие недостаточность яичников, обусловленную резистентностью к ФСГ [10].

Ген FSHR крупного рогатого скота расположен в 11-й хромосоме и состоит из 10 экзонов и 11

интронов. Наибольший интерес представляет 10-й экзон, включающий трансмембранный домен [7, 11].

Описано несколько полиморфных сайтов гена FSHR, имеющих ассоциации с репродуктивным потенциалом коров. Так, по SNP P113A (с. 337 C > G) коровы голштинской породы с генотипом GG имели более высокий выход жизнеспособных эмбрионов, носители генотипов GG и CG имели меньше неоплодотворенных ооцитов по сравнению с генотипом CC. У гомозиготных животных AA по SNP I291V (с. 871 A > G) был установлен меньший выход жизнеспособных эмбрионов и больше неоплодотворенных ооцитов после индукции суперовуляции.

Изучение однонуклеотидной замены гена FSHRT658S (с. 1973 C > G) выявило ассоциации с выходом жизнеспособных эмбрионов и процентом бесплодных ооцитов. Поэтому ген FSHR рассматривается как биомаркер для выявления потенциальных коров-доноров, имеющих высокий реакционный ответ на введение экзогенных гонадотропинов [7, 12]. Изучалась связь аллельных вариантов гена FSHR с качеством и количеством ооциткумулюсных клеток в яичниках коров, однако достоверных различий между генотипами не выявлено [13].

У быков ген FSHR необходим для функционирования клеток Сертоли и поддержания сперматогенеза. По результатам генотипирования по полиморфизму TaqI g.234500 A > T быки с генотипом AA достоверно имели более высокий дуплетный объем, концентрацию и общее количество клеток, чем особи с генотипом TT [14].

Цель работы — изучение полиморфизма гена FSHR и его связи с показателями воспроизводства у коров черно-пестрой голштинизированной породы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для исследований были отобраны коровы-сверстницы (рождения 2019–2020 гг.) черно-пестрой голштинизированной породы (Ленинградская обл., Россия) в количестве 128 голов.

Подобранные животные проходили синхронизацию в зимне-весенний и осенне-зимний периоды. Первый отел был в 2021–2022 гг. Средний удой за 305 дней первой лактации составил 9650 кг. На момент исследования все коровы имели по две законченные лактации.

Сбор фенотипических данных по всем головам проводился в три этапа: в случной период (телки возраста 14–16 месяцев), после первого и второго отелов.

Забор крови у животных проводили однократно. Кровь от коров получали пункцией из хвостовой вены в пробирки с K3EDTA. Все процедуры на животных проводились в соответствии с Протоколом Комиссии по этике экспериментов на животных Федерального научного центра животноводства им. Л.К. Эрнста (№ 2020/2) и Законом Российской Федерации о ветеринарной медицине¹ (от 14 мая 1993 г. № 4979-1).

Исследования проводили в лаборатории молекулярной генетики Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ) в 2023 году.

¹ <https://fsvps.gov.ru/files/zakon-rf-ot-14-maja-1993-g-n-4979-1-o-veterinarij/>

Кровь от коров получали пункцией из хвостовой вены в пробирки с K3EDTA. Геномную ДНК выделяли из крови фенол-хлороформным методом². Качество и количество полученной ДНК оценивали на спектрофотометре NanoDrop 2000 (ThermoScientific, США).

Генотипирование образцов проводили методом ПЦР-ПДРФ (полимеразная цепная реакция и полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) по протоколу [11].

Для обнаружения полиморфных вариантов FSHR использовали праймеры (ООО «Синтол», Россия): прямой (5' STGCCTCCCTCAAGGTGCCCTC3') и обратный (5' AGTTCTTGGCTAAATGTCTTAGGGGG3') [11]. Полученный амплификат имел длину 306 п. н. Образцы обрабатывали эндонуклеазой рестрикции AluI в течение 2 часов при 37 °C (ООО «Сибэнзим», Россия). Детекция фрагментов проводилась в 2%-ном агарозном геле с бромистым этидием. Генотипу CC соответствовали фрагменты 243 и 63 п. н., генотипу CG — 243, 193, 63 и 50 п. н., генотипу GG — 193, 63 и 50 п. н.

В хозяйстве протоколам гормональной синхронизации полового цикла подлежат только коровы, телки осеменяются по факту естественной охоты. Для индукции полового цикла ко всем новотельным коровам применялся единый протокол: с 40-го дня используется схема синхронизации Presynch, с 57–63-го дня после отела применяется схема DoubleOvsynch.

Степеньность определялась УЗИ на 35–40-й день. Ультразвуковая диагностика проводилась на аппарате MindRayDP 10VET (Китай).

Коров, чья степеньность не подтверждалась УЗИ, осеменяли по факту естественной охоты или после синхронизации по протоколу гормональной обработки Resynch.

Оценивались показатели воспроизводства: сервис-период (СП), межотельный период (МОП), наличие половой охоты, кратность и результативность осеменения. Данные взяты из соответствующих журналов ветеринарного и зоотехнического учета в хозяйстве.

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Office Excel (США), достоверность рассчитана по критерию Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Оценку генетического состава выборки и степень нарушения генного равновесия проводили согласно закону Харди — Вайнберга.

Соответствие наблюдаемого и ожидаемого распределения генотипов анализировали методом χ -квadrата³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты генотипирования по гену FSHR показали, что в исследуемой выборке животных ($n = 128$) наибольшая частота встречаемости установлена для генотипа CC — 0,601 (78 голов), гетерозиготный генотип CG определен у 46 голов (0,360), 4 головы — носители гомозиготного генотипа GG, частота встречаемости — 0,031. Соответственно, частота встречаемости аллеля C и G гена FSHR составила 0,789 и 0,211. Нарушения генного равновесия между эмпирическим и теоретическим распределением генотипов по методу Харди — Вайнберга не выявлено ($\chi^2 = 0,682$).

Ранее были установлены сходные данные по генотипированию коров в другом хозяйстве Ленинградской

области: частота встречаемости генотипа CC определена на уровне 0,724, CG — 0,218, GG — 0,031 [13].

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика показателей воспроизводства телок (коров) разных генотипов по гену FSHR. Группа животных с генотипом GG ввиду малочисленности не учитывалась в сравнительном анализе.

Результативность 1-го осеменения по телкам с генотипом CC и CG была на уровне 66–67%. После 1-го и 2-го отелов этот показатель ожидаемо снизился: до 42,3% и 36,3% — у коров с генотипом CC, до 39,1% и 32,6% — у коров с генотипом CG соответственно.

Показатель плодотворности осеменения является многофакторным и зависит как от физиологического состояния животного (возраст, гормональный и метаболический статус, наличие заболеваний органов репродукции и др.), так и от факторов, связанных с кормлением, содержанием животных, с применением схем синхронизации с фиксированным временем искусственного осеменения.

По показателям межотельного и сервис-периода различия между коровами с генотипами CC и CG были незначительны. Эти показатели информативны для оценки воспроизводительных качеств в зоотехнической практике, если к животным не применяются методы гормональной синхронизации. В противном случае, когда сроки осеменения группы коров или всего стада искусственно приводятся к единому показателю, сроки СП и МОП не могут объективно отражать ситуацию с воспроизводством. Например, у исследуемых животных срок осеменения в первую (индуцированную) охоту был равен 65–77 дней независимо от степени ее проявления.

Кратность осеменений телок с генотипом CG была меньше на 0,17, чем у телок с генотипом CC: 1,43 и 1,60 соответственно ($p < 0,001$). Такая же тенденция сохранилась у этих животных при осеменении после 1-го отела. Интервал от 1-го до плодотворного осеменения у коров с генотипом CG составил 34,7 дня, что на 22,5 дня меньше, чем у коров с генотипом CC — 57,2 дня ($p < 0,05$). Суммарно такой интервал соответствует по продолжительности двум протоколам Ovsynch (10 дней). Показатель свидетельствует о меньшем числе осеменений, требуемых для получения степеньности.

Таблица 1. Показатели репродуктивных качеств телок (коров) с различными генотипами гена FSHR

Table 1. The reproductive qualities of heifers (cows) with various genotypes of the FSHR gene

Показатель	Генотип		
	CC (n = 78)	CG (n = 46)	GG (n = 4)
Результативность первого осеменения телок, %	67,3	66,2	75,0
Кратность осеменений телок	1,60 ± 0,011	1,43 ± 0,01***	1,75 ± 0,02
Сервис-период, дни	121 ± 6,6	114 ± 6,5	139 ± 26,0
Межотельный период, дни	406 ± 8,2	390 ± 6,4	446 ± 58,3
Интервал от 1-го до плодотворного осеменения, дни	57,2 ± 8,4	34,7 ± 6,0*	72 ± 10,4
Результативность первого осеменения коров (после 1-го отела), %	42,3	39,1	25,0
Результативность первого осеменения коров (после 2-го отела), %	36,3	32,6	50,0
Аборты, гол.	4	2	1

² https://vniigen.ru/wp-content/uploads/2023/10/Azovtseva_A_I_praktikum_DNK.pdf?x26163

³ Гаевский Н.А. Знакомство с эволюционной генетикой. 2002. https://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/1435/m_evolutgenet.pdf?sequence

На рисунке 1 представлены данные по результативности и кратности осеменений животных с разными генотипами гена FSHR в случной период (телки) и после 1-го отела (коровы).

Показано, что более 66% телок и около 40% коров плодотворно осеменяются после 1-го осеменения (табл. 1). Однако есть отличия среди животных, проходящих повторное осеменение и (в случае коров) повторную синхронизацию. Так, 23% телок с генотипом CG осеменялись во 2-ю охоту, остальные 11% — в 3-ю. Телки с генотипом CC осеменялись в некоторых случаях 4 и более раз (8%).

Коровы с гетерозиготным генотипом в 52% случаев осеменялись со 2-го и 3-го раза, а коровы с генотипом CC плодотворно осеменялись в 17–21% случаев на 2-й, 3-й, 4-й и более раз. Диаграмма косвенно подтверждает полученные данные о различии в результативности и кратности осеменения между животными — носителями различных генотипов гена FSHR.

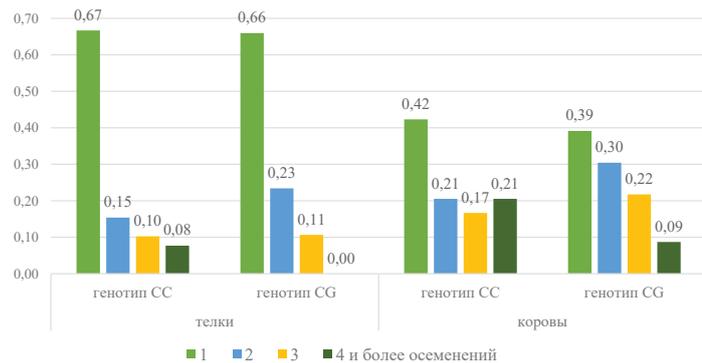
Отмечено, что животные с разными полиморфными вариантами гена FSHR отличаются по характеру выраженности охоты на протяжении полового цикла. Так, из 45 коров с генотипом CC, оставшихся нестельными после 1-го осеменения, 16 голов (35,5%) пришли в естественную охоту, а среди 28 нестельных коров с генотипом CG — 12 голов (41,3%). По результатам текущей естественной охоты из них плодотворно осеменены 5 и 8 голов, то есть результативность осеменения составила 31,2% и 66,7% соответственно.

На гормональную стимуляцию в послетельный период активнее отвечали коровы с генотипом CG, что экономически выгоднее, поскольку для осеменения не требовалось дополнительной гормональной обработки.

Можно предположить, что экзогенное введение гормонов оказывает стимулирующее действие на звенья гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы у коров

Рис. 1. Результативность осеменений телок (коров) с генотипами CC и CG по гену FSHR

Fig. 1. The efficiency of insemination of heifers (cows) with CC and CG genotypes for the FSHR gene



с гетерозиготным генотипом, что приводит к выработке собственных гормонов, ответственных за регуляцию полового цикла. Данное предположение требует проведения дальнейших исследований в этом направлении.

Выводы/Conclusions

Установлено, что коровы с генотипом CG имеют лучшие показатели по плодотворности осеменения (для получения стельности требуется меньшее число осеменений).

В случном возрасте для результативного осеменения телок с генотипом CG кратность осеменения составила 1,43, что меньше на 0,17 ($p < 0,001$), чем у телок с генотипом CC — 1,60. После первого отела особи с генотипом CG активнее отвечали на гормональную стимуляцию в послетельный период.

Интервал от 1-го до плодотворного осеменения у коров с генотипом CG был 34,7 дня, что на 22,5 дня короче ($p < 0,05$), чем у коров с генотипом CC — 57,2 дня. Число стельных коров с генотипом CG, повторно осемененных по факту естественной охоты, было в 2,1 раза выше, чем среди коров с генотипом CC (66,7% и 31,2%).

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № FGGN-2024-0014.

FUNDING

The study was funded by scientific research of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic No. FGGN-2024-0014.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панкратова А.В., Косовский Г.Ю., Насибов Ш.Н. Синхронизация охоты коров в молочном скотоводстве. *Ветеринарная патология*. 2016; (2): 45–49. <https://elibrary.ru/yzarcl>
2. Jeong J.-K., Kim U.-H., Kang H.-G., Kim I.-H. Selective use of a modified pre-synchronization-Ovsynch and resynchronization reproductive strategy in dairy herds: A field application study. *Reproduction in Domestic Animals*. 2021; 57(1): 45–54. <https://doi.org/10.1111/rda.14027>
3. Гальченко В.А., Перерядкина С.П., Никитин Г.С., Авдеенко В.С., Лисиченко Г.О. Эффективность синхронизации половой охоты у коров на высокотехнологичном молочном модернизированном предприятии. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (4): 395–400. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.4.395>
4. Медведев Г.Ф., Петров Д.В. Эффективность гормонального контроля репродуктивной функции коров. *Животноводство и ветеринарная медицина*. 2021; (3): 31–35. <https://elibrary.ru/zpqlqy>
5. Христиановский П.И., Сеитов М.С., Платонов С.А., Медетов Е.С., Алдыаров Т.Б. Сравнительный анализ эффективности фронтального осеменения коров при различных схемах синхронизации половой охоты. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021; (6): 217–220. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-217-221>

REFERENCES

1. Pankratova A.V., Kosovskiy G.Yu., Nasibov Sh.N. Synchronization of hunting cows in dairy farming. *Russian Journal of Veterinary Pathology*. 2016; (2): 45–49 (in Russian). <https://elibrary.ru/yzarcl>
2. Jeong J.-K., Kim U.-H., Kang H.-G., Kim I.-H. Selective use of a modified pre-synchronization-Ovsynch and resynchronization reproductive strategy in dairy herds: A field application study. *Reproduction in Domestic Animals*. 2021; 57(1): 45–54. <https://doi.org/10.1111/rda.14027>
3. Galchenko V.A., Pereryadkina S.P., Nikitin G.S., Avdeenko V.S., Lisichenko G.O. Efficiency of synchronization of sexual hunting in cows at a high-tech dairy modernized enterprise. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022; (4): 395–400 (in Russian). <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.4.395>
4. Medvedev G.F., Petrov D.V. Efficiency of hormone control of reproductive function of cows. *Animal Husbandry Agriculture and Veterinary Medicine*. 2021; (3): 31–35 (in Russian). <https://elibrary.ru/zpqlqy>
5. Khristianovskiy P.I., Seitov M.S., Platonov S.A., Medetov E.S., Aldyarov T.B. Comparative analysis of the effectiveness of frontal insemination of cows with different schemes of synchronization of sexual heat. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; (6): 217–220 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-217-221>

6. Houde A., Lambert A., Silversides D.W., Lussier J.G., Saumande J. Structure of the bovine follicle-stimulating hormone receptor complementary DNA and expression in bovine tissues. *Molecular Reproduction & Development*. 1994; 39(2): 127–135. <https://doi.org/10.1002/mrd.1080390202>
7. Cory A.T., Price C.A., Lefebvre R., Palin M.-F. Identification of single nucleotide polymorphisms in the bovine follicle-stimulating hormone receptor and effects of genotypes on superovulatory response traits. *Animal Genetics*. 2013; 44(2): 197–201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02380.x>
8. Kishi H., Kitahara Y., Imai F., Nakao K., Suwa H. Expression of the gonadotropin receptors during follicular development. *Reproductive Medicine and Biology*. 2018; 17(1): 11–19. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12075>
9. Ширяев Г.В., Пritужалова А.О., Никитин Г.С., Никиткина Е.В., Мусидрай А.А., Алексеева А.Ю. Репродуктивная функция коров (*Bos taurus*) под влиянием различных ксипептинов (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2023; 58(6): 974–989. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.6.974rus>
10. Khor S., Lyu Q., Kuang Y., Lu X. Novel *FSHR* variants causing female resistant ovary syndrome. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*. 2019; 8(2): e1082. <https://doi.org/10.1002/mgg3.1082>
11. Caixeta E.S., Ripamonte P., Franco M.M., Junior J.B., Dode M.A.N. Effect of follicle size on mRNA expression in cumulus cells and oocytes of *Bos indicus*: an approach to identify marker genes for developmental competence. *Reproduction, Fertility and Development*. 2009; 21(5): 655–664. <https://doi.org/10.1071/RD08201>
12. Бригида А.В., Бурсаков С.А., Скачкова О.А., Сорокин В.И., Ковальчук С.Н. Факторы, влияющие на реакционный ответ яичников коров-доноров эмбрионов при введении экзогенных гонадотропинов (обзор). *Достижения науки техники АПК*. 2018; 32(6): 56–63. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10614>
13. Позовникова М.В., Ротарь Л.Н. Оценка коров голштинизированной черно-пестрой породы по полиморфизму гена *FSHR*. *Международный вестник ветеринарии*. 2019; (2): 161–165. <https://elibrary.ru/hfzjwu>
14. Nikitkina E., Krutikova A., Musidray A., Plemashov K. Search for Associations of *FSHR*, *INHA*, *INHAB*, *PRL*, *TNP2* and *SPEF2* Genes Polymorphisms with Semen Quality in Russian Holstein Bulls (Pilot Study). *Animals*. 2021; 11(10): 2882. <https://doi.org/10.3390/ani11102882>

ОБ АВТОРАХ

Юлия Григорьевна Турлова¹

кандидат биологических наук
jturlova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9845-1421>

Марина Владимировна Позовникова¹

кандидат биологических наук
pozovnikova@gmail.com
Scopus Author ID: 57200383317

Анна Алексеевна Крутикова¹

кандидат биологических наук
anntim2575@mail.com
Scopus Author ID: 57194646991

Владимир Вячеславович Никитин²

ассистент кафедры генетических
и репродуктивных технологий
nikitin89@list.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, ул. Черниговская, 5, Санкт-Петербург, 196084, Россия

6. Houde A., Lambert A., Silversides D.W., Lussier J.G., Saumande J. Structure of the bovine follicle-stimulating hormone receptor complementary DNA and expression in bovine tissues. *Molecular Reproduction & Development*. 1994; 39(2): 127–135. <https://doi.org/10.1002/mrd.1080390202>

7. Cory A.T., Price C.A., Lefebvre R., Palin M.-F. Identification of single nucleotide polymorphisms in the bovine follicle-stimulating hormone receptor and effects of genotypes on superovulatory response traits. *Animal Genetics*. 2013; 44(2): 197–201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02380.x>

8. Kishi H., Kitahara Y., Imai F., Nakao K., Suwa H. Expression of the gonadotropin receptors during follicular development. *Reproductive Medicine and Biology*. 2018; 17(1): 11–19. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12075>

9. Shiryayev G.V., Prituzhalova A.O., Nikitin G.S., Nikitkina E.V., Musidray A.A., Alekseeva A.Yu. The influence of various kisspeptins on the reproductive function of *Bos taurus* (review). *Agricultural Biology*. 2023; 58(6): 974–989. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2023.6.974eng>

10. Khor S., Lyu Q., Kuang Y., Lu X. Novel *FSHR* variants causing female resistant ovary syndrome. *Molecular Genetics & Genomic Medicine*. 2019; 8(2): e1082. <https://doi.org/10.1002/mgg3.1082>

11. Caixeta E.S., Ripamonte P., Franco M.M., Junior J.B., Dode M.A.N. Effect of follicle size on mRNA expression in cumulus cells and oocytes of *Bos indicus*: an approach to identify marker genes for developmental competence. *Reproduction, Fertility and Development*. 2009; 21(5): 655–664. <https://doi.org/10.1071/RD08201>

12. Brigida A.V., Bursakov S.A., Skachkova O.A., Sorokin V.I., Kovalchuk S.N. Factors Affecting the Response of Ovaries of Donor Cows to Exogenous Gonadotropin (Review). *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(6): 56–63 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10614>

13. Pozovnikova M.V., Rotar L.N. Analysis of cows of Holsteinized black and white breed on the *FSHR* gene polymorphism. *International bulletin of Veterinary Medicine*. 2019; (2): 161–165 (in Russian). <https://elibrary.ru/hfzjwu>

14. Nikitkina E., Krutikova A., Musidray A., Plemashov K. Search for Associations of *FSHR*, *INHA*, *INHAB*, *PRL*, *TNP2* and *SPEF2* Genes Polymorphisms with Semen Quality in Russian Holstein Bulls (Pilot Study). *Animals*. 2021; 11(10): 2882. <https://doi.org/10.3390/ani11102882>

ABOUT THE AUTHORS

Julia Grigorievna Turlova¹

Candidate of Biological Sciences
jturlova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9845-1421>

Marina Vladimirovna Pozovnikova¹

Candidate of Biological Sciences
pozovnikova@gmail.com
Scopus Author ID: 57200383317

Anna Alekseevna Krutikova¹

Candidate of Biological Sciences
anntim2575@mail.com
Scopus Author ID: 57194646991

Vladimir Vyacheslavovich Nikitin²

Assistant of the Department of Genetic
and Reproductive Technologies
nikitin89@list.ru

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moscow highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

² Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, 5 Chernigovskaya Str., St. Petersburg, 196084, Russia

УДК 636.082.453

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-91-95

Е.В. Никиткина ✉
Н.В. Плешанов
С.С. Богданова
Ю.Г. Турлова

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста», Пушкин, Санкт-Петербург, Россия

✉ nikitkinae@mail.ru

Поступила в редакцию: 14.06.2024
Одобрена после рецензирования: 16.09.2024
Принята к публикации: 30.09.2024

© Никиткина Е.В., Плешанов Н.В., Богданова С.С., Турлова Ю.Г.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-91-95

Elena V. Nikitkina ✉
Nikolay V. Pleshanov
Sofia S. Bogdanova
Julia G. Turlova

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Pushkin, St. Petersburg, Russia

✉ nikitkinae@mail.ru

Received by the editorial office: 14.06.2024
Accepted in revised: 16.09.2024
Accepted for publication: 30.09.2024

© Nikitkina E.V., Pleshanov N.V., Bogdanova S.S., Turlova Y.G.

Сохранение биологической полноценности сперматозоидов быков при хранении спермы в охлажденном виде

РЕЗЮМЕ

Цель работы — оценка биологической полноценности спермы быков при охлаждении до 5 °С и хранении в течение времени.

Охлаждение спермы менее травматично для клеток, чем глубокое замораживание. Оплодотворяющая способность охлажденной спермы выше, чем криоконсервированной, но сохраняется она в течение нескольких суток, чем ограничивает использование. Исследование проводилось с использованием нативной спермы быков черно-пестрой ($n = 6$) и айрширской пород ($n = 3$). В опыте использовали два варианта разбавителей: в качестве контроля применяли коммерческий разбавитель OptiXcell (IMV) (Франция), в качестве опыта — разработанный экспериментальный разбавитель на основе Триса. Не было достоверной разницы по общей и прогрессивной подвижности между исследуемыми разбавителями. В большинстве случаев сперматозоиды были живы в течение 10 суток. Если учитывать прогрессивную подвижность 40% как минимально допустимую для искусственного осеменения, в среднем у исследуемых быков она была при хранении 120 часов. В то же время были отдельные эякуляты, которые имели прогрессивную подвижность (40% и выше) и после 168 часов хранения. Не было достоверных различий по сохранности мембран при разбавлении исследуемыми разбавителями. При хранении в течение 72 часов практически не было снижения количества интактных клеток при использовании экспериментального разбавителя. Приготовление и применение экспериментального разбавителя экономически более выгодно, чем использование западного аналога — OptiXcell (IMV). При этом разработанный авторами разбавитель не уступает по характеристикам (качественным показателям сперматозоидов), а даже превосходит иностранный.

Ключевые слова: быки, охлажденная сперма, разбавитель, прогрессивная подвижность, мембраны

Для цитирования: Никиткина Е.В., Плешанов Н.В., Богданова С.С., Турлова Ю.Г. Сохранение биологической полноценности сперматозоидов быков при хранении спермы в охлажденном виде. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 91–95.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-91-95>

Preserving of the bovine chilled semen viability

ABSTRACT

The aim of the work is to assess the biological usefulness of bull semen when cooled to 5 °C and stored for a period of time.

Sperm cooling is less traumatic for cells than deep freezing. The fertilizing capacity of chilled sperm is higher than cryopreserved sperm, but it persists for several days, which limits its use. The study was conducted using native sperm from black-and-white ($n = 6$) and Ayrshire bulls ($n = 3$). Two diluents were used in the experiment: OptiXcell commercial diluent (IMV) (France) was used as a control, and an experimental diluent based on Tris was developed as an experiment. There was no significant difference in overall and progressive mobility between the studied diluents. In most cases, the spermatozoa were alive for 10 days. If we take into account the progressive mobility of 40% as the minimum permissible for artificial insemination, on average, the studied bulls had it during storage for 120 hours. At the same time, there were individual ejaculates that had progressive mobility (40% and higher) even after 168 hours of storage. There were no significant differences in membrane safety when diluted with the studied diluents. When stored for 72 hours, there was practically no decrease in the number of intact cells when using an experimental diluent. The preparation and application of an experimental diluent are economically more profitable than using a Western analogue — OptiXcell (IMV). At the same time, the diluent developed by the authors is not inferior in characteristics (qualitative indicators of spermatozoa), and even surpasses the foreign one.

Key words: bulls, chilled semen, extender, progressive motility, membranes

For citation: Nikitkina E.V., Pleshanov N.V., Bogdanova S.S., Turlova J.G. Preserving of the bovine chilled semen viability. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 91–95 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-91-95>

Введение/Introduction

Ключевым аспектом искусственного осеменения коров является практическая разработка долгосрочно-го сохранения спермы. Криоконсервация спермы часто возможна лишь в ограниченной степени из-за различной криотолерантности у разных видов животных и самцов одного вида^{1, 2}.

Охлаждение спермы менее травматично для клеток, чем глубокое замораживание. Оплодотворяющая способность охлажденной спермы выше, чем криоконсервированной, но сохраняется она в течение нескольких суток, чем ограничивает использование^{3, 4}.

Применение разбавителей для хранения спермы в охлажденном виде имеет ряд преимуществ:

- Сохранение морфофункциональной полноценности репродуктивных клеток длительное время с возможностью транспортировки семени на дальние расстояния, не прибегая к криоконсервации.
- Получение высокого процента жизнеспособных сперматозоидов по сравнению с замороженно-оттаянным семенем и, как следствие, высокий уровень продуктивных осеменений.
- Использование генетического материала быков особо ценных, редких и исчезающих пород крупного рогатого скота с низкой криорезистентностью семени для искусственного осеменения и восстановления поголовья.

Охлажденная сперма может использоваться при осеменении коров с удаленной охотой и задержкой овуляции. Так, исследования показали, что в случаях задержки овуляции использование охлажденной спермы приводило к более высокой оплодотворяемости (46,8%) по сравнению с осеменением замороженной спермой (27,7%, $p = 0,017$) [1].

Авторы пришли к выводу, что оплодотворяющая способность охлажденной спермы в длительных интервалах от искусственного осеменения до овуляции может быть выше по сравнению с криоконсервированной и может быть эффективным инструментом для повышения плодovitости лактирующих молочных коров с задержкой овуляции.

Когда свежееякулированные сперматозоиды быстро охлаждаются от температуры тела до температуры ниже 15 °С, применяемый холодовой шок приводит к разной степени потери жизнеспособности сперматозоидов в зависимости от вида, особенно если охлаждение продолжается очень быстро — до плюс 1–2 °С [2, 3].

Чтобы предотвратить старение сперматозоидов во время консервации, необходимы специальные меры. Это включает в себя снижение метаболизма сперматозоидов с помощью снижения температуры. Принципы сохранения охлажденной спермы основаны на добавлении метаболических буферов (ЭДТА, HEPES, хлорид калия, цитрат натрия, бикарбонат натрия и др.), питательных веществ (глюкоза, фруктоза и др.) и защитных веществ (яичный желток, лецитин, молоко и т. д.), на подавлении роста бактерий путем добавления антибиотиков [4–7].

Условия хранения спермы могут влиять на ее качество в зависимости от типа используемого разбавителя, температуры хранения и продолжительности хранения. Сохраняемость разбавителей спермы при температуре охлаждения зависит от того, содержат ли они криопротекторы даже при кратковременном хранении [8].

Проникающие криопротекторы, такие как глицерин, проходят через клеточную мембрану и защищают клетку от повреждений, вызванных медленным замораживанием. Другие вещества могут действовать как криопротекторы по различным механизмам, включая желток, молочные белки, альбумин и липосомы. Эти вещества изменяют липидный состав клеточной мембраны, повышая ее проницаемость для проникающих криопротекторов и обеспечивая большую устойчивость к температурному шоку [9].

Было показано, что хранение при комнатной температуре в течение 72 часов влияет на подвижность в зависимости от используемого разбавителя [10]. Несколько исследований были сосредоточены на влиянии замораживания и оттаивания на качество спермы [11, 12], но лишь немногие исследователи изучали, как условия хранения влияют на ключевые параметры спермы при хранении в охлажденном виде, а не криоконсервированной [13].

Цель работы — оценка общей и прогрессивной подвижности и жизнеспособности спермы быков при охлаждении до 5 °С и хранении в коммерческом и экспериментальном разбавителях.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось в 2024 г с использованием нативной спермы девяти быков черно-пестрой ($n = 6$) и айрширской пород ($n = 3$), содержащихся в АО «Невское» (г. Санкт-Петербург, Россия).

В опыте использовали быков-производителей в возрастной категории не моложе 3 лет.

Сперма быков отвечала стандартам ГОСТ 23745-2014⁵, концентрация сперматозоидов в эякулятах составляла ≥ 700 млн/мл (фотометр, IMV Technologies, Франция).

Сперму получали на искусственную вагину⁶. После получения каждый индивидуальный эякулят делился на две равные аликвоты для последующего внесения разбавителя. Разбавление проводили в соотношении 1:5 (одна часть спермы и пять частей разбавителя).

В опыте использовали два варианта разбавителей: в качестве контроля применяли коммерческий разбавитель OptiXcell (IMV) (Франция) (не содержит белков животного происхождения, промышленного производства, быстро готовится в производственных условиях и пользуется большой популярностью на племенных станциях), в качестве опыта — разработанный авторами экспериментальный разбавитель (на основе Триса).

После разбавления сперма помещалась в холодильную камеру при температуре 4 °С для экспонирования и последующей оценки переживаемости спермиев.

¹ Иващенко М.Н. Исследование структурно-функционального статуса сперматозоидов быков-производителей при действии молекулярного водорода и создание инновационной среды для криоконсервации спермы. НИР: грант № 23-26-00205. Российский научный фонд. 2023.

² Никиткина Е.В. Генетические основы криоустойчивости спермы животных. Отчет о НИР № 18-16-00071. Российский научный фонд. 2020.

³ Племашов К.В., Смышляев И.В., Нечаев А.Ю., Ладанова М.А., Никитин Г.С., Меболия Е.Г., Анищенко П.С. Оценка качества спермы животных. Учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург. 2020. EDN: IIVEUB

⁴ Атрощенко М.М. Изучение влияния гуморального и клеточного биохимического статуса на формирование криорезистентности спермы жеребцов для создания системы сохранения генофонда пород лошадей российской селекции. НИР: грант № 23-16-45001. Российский научный фонд. 2023.

⁵ ГОСТ 23745-2014 Средства воспроизводства. Сперма быков неразбавленная свежеполученная. Технические условия.

⁶ Милованов В.К. Биология воспроизведения и искусственное осеменение животных. М.: Издательство сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 1962; 695.

Оценку проводили через 2 часа после разбавления и затем каждые 24 часа до полной гибели клеток в образце.

Исходя из графика временного распределения, образцы забирали на анализ для оценки качественных показателей репродуктивных клеток. Оценку проводили по показателям общей и прогрессивной подвижности сперматозоидов при помощи анализатора «Аргус-CASA» (Россия), оценку жизнеспособности спермиев — при помощи суправитального окрашивания клеток эозином и нигрозином [14].

Данный метод позволяет по цветовому распределению выявить процент клеток с интактными (бесцветными) и поврежденными (красными) мембранами.

В каждом образце оценивались не менее 200 клеток.

Эксперимент проводился с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, использующихся для научных целей⁷, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ N 498-ФЗ⁸.

Статистическую обработку проводили с помощью программы IBM SPSS Statistics 19 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Удлинение срока жизни сперматозоидов при понижении температуры связано с замедлением обмена веществ. Характерная черта сперматозоида — узкая специализация его функций. Созревший сперматозоид не может пополнять разрушения клеточных структур, вызванные обменом веществ.

Правильно подобранный разбавитель спермы и температура хранения смогут продлить жизнь половых клеток [15, 16]. Оплодотворяющая способность охлажденной спермы выше, чем криоконсервированной, поскольку клетки в цикле «замораживание — оттаивание» подвергаются негативному влиянию сверхнизких температур [17–19].

В России охлажденная сперма быков практически не применяется, разбавители для нее давно не совершенствовались. Однако в инструкциях по применению многих разбавителей зарубежного производства для замораживания спермы быков, например Minitube (Германия) и IMV (Франция), имеется пункт о возможности использования для охлажденной спермы.

Авторы провели оценку переживаемости и сохранности мембран сперматозоидов быков при разбавлении экспериментальным разбавителем и OptiXcell (IMV, Франция) при охлаждении и хранении при 5 °С.

Результаты оценки переживаемости представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что нет достоверной разницы по общей и прогрессивной подвижности между исследуемыми разбавителями. В большинстве случаев сперматозоиды были живы в течение 10 суток.

Если учитывать прогрессивную подвижность 40% как минимально допустимую⁹ для искусственного осеменения, в среднем у исследуемых быков она оставалась такой при хранении до 120 часов. В то же время были отдельные эякуляты, которые имели прогрессивную подвижность 40% и выше и после 168 часов хранения.

При анализе литературных данных максимальное время хранения при 4–5 °С и применения для

Таблица 1. Качественные показатели спермы быков (n = 9) в зависимости от времени переживаемости в исследуемых разбавителях при 5 °С

Table 1. Parameters of bull sperm (n = 9), depending on the survival time in the studied extenders at 5 °C

Переживаемость, ч.	Экспериментальная среда-разбавитель (опыт)		OptiXcell (IMV) (Франция) (контроль)	
	подвижность общая, %	подвижность прогрессивная, %	подвижность общая, %	подвижность прогрессивная, %
2	82,00 ± 3,11	79,89 ± 2,76	82,00 ± 3,11	79,11 ± 2,62
24	81,67 ± 4,77	77,50 ± 4,23	80,83 ± 4,55	76,67 ± 3,57
48	78,00 ± 4,51	67,50 ± 7,16	77,17 ± 4,13	67,50 ± 6,15
72	78,00 ± 3,11	66,44 ± 5,09	75,89 ± 3,13	62,56 ± 4,61
96	67,00 ± 7,00	62,00 ± 7,00	59,33 ± 9,33	54,33 ± 9,33
120	58,67 ± 11,86	55,00 ± 11,84	58,33 ± 9,35	51,33 ± 8,83
144	53,67 ± 9,07	41,78 ± 7,65	45,56 ± 6,84	35,00 ± 7,71
168	43,56 ± 7,99	30,78 ± 6,84	40,89 ± 5,24	26,78 ± 5,66
192	38,33 ± 8,03	26,67 ± 7,03	26,17 ± 4,28	14,50 ± 3,45
216	23,17 ± 7,56	15,17 ± 5,25	14,67 ± 3,84	7,00 ± 1,98
240	0,67 ± 0,66	0,0	10,33 ± 9,83	5,17 ± 4,92

Таблица 2. Оценка жизнеспособности сперматозоидов быков (n = 9) в зависимости от времени переживаемости в исследуемых разбавителях при 5 °С

Table 2. Assessment of the viability of bull sperm (n = 9), depending on the survival time in the studied extenders at 5 °C

Переживаемость, ч.	% интактных клеток	
	экспериментальный разбавитель	OptiXcell (IMV) (Франция)
2	61,67 ± 2,92	59,44 ± 3,22
72	61,23 ± 4,92	55,78 ± 4,63
144	46,17 ± 2,61	43,00 ± 3,04
168	46,33 ± 3,84	42,67 ± 3,38

искусственного осеменения — 48 часов [3, 20]. При хранении спермы, разбавленной в экспериментальном разбавителе в течение 144 часов, средняя прогрессивная подвижность была 41,78 ± 7,65%, что соответствует допустимым параметрам для искусственного осеменения. Средняя прогрессивная подвижность в сперме, разбавленной OptiXcell, при хранении в течение 144 часов в данном опыте составила 35,00 ± 7,71%, что является допустимым параметром использования быков с высокой племенной ценностью, если в дозе для осеменения не менее 10 млн сперматозоидов с прогрессивной подвижностью⁵.

Полученные данные по сохранности мембран сперматозоидов при хранении в охлажденном виде представлены в таблице 2.

Из представленных данных видно, что нет достоверных различий по этому показателю при разбавлении исследуемыми разбавителями. При хранении в течение 72 часов практически не было снижения количества интактных клеток при использовании экспериментального разбавителя. При хранении в течение 168 часов количество интактных клеток в обоих разбавителях было выше 41%.

Повышение показателей подвижности и количества сперматозоидов с интактными плазматическими мембранами напрямую влияет на фертильность гамет и последующее плодотворное оплодотворение [21–23].

⁷ 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

⁸ 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».

⁹ ГОСТ 26030-2015 Средства воспроизводства. Сперма быков замороженная. Технические условия.

Выводы/Conclusions

Результаты исследования показали сохранение биологической полноценности спермы в охлажденном виде при температуре 5 °С в течение 120 часов в двух разбавителях. В среднем прогрессивная подвижность была 55,00 ± 11,84% при разбавлении в экспериментальном экстендере, 51,33 ± 8,83% — в OptiXcell.

При хранении в течение 144 часов средняя прогрессивная подвижность сперматозоидов при использовании экспериментального разбавителя была 41,78 ± 7,65%, OptiXcell — 35,00 ± 7,71%, интактность клеток

сохранялась на уровне 46,17 ± 2,61% и 43,00 ± 3,04% соответственно. При этом разброс значений по прогрессивной подвижности был от 0 до 68% в экспериментальном разбавителе, от 10 до 70% — в OptiXcell.

Установлено, что сперма одного быка при хранении в течение 192 часов имела прогрессивную подвижность 40% в обоих разбавителях. Это может свидетельствовать о положительной тенденции сохранения полноценности репродуктивных клеток при использовании экспериментального экстендера как среды для разбавления и хранения при 5 °С.

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 проведены в части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 124020200127-7.

FUNDING

The research was carried out in part to carry out the work provided for by the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on topic No. 124020200127-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Wiebke M., Pieper L., Gürlер H., Janowitz U., Jung M., Schulze M. Effect of using liquid semen on fertility in German Holstein Friesian dairy cattle: A randomized controlled clinical trial. *Theriogenology*. 2023; 199: 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.01.012>
- Fiser P.S., Fairfull R.W. The effects of rapid cooling (cold shock) of ram semen, photoperiod, and egg yolk in diluents on the survival of spermatozoa before and after freezing. *Cryobiology*. 1986; 23(6): 518–524. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(86\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0011-2240(86)90061-1)
- Wiebke M., Hensel B., Nitsche-Melkus E., Jung M., Schulze M. Cooled storage of semen from livestock animals (part I): boar, bull, and stallion. *Animal Reproduction Science*. 2022; 246: 106822. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106822>
- Alghamdi A.S., Troedsson M.H.T., Xue J.L., Crabo B.G. Effect of seminal plasma concentration and various extenders on postthaw motility and glass wool-Sephadex filtration of cryopreserved stallion semen. *American Journal of Veterinary Research*. 2002; 63(6): 880–885. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.880>
- Никиткина Е.В., Шапиев И.Ш., Племяшов К.В., Харитонов С.А. Сверхмалые концентрации производных бензимидазола повышают устойчивость сперматозоидов быков и жеребцов при криоконсервации и действии вредных факторов. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(2): 298–305. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.298rus>
- Nikitkina E., Musidray A., Krutikova A., Anipchenko P., Plemyashov K., Shiryayev G. Efficiency of Tris-Based Extender Steridyl for Semen Cryopreservation in Stallions. *Animals*. 2020; 10(10): 1801. <https://doi.org/10.3390/ani10101801>
- Conteras M.J. et al. Cryopreservation of stallion semen: Effect of adding antioxidants to the freezing medium on sperm physiology. *Reproduction in Domestic Animals*. 2020; 55(2): 229–239. <https://doi.org/10.1111/rda.13611>
- Papa P.M. et al. Effect of glycerol on the viability and fertility of cooled bovine semen. *Theriogenology*. 2015; 83(1): 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.08.009>
- Batellier F. et al. Advances in cooled semen technology. *Animal Reproduction Science*. 2001; 68(3–4): 181–190. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(01\)00155-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(01)00155-5)
- Murphy E.M. et al. A comparison of semen diluents on the *in vitro* and *in vivo* fertility of liquid bull semen. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(2): 1541–1554. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11646>
- Loneragan P. Review: Historical and futuristic developments in bovine semen technology. *Animal*. 2018; 12(S1): s4–s18. <https://doi.org/10.1017/S175173111800071X>
- Атрощенко М.М., Брагина Е.Е. Влияния криоконсервации спермы жеребцов на морфологические и ультраструктурные показатели сперматозоидов. *Зоотехния*. 2011; (8): 34–35. <https://www.elibrary.ru/ogdckt>
- Murphy E.M., Eivers B., O'Meara C.M., Lonergan P., Fair S. Effect of storage temperature, nitrogen gassing and sperm concentration on the *in vitro* semen quality and *in vivo* fertility of liquid bull semen stored in INRA96. *Theriogenology*. 2018; 108: 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.12.012>
- Agarwal A., Gupta S., Sharma R. Eosin-Nigrosin Staining Procedure. Agarwal A., Gupta S., Sharma R. (eds.). *Andrological Evaluation of Male Infertility. A Laboratory Guide*. Cham: Springer. 2016; 73–77. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26797-5_8
- Fernandez-Novo A. et al. Effect of Extender, Storage Time and Temperature on Kinetic Parameters (CASA) on Bull Semen Samples. *Biology*. 2021; 10(8): 806. <https://doi.org/10.3390/biology10080806>
- Fernandez-Novo A. et al. Effects of Extender Type, Storage Time, and Temperature on Bull Semen Parameters. *Biology*. 2021; 10(7): 630. <https://doi.org/10.3390/biology10070630>

REFERENCES

- Wiebke M., Pieper L., Gürlер H., Janowitz U., Jung M., Schulze M. Effect of using liquid semen on fertility in German Holstein Friesian dairy cattle: A randomized controlled clinical trial. *Theriogenology*. 2023; 199: 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.01.012>
- Fiser P.S., Fairfull R.W. The effects of rapid cooling (cold shock) of ram semen, photoperiod, and egg yolk in diluents on the survival of spermatozoa before and after freezing. *Cryobiology*. 1986; 23(6): 518–524. [https://doi.org/10.1016/0011-2240\(86\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0011-2240(86)90061-1)
- Wiebke M., Hensel B., Nitsche-Melkus E., Jung M., Schulze M. Cooled storage of semen from livestock animals (part I): boar, bull, and stallion. *Animal Reproduction Science*. 2022; 246: 106822. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106822>
- Alghamdi A.S., Troedsson M.H.T., Xue J.L., Crabo B.G. Effect of seminal plasma concentration and various extenders on postthaw motility and glass wool-Sephadex filtration of cryopreserved stallion semen. *American Journal of Veterinary Research*. 2002; 63(6): 880–885. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.880>
- Nikitkina E.V., Shapiey I.Sh., Plemyashov K.V., Kharitonov S.A. Ultra-low concentrations of benzimidazole derivatives can increase bull and horse semen resistance at cryopreservation and under the influence of damaging factors. *Agricultural Biology*. 2017; 52(2): 298–305. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.298eng>
- Nikitkina E., Musidray A., Krutikova A., Anipchenko P., Plemyashov K., Shiryayev G. Efficiency of Tris-Based Extender Steridyl for Semen Cryopreservation in Stallions. *Animals*. 2020; 10(10): 1801. <https://doi.org/10.3390/ani10101801>
- Conteras M.J. et al. Cryopreservation of stallion semen: Effect of adding antioxidants to the freezing medium on sperm physiology. *Reproduction in Domestic Animals*. 2020; 55(2): 229–239. <https://doi.org/10.1111/rda.13611>
- Papa P.M. et al. Effect of glycerol on the viability and fertility of cooled bovine semen. *Theriogenology*. 2015; 83(1): 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.08.009>
- Batellier F. et al. Advances in cooled semen technology. *Animal Reproduction Science*. 2001; 68(3–4): 181–190. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(01\)00155-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(01)00155-5)
- Murphy E.M. et al. A comparison of semen diluents on the *in vitro* and *in vivo* fertility of liquid bull semen. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(2): 1541–1554. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11646>
- Loneragan P. Review: Historical and futuristic developments in bovine semen technology. *Animal*. 2018; 12(S1): s4–s18. <https://doi.org/10.1017/S175173111800071X>
- Атрощенко М.М., Брагина Е.Е. Influence of stallion sperm cryoconservation on spermatozoon characteristics. *Zootekhnika*. 2011; (8): 34–35 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ogdckt>
- Murphy E.M., Eivers B., O'Meara C.M., Lonergan P., Fair S. Effect of storage temperature, nitrogen gassing and sperm concentration on the *in vitro* semen quality and *in vivo* fertility of liquid bull semen stored in INRA96. *Theriogenology*. 2018; 108: 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.12.012>
- Agarwal A., Gupta S., Sharma R. Eosin-Nigrosin Staining Procedure. Agarwal A., Gupta S., Sharma R. (eds.). *Andrological Evaluation of Male Infertility. A Laboratory Guide*. Cham: Springer. 2016; 73–77. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26797-5_8
- Fernandez-Novo A. et al. Effect of Extender, Storage Time and Temperature on Kinetic Parameters (CASA) on Bull Semen Samples. *Biology*. 2021; 10(8): 806. <https://doi.org/10.3390/biology10080806>
- Fernandez-Novo A. et al. Effects of Extender Type, Storage Time, and Temperature on Bull Semen Parameters. *Biology*. 2021; 10(7): 630. <https://doi.org/10.3390/biology10070630>

17. Colombo M. *et al.* Freezability of Dog Semen after Collection in Field Conditions and Cooled Transport. *Animals*. 2022; 12(7): 816. <https://doi.org/10.3390/ani12070816>

18. Усольтцева М.С., Чепуштанова О.В. Криоконсервация спермы козлов. Современные технологии птицеводства и мелкого животноводства. Сборник материалов круглого стола. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2023; 147–148. <https://www.elibrary.ru/fcwvsu>

19. Горяинова Ю.В. Влияние криоконсервации на качество сперматозоидов у кобелей (обзор иностранной литературы). Теоретические и прикладные основы ветеринарной науки. Сборник трудов научно-практической конференции студентов института ветеринарной медицины и биотехнологии Новосибирского ГАУ. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос». 2023; 78–81. <https://www.elibrary.ru/slhepz>

20. Silva J.C.B. *et al.* Bovine chilled semen by 24h or 48h in two different commercial extenders for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal Reproduction*. 2020; 17(3).

21. Волошина С.О. Факторы, влияющие на становление репродуктивной системы. 75-я итоговая научная конференция студентов Ростовского государственного медицинского университета. Сборник материалов научной конференции. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный медицинский университет. 2021; 50–51. <https://www.elibrary.ru/ogcbkf>

22. Багиров В.А. и др. Оценка репродуктивного потенциала производителей с помощью лабораторных исследований спермы. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015; (1–2): 51–54. <https://www.elibrary.ru/tgevut>

23. Щербаклова В.В. Значение акросомы в оплодотворяющей способности сперматозоидов. Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества. Материалы XXXVI научно-практической конференции студентов и аспирантов. Кокино: Брянский государственный аграрный университет. 2021; 141–144. <https://www.elibrary.ru/pdrrkl>

ОБ АВТОРАХ

Елена Владимировна Никиткина

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
nikitkinae@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8496-5277>

Николай Вячеславович Плешанов

научный сотрудник
klaus-90@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4634-7515>

София Сергеевна Богданова

младший научный сотрудник
sonikbogdanova@mail.ru

Юлия Григорьевна Турлова

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
jturlova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9845-1421>

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Московское шоссе, 55А, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

17. Colombo M. *et al.* Freezability of Dog Semen after Collection in Field Conditions and Cooled Transport. *Animals*. 2022; 12(7): 816. <https://doi.org/10.3390/ani12070816>

18. Usoltseva M.S., Chepushtanova O.V. Cryopreservation of goat sperm. *Modern technologies of poultry farming and small livestock farming. Collection of materials*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2023; 147–148. <https://www.elibrary.ru/fcwvsu>

19. Goryainova Yu.V. The effect of cryopreservation on the quality of spermatozoa in males (review of foreign literature). *Theoretical and applied foundations of veterinary science. Collection of works of the scientific and practical conference of students of the Institute of Veterinary Medicine and Biotechnology of the Novosibirsk State Agrarian University*. Novosibirsk: Publishing center of the Novosibirsk State Agrarian University "Zolotoy kolos". 2023; 78–81. <https://www.elibrary.ru/slhepz>

20. Silva J.C.B. *et al.* Bovine chilled semen by 24h or 48h in two different commercial extenders for fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal Reproduction*. 2020; 17(3).

21. Voloshina S.O. Factors influencing the development of the reproductive system. 75th Final Scientific Conference of Students of Rostov State Medical University. Collection of materials of the scientific conference. Rostov-on-Don: Rostov State Medical University. 2021; 50–51. <https://www.elibrary.ru/ogcbkf>

22. Bagirov V.A. *et al.* Evaluation of reproductive potential of producers using laboratory studies of sperm. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2015; (1–2): 51–54. <https://www.elibrary.ru/tgevut>

23. Shcherbakova V.V. The Importance of the Acrosome in the Fertilizing Ability of Spermatozoa. *Scientific Problems of Livestock Production and Improving its Quality. Proceedings of the XXXVI Scientific and Practical Conference of Students and Postgraduates*. Kokino: Bryansk State Agrarian University. 2021; 141–144. <https://www.elibrary.ru/pdrrkl>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Vladimirovna Nikitkina

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
nikitkinae@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8496-5277>

Nikolai Vyacheslavovich Pleshanov

Research Associate
klaus-90@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4634-7515>

Sofia Sergeevna Bogdanova

Junior Research Assistant
sonikbogdanova@mail.ru

Julia Grigorievna Turlova

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
jturlova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9845-1421>

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 55A Moscow highway, Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

Д.А. Базюк ✉
А.А. Белозерова
Н.А. Боме

Тюменский государственный университет,
Тюмень, Россия

✉ bazjukdenis97@yandex.ru

Поступила в редакцию: 06.05.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Базюк Д.А., Белозерова А.А., Боме Н.А.

Использование селекционных индексов для оценки коллекционных образцов ярового ячменя *Hordeum vulgare* L.

РЕЗЮМЕ

В статье приводятся экспериментальные данные по определению адаптивных свойств и продуктивности образцов *Hordeum vulgare* L. ssp. *distichon* (L.) Körn. и *H. vulgare* L. ssp. *vulgare* различного эколого-географического происхождения на основе селекционных индексов. В контрастных условиях вегетационных периодов 2022 и 2023 гг. проведено изучение 35 образцов по элементам зерновой продуктивности (длина колоса, число зерен в колосе и их масса, высота растений). Полевое исследование проведено на экспериментальном участке биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» (Нижнетавдинский р-н, Тюменская обл.). Оценка продуктивности во взаимосвязи «генотип — среда» показала, что наибольшей информативностью обладают следующие селекционные индексы: канадский, мексиканский, линейной плотности колоса, продуктивности растений. На основании баллового ранжирования по комплексу индексов к числу лучших отнесены образцы: Зерноградский 813, к-30453, Абалак, к-31201, Россия; Knezsza 65, к-22809, Венгрия (var. *erectum*, *nutans*); Rokkaku-yabane, к-10986, Япония (var. *brachyatherum*). Более высокая урожайность была получена в относительно благоприятных условиях вегетации 2022 г.: до 439,8 г/м² у образцов двурядного ячменя, до 454,8 г/м² — многорядного; в стрессовых условиях — до 455,4 и 218,1 г/м² соответственно. В 2023 году по сравнению с 2022-м у образцов многорядного ячменя отмечено увеличение силы связи урожайности с канадским индексом ($r = 0,73$), индексом продуктивности растений ($r = 0,66$), индексом линейной плотности колоса ($r = 0,58$), мексиканским индексом ($r = 0,52$). У двурядных образцов выявлено ослабление корреляции урожайности с данными индексами. Исключение составил мексиканский индекс, характеризовавшийся стабильным по годам коэффициентом корреляции ($r = 0,35$).

Ключевые слова: двурядный и многорядный ячмень, элементы продуктивности, селекционные индексы, урожайность, корреляция

Для цитирования: Базюк Д.А., Белозерова А.А., Боме Н.А. Использование селекционных индексов для оценки коллекционных образцов ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 96–103.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-96-103>

Using breeding indices for evaluating collection samples of spring barley *Hordeum vulgare* L.

ABSTRACT

The article presents experimental data on determination of adaptive properties and productivity of *Hordeum vulgare* L. ssp. *distichon* (L.) Körn. and *H. vulgare* L. ssp. *vulgare* samples of different ecological and geographical origin on the basis of breeding indices. Under contrasting conditions of the growing seasons, 2022 and 2023, 35 samples were studied for elements of grain productivity (ear length, number of grains in the ear and their weight, plant height). The field study was carried out at the experimental site of the biostation University of Tyumen “Lake Kuchak” (Nizhnetavdinsky District, Tyumen Province). The evaluation of productivity in the relationship “genotype — environment” showed that the following breeding indices are the most informative: Canadian, Mexican, linear ear density, plant productivity. On the basis of point ranking on the complex of indices, the best samples were: Zernogradsky 813, k-30453, Abalak, k-31201, Russia; Knezsza 65, k-22809, Hungary (var. *erectum*, *nutans*); Rokkaku-yabane, k-10986, Japan (var. *brachyatherum*). Higher yields were obtained under relatively favorable growing conditions in 2022, up to 439.8 g/m² for double-row and up to 454.8 g/m² for multi-row barley accessions; under stress conditions, up to 455.4 and 218.1 g/m², respectively. Under stress conditions in 2023 compared to 2022, the multi-row barley samples showed an increase in the strength of correlation of yield with Canadian index ($r = 0.73$), plant productivity index ($r = 0.66$), linear ear density index ($r = 0.58$), Mexican index ($r = 0.52$). Two-row samples showed weaker correlation of yield with these indices. The exception was the Mexican index, characterized by a stable correlation coefficient over the years ($r = 0.35$).

Key words: two-row and multi-row barley, productivity elements, selection indices, yield, correlation

For citation: Bazyuk D.A., Belozeroва A.A., Bome N.A. Using breeding indices for evaluating collection samples of spring barley *Hordeum vulgare* L. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 96–103 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-96-103>

Denis A. Bazyuk ✉
Anna A. Belozeroва
Nina A. Bome

University of Tyumen, Tyumen, Russia

✉ bazjukdenis97@yandex.ru

Received by the editorial office: 06.05.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Bazyuk D.A., Belozeroва A.A., Bome N.A.

Введение/Introduction

Селекция ячменя на повышение продуктивности — одна из ведущих задач, направленных на создание и оценку генотипов с улучшенными хозяйственно ценными свойствами с использованием различных методов. В настоящее время в селекционной практике при создании сортов является актуальным поиск новых подходов, способных повысить урожайность культуры с учетом почвенно-климатических особенностей конкретного региона [1–4]. Подбор и создание сортов ячменя для контрастных почвенно-климатических условий Сибири определяются необходимостью эффективного использования биоклиматических ресурсов регионов [5, 6].

По мнению Н.С. Вертий и соавт. [7], для получения информации об адаптивных свойствах селекционного материала необходим поиск «маркеров» адаптивности, в качестве которых можно использовать селекционные индексы.

Отмечается целесообразность выражения хозяйственно ценных признаков через селекционные индексы, что может способствовать повышению результативности проводимой работы. Помимо этого, указывается, что при расчете селекционных индексов учитываются как фенотипические, так и генотипические корреляции между показателями, входящими в индексы. Согласно литературным данным, индексы широко применяются в селекционных технологиях, однако их использование требует тщательного анализа относительно исследуемой культуры и различных лимитирующих факторов внешней среды [8].

Цель исследования — оценка коллекционных образцов ячменя различного эколого-географического происхождения по признакам продуктивности с помощью селекционных индексов в условиях юга Тюменской области.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве объекта исследования были использованы 35 образцов ячменя *Hordeum vulgare* L. различного эколого-географического происхождения из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, принадлежащих к двум подвидам ячменя культурного — *H. vulgare* L. ssp. *distichon* (L.) Körn. (двурядный — 19 образцов, относящихся к разновидностям *dupliatrum*, *erectum*, *glabridificiens*, *griseinudiinermе*, *macrolepis*, *nudum*, *nutans*, *rubrum*, *steudelii*) и *H. vulgare* L. ssp. *vulgare* (многорядный — 16 образцов, относящихся к разновидностям *brachyatherum*, *coeleste*, *himalaeynse*, *nigripallidum*, *pallidum*, *parallelum*, *rikotense*, *sinicum*, *violaceum*).

В коллекции преобладали ячмени из Эфиопии (девять образцов), Перу (пять образцов), Россия и Германия представлены четырьмя образцами, из Франции и Казахстана (по два образца), из Японии, Ирака, Таджикистана, Нидерландов, Венгрии и Сирии (по одному образцу).

Полевые исследования проведены в 2022 и 2023 гг. на экспериментальном участке биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак», расположенной во II агроклиматической зоне — подтайге низменности (Нижнетавдинский р-н, Тюменская обл., 57°20'57.3"N 66°03'21.8"E). Мониторинг метеорологических условий осуществляли с помощью профессиональной метеостанции iMetos IMT 300 (Австрия).

За норму принимались среднееголетние значения среднесуточной температуры и количества осадков с 1936 г. по настоящее время («условная норма»).

Для характеристики вегетационных периодов рассчитан гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) по формуле:

$$ГТК = R / 0,1 \times \Sigma t,$$

где: R — сумма осадков, мм; Σt — сумма среднесуточной температуры воздуха $> 10^{\circ}C$ [9].

Вегетационные сезоны в годы проведения исследования значительно различались по гидротермическому режиму (рис. 1).

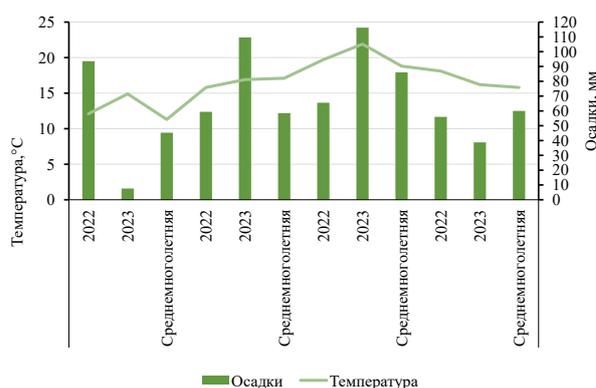
В 2022 году складывались относительно благоприятные условия для роста и развития растений, при этом наблюдалось неравномерное распределение осадков по отдельным месяцам с избытком влаги в мае (46,2 мм) и недобором осадков в июле (78,6 мм) по сравнению со средним многолетним значением (86,0 мм). По обеспеченности теплом вегетационный сезон был близок к норме в мае, чуть ниже средней многолетней температуры характеризовался июнь, превышение над нормой отмечалось в июле и августе. Гидротермический коэффициент изменялся от 1,1 (в мае) до 0,5 (в августе).

Вегетационный сезон 2023 г. характеризовался экстремальными метеорологическими условиями. Острый дефицит влаги наблюдался в мае в период формирования всходов, осадки отсутствовали в I и II декады месяца, в III декаде выпало всего лишь 7,6 мм осадков (16,8% от среднего многолетнего значения). В июне и июле по количеству осадков отмечено превышение нормы (на 87,4% и 35,1% соответственно), но при этом наибольшая их часть выпала в течение короткого промежутка времени на фоне повышенных среднесуточных температур воздуха. В августе количество осадков составило 64,7% от среднего многолетнего значения. ГТК в период вегетации варьировал от 0,2 (в мае) до 1,7 (в июле). Сумма активных температур за период выше $10^{\circ}C$ в 2022–2023 гг. составила 2143,3–2398,0 $^{\circ}C$ при продолжительности 126–139 суток.

Посев образцов проводили на делянках площадью 1 м^2 , глубина заделки семян — 5–6 см, норма высева — 500 семян на 1 м^2 . Почва окультуренная дерново-подзолистая, по гранулометрическому составу супесчаная (содержание гумуса — 3,67%, pH — 6,6).

Рис. 1. Характеристика вегетационных периодов по гидротермическому режиму в годы исследования

Fig. 1. Characteristics of the growing seasons according to their hydrothermal regime in the years of research



¹ Селянинов Г.Т. К методике сельскохозяйственной климатографии. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1930; 2(22): 45–91.

Учеты и наблюдения в течение вегетационного периода выполняли в соответствии с Методическими указаниями по изучению мировой коллекции ячменя и овса².

В фазу «колошение» учитывали высоту растений, после уборки анализировали изменчивость признаков продуктивности (длина колоса, число и масса зерен с колоса, количество продуктивных побегов и урожайность на 1 м²), на их основе рассчитывали селекционные индексы:

- «канадский индекс (удельный урожай колоса)» — отношение массы зерен с колоса (г) к длине колоса (см),
- «индекс линейной плотности колоса» — отношение числа зерен с колоса (шт.) к длине колоса (см),
- «индекс продуктивности растения» — отношение произведения числа зерен с колоса (шт.) на массу зерен с колоса (г) к длине колоса (см),
- «индекс потенциала колоса» — отношение длины колоса (см) к высоте растения (см),
- «мексиканский индекс» — отношение массы зерен с колоса (г) к высоте растения (см),
- «финско-скандинавский индекс» — отношение числа зерен в колосе (шт.) к высоте растения (см) [8, 10–12].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Урожайность зерна представляет собой комплексное взаимодействие ее элементов [13], находится под влиянием условий окружающей среды и определяется устойчивостью растительного организма к неблагоприятным факторам [14].

В данном исследовании изученные образцы ячменя характеризовались значительной изменчивостью отдельных элементов структуры урожая в зависимости от принадлежности к двурядному или многорядному подвиду и метеорологических характеристик вегетационного сезона.

О.Б. Батакова, В.А. Корелина [15] указывают, что длина колоса является одним из признаков, влияющих на продуктивность сорта, которая существенно уменьшается в неблагоприятные по климатическим условиям годы.

Двурядные и многорядные образцы характеризовались стабильным проявлением длины колоса, числа зерен и массы зерна с колоса в разные вегетационные сезоны (табл. 1). При этом многорядные образцы в 2022 г. уступали двурядным по длине колосе, но превосходили

по числу зерен в колосе и их массе в оба года исследования, что объясняется особенностями их генотипа (принадлежностью к разным подвидам).

Для оценки потенциальной продуктивности селекционных и коллекционных образцов зерновых культур, их устойчивости к комплексу неблагоприятных факторов среды на первых этапах селекционного процесса используют различные селекционные индексы [11, 16–19].

По данным авторов, у двурядных образцов не отмечено различий по индексам при сравнении по годам исследования. При этом при анализе изменчивости индексов отдельных образцов были установлены значительные вариации в зависимости от условий вегетационного сезона (табл. 1).

Исходя из того, что канадский индекс позволяет выделять засухоустойчивые генотипы [12, 19], был выполнен расчет удельного урожая колоса. В 2022 году около половины двурядных образцов характеризовались высокими значениями данного индекса, максимальная величина которого отмечена у образцов: Зерноградский 813, к-30453 (Россия) — 0,131 г/см, Kneza 65, к-22809 (Венгрия) — 0,141 г/см.

В 2023 году при аналогичной закономерности выделились другие образцы: Comfort f8, к-24678 (США) — 0,140 г/см, Абалак, к-31201 (Россия) — 0,142 г/см.

По индексу линейной плотности колоса в первый год исследования выделились 7 образцов, во второй — 4, у которых отношение числа зерен с колоса к его длине превышало 2,7 шт/см. Максимальная величина данного индекса в 2022 г. отмечена у образцов: Зерноградский 813, к-30453 (Россия) — 3,34 шт/см; Msg 2 alb»е (chromosome 2), к-22733 (США) — 2,92 шт/см; Comfort f8, к-24678 (США) — 2,90 шт/см; в 2023 г. — Зерноградский 813, к-30453 (Россия) — 2,98 шт/см; к-23339 (Германия) — 2,84 шт/см; Comfort f8, к-24678 (США) — 2,83 шт/см.

Индекс продуктивности растений, предложенный И.Р. Манукян с соавт. [11], рекомендуется в качестве наиболее информативного и объективного критерия оценки, так как в его основу положены такие параметры, как длина колоса, число зерен колосе и их масса [11, 12, 19]. Данный индекс варьировал в 2022 г. от 1,101 шт. × г/см Н.2866 Coll. Halle EP80, к-23450 (Эфиопия) до 2,719 шт. × г/см Зерноградский 813, к-30453 (Россия), в 2023 г. — от 0,685 шт. × г/см Н.2866 Coll. Halle EP80, к-23450 (Эфиопия) до 2,601 шт. × г/см De pribtermpe, к-23491 (Франция).

Таблица 1. Изменчивость признаков продуктивности двурядных и многорядных подвидов ячменя и некоторые селекционные индексы, рассчитанные на их основе в разные годы исследования

Table 1. Variability of productivity traits of two-row and multi-row subspecies of barley and some breeding indices calculated on their basis in different years of research

Год	Длина колоса, см		Число зерен в колосе, шт.		Масса зерна с колоса, г		Канадский индекс, г/см		Индекс линейной плотности колоса, шт/см		Индекс продуктивности растений, шт. × г/см	
	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x
<i>Двурядные образцы</i>												
2022	5,6–9,3	6,80 ± 0,19	14,1–21,0	17,20 ± 0,46	0,52–0,92	0,74 ± 0,03	0,078–0,141	0,110 ± 0,004	2,10–3,35	2,56 ± 0,08	1,101–2,719	1,905 ± 0,106
2023	5,2–8,6	6,80 ± 0,22	10,4–20,4	16,40 ± 0,72	0,37–1,07	0,77 ± 0,05	0,066–0,142	0,111 ± 0,005	1,36–2,98	2,42 ± 0,09	0,685–2,601	1,886 ± 0,146
<i>Многорядные образцы</i>												
2022	4,7–6,6	5,60 ± 0,14 ^Δ	26,9–42,5	34,20 ± 1,20 ^Δ	0,74–1,35	1,02 ± 0,05 ^Δ	0,126–0,264	0,183 ± 0,010 ^Δ	4,80–8,12	6,14 ± 0,22 ^Δ	4,368–9,182	6,255 ± 0,386 ^Δ
2023	4,6–8,7	5,90 ± 0,29	16,9–42,5	31,80 ± 1,91 ^Δ	0,33–1,70	1,02 ± 0,09 ^Δ	0,046–0,282	0,141 ± 0,009 ^Δ	1,36–7,62	3,83 ± 0,31 ^Δ	0,685–10,847	3,702 ± 0,458 ^Δ
<i>Среднее по коллекции</i>												
2022	4,7–9,3	6,20 ± 0,16	14,1–42,5	25,00 ± 1,57	0,52–1,35	0,87 ± 0,04	0,078–0,264	0,143 ± 0,008	2,10–8,12	4,20 ± 0,32	1,101–9,182	3,894 ± 0,414
2023	4,6–8,7	6,40 ± 0,19	10,4–42,5	23,50 ± 1,61	0,33–1,70	0,88 ± 0,05	0,046–0,282	0,141 ± 0,009	1,36–7,62	3,83 ± 0,31	0,685–10,847	3,702 ± 0,458

Примечание: * — различия по годам, ^Δ — различия между двурядными и многорядными образцами.

² Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР. 2012.

Многорядные образцы показали более высокую зависимость селекционных индексов от условий вегетационного сезона. При дефиците влаги на фоне повышенных температур в 2023 г. установлено снижение изученных индексов, особенно линейной плотности колоса и продуктивности растений (в 1,6–1,7 раза).

Наибольшая величина канадского индекса (> 0,200 г/см) среди многорядных ячменей отмечена в первый год исследования у пяти образцов: Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония); к-16026 (Казахстан); Белогорский 95, к-30449 (Россия); Местный, к-14950 (Таджикистан); Abyssinian 14, к-23504 (Нидерланды); во второй год у семи образцов: Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония); Wisconsin х 691-1 С.1.10513, к-23493 (США); к-16026 (Казахстан); Белогорский 95, к-30449 (Россия); Местный, к-14950 (Таджикистан); Abyssinian 14, к-23504 (Нидерланды); Местный, к-30367 (Сирия).

По индексу линейной плотности колоса в оба года исследования отмечены два образца — Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) и Белогорский 95, к-30449 (Россия), сформировавшие > 7 зерен на 1 см длины колоса.

Многорядные образцы значительно превосходили двурядные по индексу продуктивности растений, при этом > 7 шт. × г/см выявлено в 2022 г. у четырех образцов: Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония); к-16026 (Казахстан); Arni 7, к-25783 (Германия); Белогорский 95, к-30449 (Россия); Abyssinian 14, к-23504 (Нидерланды); в 2023 г. — у семи образцов: Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония); С.1. 11071, к-30711 (Перу); к-16026 (Казахстан); Arni 7, к-25783 (Германия); Белогорский 95, к-30449 (Россия); Abyssinian 14, к-23504 (Нидерланды); Местный, к-30367 (Сирия).

Следует отметить, что по усредненным данным между 2022 г. и 2023-м достоверных различий по изученным признакам продуктивности и индексам не обнаружено. На основании этого при характеристике коллекционного материала и отборе ценных генотипов ячменя рекомендуется учитывать принадлежность образцов к тому или иному подвиду.

В формировании урожайности зерна важная роль отводится признаку высоты растений. Показано, что низкорослые сорта с ранним сроком выколашивания и неглубокой корневой системой проявляют большую чувствительность к недостатку влаги в почве [20, 21]. При дефиците влаги на ранних этапах онтогенеза как двурядные, так и многорядные образцы ячменя формировали более низкорослые растения, при этом отмечено повышение их устойчивости к полеганию — от 4–8 баллов в 2022 г. до 5–9 баллов в 2023-м. Высота растений наряду с некоторыми признаками продуктивности

используется для расчета мексиканского индекса, индекса потенциала колоса и финско-скандинавского индекса (табл. 2).

В данном исследовании не обнаружено значительных различий по мексиканскому индексу в разные вегетационные сезоны по подвидам ячменя, но в среднем по коллекции индекс был выше в условиях дефицита влаги. Аналогичные результаты были получены К.А. Степановым и соавт. [22] на яровой мягкой пшенице, которыми было установлено снижение большинства изученных ими селекционных индексов при увеличении высоты растений, что свидетельствует о возрастании продукционного процесса с уменьшением высоты растений.

По величине индекса потенциала колоса и финско-скандинавскому индексу у двурядных образцов и в среднем по коллекции отмечено увеличение их значений с уменьшением высоты растений в стрессовых условиях 2023 г., тогда как у многорядных ячменей статистически значимые различия по годам установлены только по индексу потенциала колоса.

В более благоприятных условиях многорядные образцы уступали двурядным по индексу потенциала колоса и превосходили их по финско-скандинавскому индексу в оба года оценки.

Среди двурядных образцов в 2022 г. высокое значение мексиканского индекса 0,010 г/см отмечено у двух образцов — Черноградский 813, к-30453 (Россия) и Kneza 65, к-22809 (Венгрия); в 2023 г. максимальное значение этого индекса достигало 0,013 г/см у шести образцов: De pribtermpe, к-23491 (Франция), к-23339 (Германия), Черноградский 813, к-30453 (Россия), Kneza 65, к-22809 (Венгрия), Абалак, к-31201 (Россия), Msg 2 alb^{re} (chromosome 2), к-22733 (США).

У многорядного ячменя по соотношению массы зерна к высоте растения в 2022 г. выделены три образца с высоким значением: 0,016 г/см, к-16026 (Казахстан), 0,015 г/см Местный, к-14950 (Таджикистан), 0,014 г/см Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония); в 2023 г. — пять: Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) — 0,025 г/см; к-16026 (Казахстан) — 0,022 г/см; С.1. 10995, к-30630 (Перу) — 0,019 г/см; С.1. 11071, к-30711 (Перу) — 0,019 г/см; Местный, к-30367 (Сирия) — 0,018 г/см.

По индексу потенциала колоса в первый год оценки у двурядных образцов ячменя выделены три образца, у которых отношение длины колоса к высоте растения превышало 0,080 см/см: Местный, к-25008 (Эфиопия); De pribtermpe, к-23491 (Франция); H.2866 Coll.Halle EP80, к-23450 (Эфиопия). Во второй год к лучшим отнесены восемь образцов с индексом > 0,100 см/см: De pribtermpe, к-23491 (Франция); к-23339 (Германия);

Таблица 2. Оценка двурядных и многорядных образцов ячменя по селекционным индексам во взаимосвязи с высотой растений в разные годы исследования

Table 2. Evaluation of two-row and multi-row barley samples according to breeding indices in relation to plant height in different years of research

Год	Высота растений, см		Мексиканский индекс, г/см		Индекс потенциала колоса, см/см		Финско-скандинавский индекс, шт/см	
	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x	lim	X ± m _x
<i>Двурядные образцы</i>								
2022	76,3–116,4	94,30 ± 2,48	0,006–0,010	0,008 ± 0,003	0,062–0,087	0,072 ± 0,002	0,148–0,236	0,183 ± 0,005
2023	48,3–93,6	69,90 ± 2,67*	0,006–0,013	0,011 ± 0,001	0,084–0,116	0,099 ± 0,002*	0,146–0,328	0,238 ± 0,010*
<i>Многорядные образцы</i>								
2022	68,0–110,2	90,70 ± 2,90	0,007–0,016	0,011 ± 0,001	0,049–0,075	0,062 ± 0,002 Δ	0,280–0,541	0,380 ± 0,015 Δ
2023	46,0–83,5	66,70 ± 2,40*	0,005–0,025	0,013 ± 0,001	0,069–0,137	0,095 ± 0,003*	0,146–0,828	0,351 ± 0,027 Δ
<i>Среднее по коллекции</i>								
2022	68,0–116,4	92,70 ± 1,88	0,006–0,016	0,009 ± 0,001	0,049–0,087	0,068 ± 0,002	0,148–0,541	0,273 ± 0,018
2023	46,0–93,6	68,50 ± 1,81*	0,005–0,025	0,013 ± 0,001*	0,069–0,137	0,095 ± 0,003*	0,146–0,828	0,351 ± 0,027*

Примечание: * — различия по годам, Δ — различия между двурядными и многорядными образцами.

H.2866 Coll.Halle EP80, к-23450 (Эфиопия); Местный, к-26620 (Эфиопия); Зерноградский 813, к-30453 (Россия); Knezsza 65, к-22809 (Венгрия); Ача, к-30243 (Россия); Cosmos, к-21967 (Франция).

Многорядный ячмень в 2022 г. по величине индекса потенциала колоса уступал двурядному. К числу лучших отнесены четыре образца: С.І. 10975, к-30624 (Перу) — 0,072 см/см; С.І. 10995, к-30630 (Перу) — 0,075 см/см; Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) — 0,071 см/см; С.І. 11073, к-30663 (Перу) — 0,072 см/см. В 2023 году высокий индекс потенциала колоса отмечен у пяти образцов: С.І. 10975, к-30624 (Перу) — 0,105 см/см; С.І. 10995, к-30630 (Перу) — 0,137 см/см; Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) — 0,112 см/см; Dz02-129, к-22934 (Эфиопия) — 0,100 см/см; к-30370 (Ирак) — 0,102 см/см.

И.В. Сафонова, Н.И. Аниськов [12] указывают, что финско-скандинавский индекс позволяет дать характеристику генотипа по зернообразующей способности. По этому показателю среди двурядных образцов в относительно благоприятных условиях высокой величиной характеризовались: Comfort f8, к-24678 (США) — 0,212 шт/см; Зерноградский 813, к-30453 (Россия) — 0,236 шт/см; Cosmos, к-21967 (Франция) — 0,200 шт/см. В 2023 году выделены три образца: к-23339 (Германия) — 0,294 шт/см; Зерноградский 813, к-30453 (Россия) — 0,328 шт/см; Cosmos, к-21967 (Франция) — 0,291 шт/см. У многорядных образцов величина финско-скандинавского индекса была выше.

Высокую зернообразующую способность в 2022 г. имели образцы: С.І. 10995, к-30630 (Перу) — 0,416 шт/см; Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) — 0,541 шт/см; С.І. 11073, к-30663 (Перу) — 0,435 шт/см; к-30370 (Ирак) — 0,413 шт/см. В 2023 году выделены восемь образцов: С.І. 10995, к-30630 (Перу) — 0,550 шт/см; Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония) — 0,828 шт/см; к-30370 (Ирак) — 0,606 шт/см; С.І. 11071, к-30711 (Перу) — 0,572 шт/см; Arni 7, к-25783 (Германия) — 0,509 шт/см; Белогорский 95, к-30449 (Россия) — 0,568 шт/см; Dz02-163, к-22942 (Эфиопия) — 0,573 шт/см; Местный, к-30367 (Сирия) — 0,555 шт/см.

В.А. Воробьев и соавт. [23] указывают, что изучение селекционных индексов расширяет информацию о сорте. С помощью оценки одного или нескольких индексов и применения ранжирования сортов по этим индексам можно выделить наиболее урожайные и исключить из испытания менее продуктивные.

С целью выделения лучших образцов было проведено балловое ранжирование двурядного и многорядного ячменя по комплексу селекционных индексов. Индексы с наибольшими значениями получали высший балл (19) по количеству образцов у двурядного ячменя, 16 — у многорядного, с наименьшими — 1 балл. Максимальная сумма баллов, которую мог набрать отдельный образец по шести индексам, составляла 114 у двурядного и 96 у многорядного. По сумме баллов образцы были распределены на три группы: с высокими, средними и низкими баллами (у двурядного ячменя диапазон баллов, соответственно, составлял 76–114, 38–75, 1–37, у многорядного — 64–96, 32–63, 1–31 балл).

Анализ коллекционных образцов двурядного подвида ячменя позволил по сумме баллов отнести к лучшим по шесть образцов в оба года исследования, набравших в 2022 г. 78–103 балла и в 2023 г. 79–96 баллов.

Высокие результаты в оба вегетационных сезона показывали три образца: Зерноградский 813, к-30453 (Россия); Knezsza 65, к-22809 (Венгрия); Абалак, к-31201

(Россия). В группу со средними баллами (41–72 балла) в первый год исследования были отнесены десять образцов, во второй — семь, набравшие 55–75 баллов, среди которых отмечены четыре образца, стабильно входящие в эту группу: Ача, к-30243 (Россия); Dz02-404, к-22961 (Эфиопия); II-96b, к-23052 (Эфиопия); Арна, к-738 (Казахстан). Низкими индексами характеризовались в 2022 г. три образца с суммой баллов от 29 до 39, в 2023 г. — шесть образцов с баллами 20–35.

У многорядного ячменя в группу с высокими суммами баллов в оба года исследования отнесены три образца, во второй — четыре. Стабильно высокие результаты показал лишь один образец — Rokkaku-yabane, к-10986 (Япония), набравший в 2022 г. 83 балла, в 2023 г. 92 балла.

В относительно благоприятных условиях средними значениями индексов (36–63 балла) характеризовались 11 образцов, в условиях дефицита влаги и повышенных температур — 9 с суммой баллов от 32 до 63. В оба года оценки в эту группу по итогам ранжирования отнесены образцы: Dz02-163, к-22942 (Эфиопия); Abyssinian 14, к-23504 (Нидерланды); к-30370 (Ирак); С.І. 10995, к-30630 (Перу); Местный, к-14950 (Таджикистан); Wisconsin х 691-1 С.І. 10513, к-23493 (США).

Низкие результаты показали в 2022 г. два образца, набравшие 23–25 баллов, в 2023 г. — три с суммой баллов 19–28.

Таким образом, среди двурядного ячменя выделены образцы, происходившие из России, Венгрии, Германии, США, Франции, среди многорядного — из Японии, России, Германии, Казахстана, Перу, Сирии.

Группа с низкими значениями селекционных индексов у двурядного ячменя включала образцы из Эфиопии и Перу, у многорядного — из Эфиопии, Перу и Германии.

Лучшие образцы двурядного ячменя были представлены разновидностями *erectum*, *glabridificiens*, *nutans*, у многорядного — *brachyatherum*, *pallidum*, *parallelum*. Двурядные образцы с низкими значениями селекционных индексов относились к разновидностям *dupliatum*, *griseinudiinerve*, *macrolepis*, *rubrum*, *steudellii*, многорядные — *coeleste*, *himalaeynse*, *nigripallidum*, *violaceum*.

Сравнительный анализ изученных образцов ячменя по сумме баллов селекционных индексов показал значительное варьирование урожайности в зависимости от подвида и условий вегетации. У образцов двурядного ячменя с высокими суммами баллов урожайность в относительно благоприятных условиях изменялась от 142,2 до 379,3 г/м², в условиях стресса — от 18,9 до 221,9 г/м².

У многорядных образцов реакция на воздействие стрессовых факторов менее выражена, что подтверждается меньшим диапазоном варьирования: 307,7–365,6 г/м² — 2022 г., 102,2–151,7 г/м² — 2023 г.

В группе со средними значениями суммы баллов урожайность изменялась в широких пределах как у двурядного ячменя (198,8–439,8 г/м² — 2022 г., 12,8–455,4 г/м² — 2023 г.), так и у многорядного (65,7–454,8 г/м² — 2022 г., 65,8–218,1 г/м² — 2023 г. У образцов с низкими суммами баллов зерновая продуктивность была значительно ниже: у двурядных до 248,1 г/м² (2022 г.) и до 113,3 г/м² (2023 г.), у многорядных до 286,9 г/м² (2022 г.) и до 40,5 г/м² (2023 г.).

Корреляционный анализ позволяет дополнительно охарактеризовать особенности формирования продуктивности исследуемых образцов и способствует выявлению взаимосвязей между изучаемыми признаками.

У образцов двурядного ячменя в относительно

благоприятных условиях 2022 г. отмечена средняя прямая связь урожайности со всеми рассчитанными селекционными индексами ($r = 0,36-0,40$) (рис. 2).

Исключение составил индекс потенциала колоса, имеющий слабую обратную связь с исследуемым признаком ($r = -0,12$). У многорядных образцов отмечена слабая связь большинства селекционных индексов с урожайностью ($r = -0,16-0,25$). Средняя прямая связь выявлена с индексом линейной плотности колоса ($r = 0,30$) и финско-скандинавским индексом ($r = 0,32$).

По результатам корреляционного анализа в экстремальном по температурно-влажностному режиму 2023 г. установлено ослабление связи урожайности с индексами у двурядных образцов ярового ячменя: индекс потенциала колоса, канадский индекс и индекс линейной плотности колоса характеризовались слабой обратной связью ($r = -0,02-0,26$), индекс продуктивности растений и финско-скандинавский индекс — слабую прямую связь ($r = 0,05-0,09$). Стабильным по характеру выявленной связи являлся мексиканский индекс ($r = 0,35$).

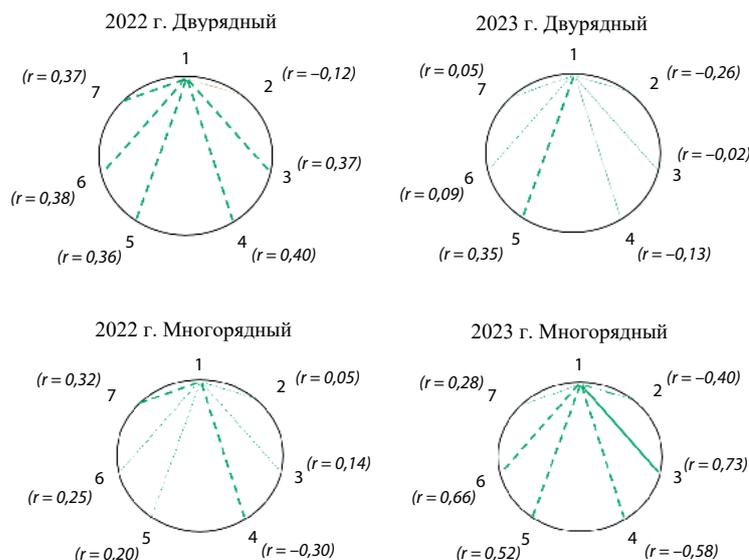
В условиях 2023 г. у многорядного ячменя изменялся характер корреляции урожайности с селекционными индексами. По сравнению с 2022 г. отмечено увеличение силы связи с канадским индексом ($r = 0,73$), индексом продуктивности растений ($r = 0,66$), индексом линейной плотности колоса ($r = 0,58$), мексиканским индексом ($r = 0,52$). Сопряженность урожайности с индексом потенциала колоса уменьшалась ($r = -0,40$).

Выводы/Conclusions

Значения селекционных индексов различались в зависимости от условий вегетации. Наибольшей стабильностью, как у двурядных, так и многорядных образцов ячменя, характеризовался мексиканский индекс, что необходимо учитывать при тестировании и отборе ценных генотипов. По усредненным данным не выявлено различий по годам исследования по канадскому индексу, индексу линейной плотности колоса, индексу

Рис. 2. Характер и сила связи урожайности с селекционными индексами у различных подвидов ячменя

Fig. 2. Nature and strength of the relationship between yield and breeding indices in various subspecies of barley



Примечание: 1 — урожайность; 2 — индекс потенциала колоса; 3 — канадский индекс; 4 — индекс линейной плотности колоса; 5 — мексиканский индекс; 6 — индекс продуктивности растений; 7 — финско-скандинавский индекс

продуктивности растения у двурядных образцов, в отличие от многорядных.

Индекс продуктивности растений позволяет получить больше информации о реакции на факторы окружающей среды и выявить различия между подвидами и образцами ячменя как в среднем за период исследования, так и в отдельные годы.

Установлено, что характер и сила связи урожайности с селекционными индексами изменяются в зависимости от тепло- и влагообеспеченности периодов вегетации растений.

У образцов многорядного ячменя установлено значительное усиление силы связи урожайности с канадским индексом ($r = 0,73$), индексом продуктивности растений ($r = 0,66$), индексом линейной плотности колоса ($r = 0,58$), мексиканским индексом ($r = 0,52$) в стрессовых условиях.

У двурядных образцов выявлено ослабление корреляции урожайности с данными индексами.

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зуралья» № FEWZ-2021-0007.

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Adaptive capacity of agricultural plants in extreme conditions of the Northern Urals" No. FEWZ-2021-0007.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Драгавцев В.А. Решения технологических задач селекционного повышения урожая, вытекающие из теории эколого-генетической организации количественных признаков. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2019; 132: 17–28. <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.02>
2. 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. International Scientific and Practical Conference "VAILOV READINGS-2023" (VVRD 2023)*. EDP Sciences. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>

REFERENCES

1. Dragavtsev V.A. The answers of the breeding yield gain process tasks, that stem from the theory of an ecological - genetic implementation of quantitative traits. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2019; 132: 17–28 (in Russian). <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.132.2019.02>
2. 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. International Scientific and Practical Conference "VAILOV READINGS-2023" (VVRD 2023)*. EDP Sciences. 2023; 67: 01004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236701004>

3. Ivanova Yu., Fomina M., Bragina M., Pai O. Evaluation of promising lines of spring barley in the conditions of the northern Trans-Urals. *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: 09002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410809002>
4. Lipshin A. et al. The influence of agrotechnology on barley productivity in the republic of Khakassia. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339001022>
5. Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014; 8(2): 378–386. <https://www.elibrary.ru/sjcfbj>
6. Бобер А.В., Климовец М.Ю., Ребезов М.Б. Влияние условий выращивания и хранения на содержание белка в зерне ячменя. *Пища. Экология. Качество. Труды XVII Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет. 2020; 86–89. <https://www.elibrary.ru/tmtcfp>
7. Вертий Н.С., Титаренко А.В., Титаренко Л.П., Козлов А.А. Селекционные индексы в оценке ячменно-пшеничных гибридов. *Нива Поволжья*. 2016; (2): 9–15. <https://www.elibrary.ru/ypsmlt>
8. Степанова Н.А., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Костромичева В.А. Определение продуктивности яровой мягкой пшеницы на основе селекционных индексов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021; (3): 91–96. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-91-96>
9. Переvedentsev Ю.П., Гусаров А.В., Аухадеев Т.Р., Мирсаева Н.А., Шерстюков Б.Г., Лопух П.С. Мониторинг лесных пожаров на территории Приволжского федерального округа в последние десятилетия. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*. 2022; (2): 149–157. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157>
10. Драгавцев В.В. Эколого-генетическая организация полигенных признаков растений и теория селекционных индексов. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2009; 9: 7–13. <https://www.elibrary.ru/veqidi>
11. Манукян И.Р., Басиева М.А., Абиев В.Б. Оценка продуктивности селекционных образцов озимой пшеницы в условиях предгорной зоны Центрального Кавказа. *Нива Поволжья*. 2018; (4): 78–83. <https://www.elibrary.ru/yskbzj>
12. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Значимость комплексной оценки селекционных индексов и параметров стрессоустойчивости сортов озимой ржи. *Аграрный вестник Урала*. 2022; (6): 16–26. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26>
13. Petcu E., Vasilescu L., Viorel I. Grain size stability of a winter barley genotypes assortment under different seed rates. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021; 64(1): 520–526.
14. Баталова Г.А. Селекция растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2012; (3): 20–25. <https://www.elibrary.ru/qcrsxd>
15. Батакова О.Б., Корелина В.А. Влияние элементов структуры урожая на продуктивность ячменя яровой *Hordeum vulgare* L. в условиях Крайнего Севера РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017; 178(3): 50–58. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-3-50-58>
16. Антимонов А.К., Антимонова О.Н. Вклад и значимость индексов селектируемых признаков в формировании прибавки урожайности прося посевного. *Аграрная наука*. 2023; (4): 105–109. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-105-109>
17. Асеева Т.А., Трифунтова И.Б. Изучение исходного материала зимующего овса в условиях Среднего Приамурья. *Агронаука*. 2023; 1(4): 33–41. <https://www.elibrary.ru/agkspw>
18. Мефодьев Г.А., Яковлева М.И. Сравнительная характеристика селекционных линий яровой тритикале по методу индексов. *Вестник Чувашского государственного аграрного университета*. 2023; (3): 18–23. <https://doi.org/10.48612/vch/zh1m-d7bz-7mnb>
19. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Агроэкологическая оценка сортов озимой ржи по хозяйственно-биологическим и адаптивным показателям. *Пермский аграрный вестник*. 2023; (1): 63–71. <https://www.elibrary.ru/tkijbp>
20. Козубовская Г.В., Балакшина В.И. Результаты экологического испытания сортов ячменя различных экоципов в засушливых условиях Волгоградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018; 179(3): 60–67. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-60-67>
21. Чиганцев Н.П. Оптимизация параметров ценных признаков сортов ячменя в засушливых условиях выращивания. *Научно-агрономический журнал*. 2009; (2): 39–41. <https://www.elibrary.ru/yuavvn>
22. Степанов К.А., Чимкенова А.Е., Байбусынова Ж.М. Особенности структуры урожая и ее связь с продуктивностью у селекционных линий яровой мягкой пшеницы разных морфотипов в Восточном Казахстане. *Исследования, результаты*. 2021; (2): 205–216. <https://doi.org/10.37884/2-2021/20>
23. Воробьев В.А., Воробьев А.В. Роль селекционных индексов в оценке продуктивности яровой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(9): 37–39. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10909>
3. Ivanova Yu., Fomina M., Bragina M., Pai O. Evaluation of promising lines of spring barley in the conditions of the northern Trans-Urals. *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: 09002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410809002>
4. Lipshin A. et al. The influence of agrotechnology on barley productivity in the republic of Khakassia. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339001022>
5. Surin N.A., Zobova N.V., Lyahova N.E. The genetic potential of barley in Siberia and its importance for breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014; 18(2): 378–386 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sjcfbj>
6. Bober A.V., Klimovets M.Yu., Rebezov M.B. Effect of growing and storage conditions on the protein content in barley grain. *Food. Ecology. Quality. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference*. Ekaterinburg: Ural State University of Economics. 2020; 86–89. <https://www.elibrary.ru/tmtcfp>
7. Vertiy N.S., Titarenko A.V., Titarenko L.P., Kozlov A.A. Plant breeding indexes in evaluation of barley-wheat hybrids. *Niva Povolzhya*. 2016; (2): 9–15 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ypsmlt>
8. Stepanova N.A., Sidorenko V.S., Starikova Zh.V., Kostromicheva V.A. Determination of the productivity of spring soft wheat based on breeding indices. *Legumes and grain crops*. 2021; (3): 91–96 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-91-96>
9. Perevedentsev Yu.P., Gusarov A.V., Aukhadееv T.R., Mirsaeva N.A., Sherstyukov B.G., Lopukh P.S. Monitoring of forest fires in the territory of the Volga Federal District in recent decades. *Bulletin of Udmurt University. Series: Biology. Earth Sciences*. 2022; (2): 149–157 (in Russian). <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2022-32-2-149-157>
10. Dragavtsev V.V. Ecologogenetic organization of polygenic traits of plants and the theory of selection indices. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. 2009; 9: 7–13 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/veqidi>
11. Manukyan I.R., Basieva M.A., Abiev V.B. The evaluation of the productivity of breeding samples of winter wheat in the conditions of a foothill zone of the Central Caucasus. *Niva Povolzhya*. 2018; (4): 78–83 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yskbzj>
12. Safonova I.V., Aniskov N.I. The significance of a comprehensive assessment of breeding indices and parameters of stress resistance of winter rye varieties. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; (6): 16–26 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26>
13. Petcu E., Vasilescu L., Viorel I. Grain size stability of a winter barley genotypes assortment under different seed rates. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2021; 64(1): 520–526.
14. Batalova G.A. Plant breeding in conditions of instability of agro-climatic resources. *Legumes and cereals*. 2012; (3): 20–25 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qcrsxd>
15. Batakova O.B., Korelina V.A. The effect of yield structure elements on spring barley *Hordeum vulgare* L. productivity in the environments of Russia's Extreme North. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2017; 178(3): 50–58 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2017-3-50-58>
16. Antimonov A.K., Antimonova O.N. Contribution and significance of the indices of the selection features in the formation of an increase in the yield of seed millet. *Agrarian science*. 2023; (4): 105–109 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-105-109>
17. Aseeva T.A., Trifuntova I.B. Study of the source material of wintering oats in the conditions of the Middle Amur Region. *Agroscience*. 2023; 1(4): 33–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/agkspw>
18. Methodiev G.A., Yakovleva M.I. Comparative characteristics of breeding lines of spring triticale by the index method. *Vestnik Chuvash State Agrarian University*. 2023; (3): 18–23 (in Russian). <https://doi.org/10.48612/vch/zh1m-d7bz-7mnb>
19. Safonova I.V., Aniskov N.I. Agroecological assessment of winter rye varieties by economic, biological and adaptive indicators. *Perm agrarian journal*. 2023; (1): 63–71 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tkijbp>
20. Kozubovskaya G.V., Balakshina V.I. The results of the ecological study of different ecotypes of spring barley varieties in the dry conditions of the Volgograd Province. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2018; 179(3): 60–67 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-60-67>
21. Chigantsev N.P. Optimisation of parameters of valuable traits of barley varieties in arid growing conditions. *Scientific agronomy journal*. 2009; (2): 39–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yuavvn>
22. Stepanov K.A., Chimkenova A.E., Baibusynova Zh.M. Features of the crop structure and its relation with productivity in breeding lines of spring bread wheat of different morphotypes in East Kazakhstan in 2020. *Research, results*. 2021; (2): 205–216 (in Russian). <https://doi.org/10.37884/2-2021/20>
23. Vorobyov V.A., Vorobyov A.V. Role of Selection Indices in Evaluation of Spring Wheat Productivity. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2018; 32(9): 37–39 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10909>

ОБ АВТОРАХ

Денис Александрович Базюк

аспирант
bazjukdenis97@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7676-9260>

Анна Алексеевна Белозерова

кандидат биологических наук, доцент
anna-bel@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3948-5167>

Нина Анатольевна Боме

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры
bomena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Тюменский государственный университет,
ул. Володарского, 6, Тюмень, 625003 Россия

ABOUT THE AUTHORS

Denis Aleksandrovich Bazyuk

Graduate Student
bazjukdenis97@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7676-9260>

Anna Alekseevna Belozerova

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
anna-bel@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0002-3948-5167>

Nina Anatolievna Bome

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture
bomena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

University of Tyumen,
6 Volodarsky Str., Tyumen, 625003 Russia



23-25
октября
2024

- ЖИВОТНОВОДСТВО
- ЗЕМЛЕДЕЛИЕ
- РАСТЕНИЕВОДСТВО
- КОРМОПРОИЗВОДСТВО
- ВЕТЕРИНАРИЯ
- ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
- ПРОДУКТЫ. НАПИТКИ. ОБОРУДОВАНИЕ
- СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА
- ПЕРЕРАБОТКА И СБЫТ
- КАДРЫ

**МЕРОПРИЯТИЯ ДЕЛОВОЙ ПРОГРАММЫ СЕМИНАРЫ,
КРУГЛЫЕ СТОЛЫ, СОВЕЩАНИЯ, ТРЕНИНГИ ПО РАЗВИТИЮ АПК**

Место проведения: г. Новокузнецк, ул. Автотранспортная, 51,
ВК «Кузбасская ярмарка», тел: +7 (3843) 32-11-16, 8-951-587-9690
www.kuzbass-fair.ru



Е.С. Земцова¹ ✉Н.А. Боме²В.В. Новохатин³

¹ Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук, Тобольск, Россия

² Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

³ Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Тюмень, Россия

✉ zemcovaelena@mail.ru

Поступила в редакцию: 07.05.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Земцова Е.С., Боме Н.А., Новохатин В.В.

Elena S. Zemtsova¹ ✉Nina A. Bome²Vladimir V. Novokhatin³

¹ Tobolsk complex scientific station Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Tobolsk, Russia

² University of Tyumen, Tyumen, Russia

³ Federal State Institution Federal Research Centre "Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Tyumen, Russia

✉ zemcovaelena@mail.ru

Received by the editorial office: 07.05.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Zemtsova E.S., Bome N.A., Novokhatin V.V.

Микробиота семян яровой пшеницы, выращенной в контрастных агроклиматических условиях Тюменской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Патогенная микробиота семенного зерна может вызывать гибель проростков, корневые гнили, ослабление растений и, как следствие, снижение урожайности. Мониторинг зараженности семян патогенами всегда актуален, поскольку состав микробиоты динамичен из-за влияния природных и антропогенных факторов.

Методы. Проводили фитопатологический анализ семян яровой пшеницы, выращенной на государственных сортоиспытательных участках Тюменской области в контрастные годы: прохладный и избыточно увлажненный в июле 2015 г. и жаркий с умеренным количеством осадков 2016 г. Использовали метод «влажной камеры». Проанализировали 144 образца.

Результаты. Наиболее обильными представителями микробного сообщества зерна были грибы рода *Alternaria*. Средняя по образцам инфицированность семян альтернариозом составила 49,5%, отличий по годам исследования не выявлено. В 2015 г. по сравнению с 2016-м наблюдалась более высокая распространенность в семенном материале грибов рода *Fusarium* (4,8% против 1,6%) и бактерий (5,7% против 0,7%). Максимальные показатели зараженности фузариозом имели образцы с Нижнетавдинского сортоиспытательного участка, расположенного в зоне подтайги — до 30% (сорт Икар). В 2016 г. по сравнению с 2015-м отмечалась более высокая инфицированность семенного материала гелиминтоспориозом (7,1% против 2,6%) и плесневыми грибами (2,3% против 0,2%). Распространенность грибов *Bipolaris sorokiniana* была наибольшей в образцах пшеницы, выращенной в зоне северной лесостепи, особенно в образцах с Ялutorовского сортоиспытательного участка — предельное значение составило 27% (сорт СКЭНТ-3). Вредоносность грибов рода *Alternaria* была значительно ниже по сравнению с другими ключевыми представителями микробиоты зерна — средний балл поражения проростков составил 1,4 против 2,2–2,6, показатели всхожести семян — 94,1% против 53,2–67,4%.

Ключевые слова: яровая пшеница, семена, зараженность болезнями, погодные условия, Тюменская область

Для цитирования: Земцова Е.С., Боме Н.А., Новохатин В.В. Микробиота семян яровой пшеницы, выращенной в контрастных агроклиматических условиях Тюменской области. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 104–110.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-104-110>

Microbiota of spring wheat seeds grown within the contrasting agroclimatic conditions of the Tyumen region

ABSTRACT

Relevance. Pathogenic microbiota of seed grain can cause death of seedlings, root rot, weakening of plants and a decrease in yield. Monitoring of seed grains pathogens infection rate is always relevant because the composition of the microbiota is dynamic due to the influence of natural and anthropogenic factors.

Methods. Phytopathological analysis of spring wheat seeds grown at the state variety testing sites of the Tyumen region was carried out in contrasting years: cool and excessively moist in July 2015 and hot with moderate rainfall in 2016. We used the "wet chamber" method. 144 samples were analyzed.

Results. Fungus of the genus *Alternaria* were the most abundant representatives of the grain microbial community. Average infection rate of seed samples with fungi *Alternaria* spp. was 49.5%. No differences were found by year of the study. In 2015 compared to 2016, higher prevalence of fungus of the genus *Fusarium* (4.8% vs. 1.6%) and bacteria (5.7% vs. 0.7%) was observed in the seed material. The maximum indicators of *Fusarium* infestation were observed in samples from Nizhnetavda variety testing site located in the subtaiga zone – up to 30% (variety Ikar). In 2016 compared to 2015, higher infection of seed material with helminthosporiose (7.1% vs. 2.6%) and mold fungi (2.3% vs. 0.2%) was observed. The prevalence of *Bipolaris sorokiniana* fungi was the highest in wheat samples grown in the northern forest-steppe zone, especially samples from the Yalutorovsky variety testing site — the limit value was 27% (variety SKENT-3). Harmfulness fungus of the genus *Alternaria* was significantly lower compared to other key representatives of grain microbiota. The average score of seedling damage was 1.4 vs. 2.2–2.6, seed germination indices — 94.1% vs. 53.2–67.4%.

Key words: spring wheat, seeds, disease infection, weather conditions, Tyumen region

For citation: Zemtsova E.S., Bome N.A., Novokhatin V.V. Microbiota of spring wheat seeds grown within the contrasting agroclimatic conditions of the Tyumen region. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 104–110 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-104-110>

Введение/Introduction

Тюменская область является зернопроизводящим регионом России. В структуре посевов зерновых культур на долю основной продовольственной культуры — яровой пшеницы — приходится 62% (400 тыс. га), на долю ярового ячменя — 20% (130 тыс. га), доля овса составляет 16% (106 тыс. га), значительно меньшие площади занимают озимые: пшеница, рожь и тритикале¹.

Посевы зерновых культур располагаются в южной части области в четырех почвенно-климатических зонах: тайге (I), подтайге (II), северной (III) и южной лесостепи (IV) низменности.

Климат Тюменской области континентальный, характеризуется суровой продолжительной зимой, относительно коротким теплым летом, переходными сезонами (6–7 недель) с поздними весенними и ранними осенними заморозками.

Агрометеорологические параметры значительно варьируют по годам: разница в температуре воздуха вегетационного периода между прохладными и жаркими годами составляет 4–5 °С, количество осадков во влажный и сухой сезоны вегетации различается в 2–5 раз [1, 2]. В соответствии с глобальной тенденцией отмечается потепление климата в регионе [2].

Районы северной лесостепи характеризуются наиболее благоприятными условиями для возделывания зерновых культур. В подтаежной зоне Тюменской области при наличии хорошей влагообеспеченности и освещенности недостаточно содержится в почвах элементов питания, отмечается кислая реакция почвенного раствора, недостаток суммы активных температур.

В южной лесостепи достаточно тепла, однако низкая влагообеспеченность и наличие солонцовых почв затрудняют эффективное возделывание яровой пшеницы [3].

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от качества посевного материала. Важным этапом оценки качества семян является фитопатологическая экспертиза — определение количественного и качественного состава патогенов, передающихся с посевным материалом.

Патогенная микробиота семенного зерна может вызывать гибель проростков и всходов, корневые гнили, уменьшение продуктивной кустистости, ослабление растений и, как следствие, приводит к снижению урожайности и качества зерна нового урожая [4].

Некоторые грибы и бактерии производят токсичные вторичные метаболиты, которые накапливаются в зараженных зернах и сохраняются в продуктах переработки, что приводит к различным проблемам со здоровьем у людей и животных.

Результаты фитопатологической экспертизы, проводимой ежегодно специалистами ФГБУ «Россельхозцентр», показывают, что зараженность болезнями семян зерновых культур в последние годы находится на уровне 32% (среднее 2018–2022 по РФ)². Доля семян, зараженных альтернариозом, составляет в среднем 18,4%, гельминтоспориозом — 5,8%, плесневыми грибами — 3,7%, фузариозом — 2,6%, септориозом — 0,7%, бактериальная инфекция обнаруживается у 0,5% семян. Отмечается инфицированность зерна твердой головней, сетчатой пятнистостью ячменя, красно-бурой пятнистостью овса и др.

Семена яровой пшеницы по сравнению с яровым ячменем и овсом в большей степени подвержены заражению грибами *Fusarium spp.* (3,4% против 1,7% и 2,1%), *Parastagonospora spp.* (0,98% против 0,34% и 0,28%) и *Alternaria spp.* (19,9% против 17,0% и 18,4%); в семенных партиях ярового ячменя относительно яровой пшеницы и овса фиксируется более высокая инфицированность грибами *Bipolaris spp.* (8,4% против 4,7% и 4,3%) и бактериями (0,66% против 0,48% и 0,36%)².

Наблюдается широкий разброс показателей зараженности семян болезнями по субъектам РФ и в различных партиях зерна. В Тюменской области в отдельные годы регистрируются повышенные уровни заражения семян яровой пшеницы альтернариозом (например, в 2022 г. — 47,5%, в 2020-м — 38,0%, в 2018-м — 40,0%). Максимальные показатели зараженности различными болезнями в отдельных партиях зерна могут достигать 90–100%².

Анализ широты экологических ниш разных фитопатогенов на семенах яровой пшеницы по зонам Тюменской области показал, что в подтаежной зоне доминирует заражение семян *Alternaria spp.* (46,4%), затем в убывающем порядке идут *Fusarium spp.* (9,3%), бактериальная микрофлора (4,4%), *Helminthosporium spp.* (2,4%) и плесневые грибы (2,4%).

В лесостепной зоне преобладают *Alternaria spp.* (47,2–54,1%), затем следуют *Helminthosporium spp.* (13,4–29,8%), *Fusarium spp.* (5,3–5,4%), плесневые грибы (3,7–4,7%) и бактерии (2,0–2,8%) [5].

Многолетний опыт проведения микологического анализа зараженности зерна показывает, что грибы рода *Alternaria* всегда были наиболее многочисленными представителями микобиоты во всех зерносеющих регионах страны [4]. При оценке фитосанитарных качеств семян яровой мягкой пшеницы из хозяйств Западной Сибири в 2013–2021 гг. замечена тенденция увеличения доли партий, зараженных видами грибов из рода *Fusarium* [6].

Микроорганизмы, заселяющие зерно, различаются по своей патогенности, поэтому важна не только степень инфицированности, но и состав патогенов. Отмечено, например, что семена, несущие в себе инфекционное начало *Alternaria*, обычно имеют хорошую всхожесть и дают здоровые проростки, в отличие от семян, зараженных грибами других родов (*Fusarium*, *Cochliobolus* и др.) [7]. Иногда отмечается даже слабое положительное влияние видов *Alternaria* на качество семян зерновых культур [8].

В некоторых случаях внутренняя альтернариозная инфекция угнетает прорастание семян, ослабляет всходы или приводит их к гибели. Причиной этого является по-разному, вероятно, из-за того, что грибы этого рода представляют собой неоднородную группу [9]. В случае *Fusarium* такие виды, как *F. graminearum* или *F. culmorum*, считаются более агрессивными, чем *F. roae* [10].

Состав микробного сообщества, колонизирующего зерна пшеницы, динамичен из-за влияния природных и антропогенных факторов. Зачастую решающую роль в том, кто из представителей микобиоты получит преимущество, играют складывающиеся условия окружающей среды [11]. Например, при исследовании распространения *Fusarium spp.* и *Alternaria spp.* на топографически неоднородном поле пшеницы (холмы,

¹ Федеральная служба государственной статистики [официальный сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277>

² Российский сельскохозяйственный центр [официальный сайт]. — URL: <https://rosselhoccenter.ru/obzory-i-prognozy/>

впадины) установлено, что количество спор фузариевых грибов было выше в местах с более влажным и прохладным микроклиматом, отложение же спор *Alternaria* не коррелировало ни с одним из микроклиматических условий и было более равномерным по полю [12].

Сорта пшеницы различаются по устойчивости к фузариозу зерна [13]. В то же время сортовые особенности пшеницы и культура-предшественник практически не влияют на зараженность зерна видами *Alternaria* [9]. Выявление закономерностей заражения растений патогенами в изменяющихся условиях (годовые колебания погодных условий, изменения технологии возделывания культур) является актуальной задачей настоящего времени.

Климатические изменения, участвовавшие в последние годы экстремальные погодные явления, интенсификация сельского хозяйства повлияли не только на адаптацию растений к условиям среды и качество семян, но и привели к негативным фитосанитарным последствиям, ухудшению состояния семенной инфекции. Меняется ареал вредных организмов (продвижение на север), повышается опасность «заселения» фитоценозов биообъектами, которые раньше не могли здесь развиваться [14].

В последние годы на территории Уральского региона отмечено массовое появление одного из наиболее агрессивных патогенов зерновых культур — *F. graminearum* [15].

Сроки проведения фитозащиты зерна влияют на результаты выявления зараженности и видового состава патогенных микромицетов. В процессе хранения происходит естественное оздоровление семян; микотоксины сохраняются в зерне гораздо дольше, чем сам гриб [16].

Экологизированным способом защиты семян пшеницы является использование биофунгицидов, в том числе в сочетании со сниженной нормой химического протравителя. Данный способ позволяет достаточно эффективно предотвратить развитие гелиминтоспориоз-фузариозных корневых гнилей яровой пшеницы [17].

При оценке необходимости предпосевной обработки семян и подборе средств защиты посевов учитывают не

только результаты фитозащиты семян, но и почвенно-климатические особенности региона, систему обработки почвы, предшественник, погодные условия и сроки сева, восприимчивость сорта к конкретным патогенам, экономическую эффективность [18].

Цель исследования — провести анализ микрофлоры семян пшеницы, выращенной в разных агроклиматических условиях Тюменской области, выявить сортовые различия по зараженности болезнями.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Проводили фитопатологическую экспертизу семян яровой мягкой пшеницы, выращенной на шести государственных сортоиспытательных участках (ГСУ) Тюменской области, расположенных в трех почвенно-климатических зонах: Нижнетавдинском, Аромашевском (II зона — подтайга), Ялуторовском, Омутинском, Ишимском (III зона — северная лесостепь), Бердюжском (IV зона — южная лесостепь). Всего проанализированы 78 образцов урожая 2015 года и 66 образцов 2016 года (табл. 1).

Отбор проб проводили по ГОСТ 12036-85³.

Лабораторные анализы выполняли через 9 месяцев после уборки растений, использовали метод влажной камеры⁴. Из среднего образца брали 100 зерен без отбора по внешним признакам. Для удаления поверхностной засоренности зерна тщательно промывали проточной водопроводной водой с добавлением моющего средства (ПАВ), затем стерилизовали в 0,5%-ном растворе КМпО₄ в течение 3 мин. После стерилизации зерна вновь промывали стерильной водой, раскладывали в чашки Петри на увлажненную двухслойную фильтровальную бумагу и помещали в термостат (ТС-1/80 СПУ, Смоленское СКТБ СПУ, Россия).

Чашки с анализируемыми образцами держали 7 сут. при температуре 25 °С, после чего оценивали лабораторную всхожесть семян (%), зараженность семян болезнями (количество инфицированных патогеном зерновок, приходящихся на 100 семян образца (%), поражение проростков по 4-балльной шкале: 1 — здоровый проросток; 2 — точечные некрозы ткани; 3 — сильный некроз,

Таблица 1. Исследованные сортообразцы яровой мягкой пшеницы

Table 1. Studied varieties of spring soft wheat

Сорт	2015 г.						2016 г.					
	Н	А	Я	О	И	Б	Н	А	Я	О	И	Б
АВИАДа	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Икар	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лютеценс 70	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Рикс	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
СКЭНТ-3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тюменская 25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тюменская 29	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Омская 36	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
Чернява 13	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
Новосибирская 31	+	+		+	+		+	+	+	+	+	+
Новосибирская 15			+				+	+	+	+	+	+
Тобольская	+	+	+	+	+	+						
Тюменская 33	+	+	+		+	+						
Казахстанская 10			+	+	+	+						

Примечание: Н — Нижнетавдинский ГСУ, А — Аромашевский ГСУ, Я — Ялуторовский ГСУ, О — Омутинский ГСУ, И — Ишимский ГСУ, Б — Бердюжский ГСУ.

³ ГОСТ 12036-85 Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб.

⁴ Практическое руководство по экспертизе зерна. С. 104(36). — URL: <https://http://www.z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>

значительное отставание в росте; 4 — полная гибель; рассчитывали показатель развития болезни проростков P (%) по ГОСТ 12044-93⁵.

При оценке зараженности зерна фитопатогенами использовали стереомикроскоп (Stemi 508, Carl Zeiss, Германия) и световой микроскоп («Микмед-6», Ломо, Россия).

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета Statistica (Stat Soft, США). При проверке статистических гипотез использовали критерий Манна — Уитни (Mann — Whitney U test), критерий Краскела — Уоллиса (Kruskal — Wallis ANOVA).

Критический уровень статистической значимости (p) принимали равным 0,05.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Погодные условия в период исследования были контрастными по тепло- и влагообеспеченности. В 2015 году в летние месяцы средние показатели температуры воздуха были ниже нормативных значений на 0,8 °C, в 2016 г. превысили их на 1,7 °C (рис. 1). Летом 2015 года выпало максимальное количество осадков за 2005–2023 гг. (150% от нормы), наиболее увлажненным был июль. В 2016 году сумма выпавших осадков находилась на уровне среднееголетних значений.

В 2015 году общая зараженность семян болезнями в среднем по всем исследуемым образцам составила 62,9%, показатель развития болезни проростков (P) — 24,9%, лабораторная всхожесть семян — 91,3%.

В 2016 году инфицированность образцов семян патогенными микроорганизмами находилась на уровне 64,3%, P — 27,0%, всхожесть семян — 89,8%.

При сравнении значений данных признаков статистически значимых отличий по годам исследования не выявлено.

Превалирующей болезнью семян являлся альтернариоз — инфицированность семенного материала грибами *Alternaria spp.* в 2015 г. составила 51,4%, в 2016-м — 47,6% (табл. 2), показатели не имели статистически значимых отличий. Частота встречаемости других представителей микробиоты семян была значительно ниже.

В первый год исследования наблюдалась более высокая зараженность исследуемых образцов фузариозом (4,8% против 1,6%) и бактериозом (5,7% против 0,7%), во второй год — гельминтоспориозом (7,1% против 2,6%) и плесневыми грибами (2,3% против 0,2%) (табл. 2).

Семена с альтернариозной инфекцией имели в среднем высокие показатели всхожести (95,4% и 92,8%, соответственно, по годам исследования) и низкий балл поражения проростков (1,3 балла — 2015 г., 1,4 балла — 2016 г.) (табл. 2).

В подавляющем большинстве случаев (76%) ростки и корни были без некротических изменений (рис. 2а, 2б), по длине и массе не отличались от проростков здоровых семян (1 балл) (табл. 3).

У фузариозных, гельминтоспориозных, бактериозных и плесневелых семян поражение проростков в среднем было существенно выше (2,3–2,6 балла — 2015 г., 2,0–2,8 балла — 2016 г.), а показатели всхожести значительно ниже (55,2–65,4% — 2015 г., 51,2–69,3% — 2016 г.) (табл. 2).

Грибы рода *Fusarium*, как правило, быстро росли во влажной камере и имели обильный воздушный

Рис. 1. Многолетняя динамика среднесуточной температуры воздуха (рис. А Т) и суммы выпавших осадков (рис. Б RRR) за летний период в южной части Тюменской области

Fig. 1. Long-term dynamics of the average daily air temperature (Fig. A T) and the amount of precipitation (Fig. B RRR) over the summer period in the southern part of the Tyumen region

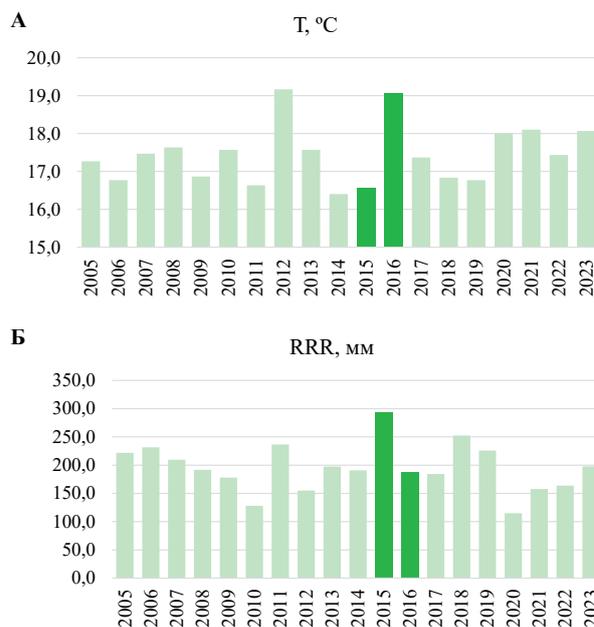


Таблица 2. Результаты фитопатологической экспертизы семян яровой пшеницы, выращенной на ГСУ Тюменской области

Table 2. The results of the phytopathological examination of spring wheat seeds grown at the state variety testing sites of the Tyumen region

Показатель	Альтернариоз		Фузариоз		Гельминтоспориоз		Бактериоз		Плесень	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
Зараженность семян, %	51,4	47,6	4,8	1,6	2,6	7,1	5,7	0,7	0,2	2,3
Всхожесть семян, %	95,4	92,8	64,5	63,6	62,7	64,2	55,2	51,2	65,4	69,3
Балл поражения проростков	1,3	1,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,4	2,8	2,3	2,0

Таблица 3. Распределение семян, зараженных разными патогенами, в зависимости от балла поражения проростков

Table 3. Distribution of seeds infected with different pathogens, depending on the damage score of seedlings

Возбудитель	Абсолютное (шт.) и относительное (%) число семян				
	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	Всего
<i>Alternaria spp.</i>	2339 76%	392 13%	127 4%	209 7%	3067 100%
<i>Fusarium spp.</i>	33 28%	21 17%	21 17%	45 38%	120 100%
<i>B. sorokiniana</i>	148 29%	80 16%	99 20%	174 35%	501 100%
<i>Penicillium spp.</i>	80 51%	18 11%	6 4%	54 34%	158 100%
<i>Aspergillus spp.</i>	16 24%	8 12%	7 10%	36 54%	67 100%

мицелий розового, оранжевого, желтого или белого цвета в зависимости от вида патогена (рис. 2 г — е). Гриб *B. sorokiniana* образовывал компактные черные бархатистые колонии с обильным спороношением, распространяющимся на фильтровальную бумагу (рис. 2 ж — и).

Возбудителями плесневения семян чаще всего (в 64% случаев) являлись грибы рода *Penicillium*,

⁵ ГОСТ 12044-93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями.

Рис. 2. Семена пшеницы, пораженные грибами *Alternaria* spp. (а — в), *Fusarium* spp. (г — е), *B. sorokiniana* (ж — и), *Penicillium* sp. (к), *Mucor* sp. (л), *Aspergillus* sp. (м), *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. (н), *Alternaria* sp. и *Penicillium* sp. (о), *Alternaria* sp. и *B. sorokiniana* (п) (влажная камера, 8-е сутки инкубации; окраска семян изменена вследствие их стерилизации в растворе KMnO₄)

Fig. 2. Wheat seeds affected by fungi *Alternaria* spp. (a — c), *Fusarium* spp. (d — f), *B. sorokiniana* (g — i), *Penicillium* sp. (j), *Mucor* sp. (k), *Aspergillus* sp. (l), *Fusarium* sp. and *Alternaria* sp. (m), *Alternaria* sp. and *Penicillium* sp. (n), *Alternaria* sp. and *B. sorokiniana* (o) (wet chamber, 8th days of incubation; the color of the seeds was changed due to their sterilization in KMnO₄ solution)



формирующие быстрорастущие на субстрате колонии зеленого цвета (рис. 2к). Реже (в 36% случаев) на увлажненных зернах отмечалось развитие рыхлого зеленого налета грибов рода *Aspergillus* (рис. 2м).

В единичных случаях наблюдалось разрастание во влажной камере мукорового гриба, формирующего шаровидные спорангии, заметные невооруженным глазом (рис. 2л). Изредка из зерновок одновременно вырастали колонии *Fusarium* sp. и *Alternaria* sp. (рис. 2н), *Alternaria* sp. и *Penicillium* sp. (рис. 2о), *Alternaria* sp. и *B. sorokiniana* (рис. 2п).

Доля загнивших семян (4 балла), зараженных грибами рода *Alternaria*, была незначительной (7%) в выборке семян с данной инфекцией (табл. 3). На таких семенах наблюдалось обильное развитие мицелия гриба от светло-серого до темно-оливкового цвета с интенсивным спороношением или без него (рис. 2в).

При инфицировании грибами родов *Fusarium*, *Vipolaris*, *Penicillium* загнивало более трети семян, при бактериозе — более половины. В связи с очень высокой распространенностью альтернариоза абсолютное число загнивших альтернариозных семян превысило показатели, характерные для других семенных инфекций (табл. 3).

Альтернариоз семян встречался во всех исследуемых образцах. Доля семян, зараженных грибами

Таблица 4. Данные о распространенности болезней в образцах семян яровой пшеницы, выращенной на ГСУ Тюменской области
Table 4. Data on the prevalence of diseases in samples of spring wheat seeds grown at state variety testing sites in the Tyumen region

Болезнь	Показатель	ГСУ					
		Н	А	Я	О	И	Б
2015 г.							
Альтернариоз	М	48,3	46,7	45,3	53,2	63,6	51,4
	max	66,3	66,3	57,1	76,5	79,6	66,3
Фузариоз	М	9,6	3,9	4,4	2,8	2,7	5,3
	max	29,6	10,2	9,2	7,1	10,2	12,2
Гельминтоспориоз	М	2,0	1,0	1,3	1,3	5,3	4,8
	max	3,1	3,1	6,1	4,1	9,3	8,2
Бактериоз	М	5,1	5,3	2,2	3,3	7,1	11,5
	max	22,4	11,2	8,2	10,2	16,5	22,4
Плесень	М	0,0	0,3	0,2	0,3	0,0	0,4
	max	0,0	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0
2016 г.							
Альтернариоз	М	44,8	41,4	47,3	32,9	62,6	56,6
	max	69,4	57,1	55,7	43,9	72,4	69,1
Фузариоз	М	1,6	1,1	3,4	1,8	1,1	0,9
	max	5,1	6,1	9,2	7,1	3,5	4,1
Гельминтоспориоз	М	2,3	4,9	15,7	8,1	7,5	3,6
	max	2,0	8,2	26,5	16,0	11,2	6,1
Бактериоз	М	0,6	0,2	0,3	1,2	0,3	1,4
	max	2,0	1,0	1,0	4,1	2,0	5,2
Плесень	М	0,5	5,4	0,3	0,5	1,9	5,3
	max	2,0	23,5	1,1	2,0	5,1	15,3

Примечание: М, max — среднее и максимальное значение по образцам; ГСУ — государственный сортоиспытательный участок; Н — Нижнетавдинский; А — Аромашевский, Я — Ялуторовский; О — Омутинский; И — Ишимский; Б — Бердюжский ГСУ.

рода *Alternaria*, варьировала от 15,3% (сорт Новосибирская 15 (Аромашевский ГСУ), урожай 2016 г.) до 79,6% (сорт Тюменская 29 (Ишимский ГСУ), урожай 2015 г.). Как в первый, так и во второй год исследования наиболее высокие показатели инфицированности семян альтернариевыми грибами зафиксированы на Ишимском ГСУ (табл. 4).

Фузариоз зерна наблюдался в 80% образцов. Максимальные показатели зараженности семян грибами рода *Fusarium* составили 29,6% (сорт Икар (Нижнетавдинский ГСУ), урожай 2015 г.). Наиболее высокая инфицированность семенного материала фузариевыми грибами (9,6%) зафиксирована в 2015 г. на Нижнетавдинском ГСУ. Сильнее всего поразились фузариозом сортообразцы Икар и Рикс.

Следует отметить, что данные сорта проявили высокую восприимчивость к болезни в условиях искусственного заражения растений [19]. В литературе имеются сведения о выявлении опасных концентраций фузариотоксинов в партиях продовольственного зерна сорта Икар из Тюменской области [20].

Гельминтоспориозом были заражены 86% образцов пшеницы. Предельное значение зараженности образцов грибами *B. sorokiniana* составило 26,5% (сорта Тюменская 29 и СКЭНТ-3 (Ялуторовский ГСУ), урожай 2016 г.).

Наиболее сильная инфицированность семенного материала гельминтоспориевыми грибами наблюдалась на Ялуторовском ГСУ в 2016 г. (средние показатели по исследуемым образцам составили 15,7%).

Бактериальная инфекция встречалась в 67% образцов пшеницы, зараженность семян бактериозом достигала 22,4% (сорт Тюменская 29 (Бердюжский ГСУ), урожай 2015 г.). Наиболее сильное заражение семян бактериями зафиксировано на Бердюжском ГСУ в 2015 г. (11,5%).

Плесневение семян зарегистрировано у 38% исследуемых образцов. Наиболее высокая инфицированность семян плесневыми грибами составила 23,5% (сорт АВИАДа (Аромашевский ГСУ), урожай 2016 г.). Максимальная зараженность отмечена в 2016 году на Бердюжском ГСУ и Аромашевском ГСУ — 5,4% и 5,3% соответственно.

Выводы/Conclusion

1. Соотношение различных фитопатогенов в микробиоте семян яровой пшеницы во многом зависело от погодно-климатических факторов. В прохладных и сильно увлажненных условиях вегетационного периода 2015 г. была выше представленность в семенном материале грибов рода *Fusarium* по сравнению с *B. sorokiniana* (4,8% против 2,6%). В жарких условиях 2016 г. преимущественно получил грибок *B. sorokiniana* перед *Fusarium spp.* (7,1% против 1,6%).

2. Как в 2015-м, так и в 2016 г. в патогенной микробиоте семян наблюдалось существенное доминирование грибов рода *Alternaria*. Средняя по образцам зараженность семян альтернариозом составила 49,5%, максимальная — 80%, статистически значимых

отличий по годам не выявлено. Таким образом, грибы *Alternaria spp.* были менее зависимы от гидротермических условий по сравнению с *Fusarium spp.* и *B. sorokiniana*.

3. Наибольшая инфицированность семян фузариозом наблюдалась в образцах с Нижнетавдинского сортоиспытательного участка, расположенного в подтаежной зоне, характеризующейся более прохладными и влажными условиями. Наиболее сильно фузариозом поражались сорта Икар и Рикс. Зараженность семенного материала гелиминтоспориозом была выше в образцах пшеницы, выращенной в зоне северной лесостепи.

4. Вредоносность грибов рода *Alternaria* была значительно ниже по сравнению с другими микроорганизмами, заселяющими зерно: показатели лабораторной всхожести альтернариозных семян составили в среднем 94,1% против 53,2–67,4%, балл поражения проростков — 1,4 против 2,2–2,6 (по 4-балльной шкале). Однако в связи с очень высокой распространенностью альтернариоза абсолютное число загнивших альтернариозных семян превысило показатели, характерные для других семенных инфекций.

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 научно-исследовательским институтом сельского хозяйства Северного Зауралья ТюмНЦ СО РАН в части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FWRZ- 2021-0015.

FUNDING

The research was carried by the Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals of the Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, in part of the work provided for by the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FWRZ-2021-0015.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Земцова Е.С., Боме Н.А. Анализ структуры урожая яровой мягкой пшеницы в различных погодных условиях Тюменской области. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021; 16(2): 23–28. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-23-28>
2. Новохатин В.В. Биоклиматические ресурсы Северного Зауралья. *Аграрный вестник Урала*. 2015; (8): 22–28. <https://elibrary.ru/umkwwsh>
3. Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Яровая пшеница в Тюменской области (биологические особенности роста и развития). Тюмень: *Тюменский аграрный академический союз*. 2012; 116. <https://elibrary.ru/tosidr>
4. Гагкаева Т.Ю., Дмитриев А.П., Павлюшин В.А. Микробиота зерна — показатель его качества и безопасности. *Защита и карантин растений*. 2012; (9): 14–18. <https://elibrary.ru/nodowj>
5. Марченко Л.В. Влияние экологических условий на посевные качества семян сортов яровой пшеницы в Тюменской обл. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Тюмень. 2007; 172. <https://www.elibrary.ru/akdpqg>
6. Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Стецов Г.Я., Казакова О.А., Кириченко А.А. Фитосанитарный мониторинг и контроль фитопатогенов яровой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 35(6): 25–32. <https://www.elibrary.ru/lkysug>
7. Орина А.С., Гаврилова О.П., Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б. Микромикеты *Alternaria spp.* и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском федеральном округе. *Микология и фитопатология*. 2020; 54(5): 365–377. <https://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
8. Торопова Е.Ю., Кириченко А.А., Казакова О.А., Порсев И.Н. Альтернариоз зерна яровой пшеницы и ячменя в Западной Сибири и Восточном Зауралье. *Защита и карантин растений*. 2015; (1): 20–22. <https://elibrary.ru/thaspz>
9. Ганнибал Ф.Б. Альтернариоз зерна — современный взгляд на проблему. *Защита и карантин растений*. 2014; (6): 11–15. <https://elibrary.ru/sdvuvv>
10. Xu X., Nicholson P. Community Ecology of Fungal Pathogens Causing Wheat Head Blight. *Annual Review of Phytopathology*. 2009; 47: 83–103. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081737>
11. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Орина А.С., Аблова И.Б., Беспалова Л.А. Маркерные метаболиты грибов *Alternaria*, *Fusarium* и *Microdochium* как инструмент оценки их взаимоотношений в микробиоте зерна пшеницы. *Биотехнология и селекция растений*. 2018; 1(1): 7–15. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2018-1-7-15>

REFERENCES

1. Zemtsova E.S., Bome N.A. Analysis of the structure of the spring wheat crop in various weather conditions in the Tyumen region. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2021; 16(2): 23–28 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-23-28>
2. Novohatin V.V. Bioclimatic resources of Northern Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015; (8): 22–28 (in Russian). <https://elibrary.ru/umkwwsh>
3. Loginov Yu.P., Kazak A.A., Yakubshina L.I. Spring wheat in the Tyumen region (biological features of growth and development). Tyumen: *Tyumen Agricultural Academic Union*. 2012; 116 (in Russian). <https://elibrary.ru/tosidr>
4. Gagkaeva T.Yu., Dmitriev A.P., Pavlyushin V.A. Grain microbiota — index of its quality and safety. *Plant protection and quarantine*. 2012; (9): 14–18 (in Russian). <https://elibrary.ru/nodowj>
5. Marchenko L.V. The influence of environmental conditions on the sowing qualities of seeds of spring wheat varieties in the Tyumen region. Dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. Thesis. Tyumen. 2007; 172 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/akdpqg>
6. Toropova E.Yu., Vorobyova I.G., Stetsov G.Ya., Kazakova O.A., Kirichenko A.A. Phytosanitary monitoring and control of spring wheat phytopathogens. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2021; 35(6): 25–32 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lkysug>
7. Orina A.S., Gavrilo O.P., Gagkaeva T.Yu., Gannibal Ph.B. Micromycetes *Alternaria spp.* and *Bipolaris sorokiniana* and mycotoxins in the grain from the Ural region. *Mycology and Phytopathology*. 2020; 54(5): 365–377 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
8. Toropova E.Yu., Kirichenko A.A., Kazakova O.A., Porsev I.N. Alternaria disease of grain of spring wheat and barley in Western Siberia and Eastern Trans-Urals. *Plant protection and quarantine*. 2015; (1): 20–22 (in Russian). <https://elibrary.ru/thaspz>
9. Gannibal F.B. Alternaria disease of grain — modern view of the problem. *Plant protection and quarantine*. 2014; (6): 11–15 (in Russian). <https://elibrary.ru/sdvuvv>
10. Xu X., Nicholson P. Community Ecology of Fungal Pathogens Causing Wheat Head Blight. *Annual Review of Phytopathology*. 2009; 47: 83–103. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081737>
11. Gagkaeva T.Yu., Gavrilo O.P., Orina A.S., Ablova I.B., Bespalova L.A. Distinctive metabolites of *Alternaria*, *Fusarium* and *Microdochium* fungi as a tool for assessing their relationship in microbiota of wheat grain. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2018; 1(1): 7–15 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2018-1-7-15>

12. Schiro G., Verch G., Grimm V., Müller M.E.H. *Alternaria and Fusarium Fungi: Differences in Distribution and Spore Deposition in a Topographically Heterogeneous Wheat Field. Journal of Fungi.* 2018; 4(2): 63. <https://doi.org/10.3390/jof4020063>

13. Гагкаева Т.Ю., Орина А.С., Гаврилова О.П., Аблова И.Б., Беспалова Л.А. Характеристика сортов озимой пшеницы по устойчивости к фузариозу зерна. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2018; 22(6): 685–692 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.18699/VJ18.411>

14. Левитин М.М. Микроорганизмы в условиях глобального изменения климата. *Сельскохозяйственная биология.* 2015; 50(5): 641–647. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.641rus>

15. Гаврилова О.П., Орина А.С., Гогина Н.Н., Гагкаева Т.Ю. Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация. *Аграрный вестник Урала.* 2020; (7): 29–40. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40>

16. Шипилова Н.П. Влияние хранения на зараженность семян зерновых культур грибами рода *Fusarium*. Современная микология в России. *Материалы III Международного микологического форума. М.: Общественная национальная академия микологии.* 2015; 5: 128–129. <https://elibrary.ru/viumwv>

17. Кекало А.Ю. Экологизированный способ защиты семян пшеницы от фитопатогенов. *Аграрная наука.* 2021; (11–12): 129–133. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-129-133>

18. Три вопроса эксперту. Предпосевная обработка семян зерновых — «страховка» урожая. *Аграрная наука.* 2023; (3): 9. <https://www.elibrary.ru/kjoslw>

19. Земцова Е.С., Боме Н.А. Сравнительная характеристика генотипов *Triticum aestivum* L. по устойчивости к фузариозу колоса в условиях искусственного заражения. *Труды Кубанского государственного аграрного университета.* 2022; 96: 100–106. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-96-100-106>

20. Торопова Е.Ю., Воробьева И.Г., Мустафина М.А., Селюк М.П. Мониторинг грибов рода *Fusarium* Link. и их микотоксинов на зерне пшеницы в Западной Сибири. *Аграрная наука.* 2019; (5): 76–82. <https://www.elibrary.ru/zdeemx>

12. Schiro G., Verch G., Grimm V., Müller M.E.H. *Alternaria and Fusarium Fungi: Differences in Distribution and Spore Deposition in a Topographically Heterogeneous Wheat Field. Journal of Fungi.* 2018; 4(2): 63. <https://doi.org/10.3390/jof4020063>

13. Gagkaeva T.Yu., Orina A.S., Gavrilova O.P., Ablova I.B., Bespalova L.A. Characterization of resistance of winter wheat varieties to *Fusarium* head blight. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2018; 22(6): 685–692. <https://doi.org/10.18699/VJ18.411>

14. Levitin M.M. Microorganisms and global climate change. *Agricultural Biology.* 2015; 50(5): 641–647. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.5.641eng>

15. Gavrilova O.P., Orina A.S., Gogina N.N., Gagkaeva T.Yu. The problem of *Fusarium* head blight in the Trans-Urals region: the history and current situation. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2020; (7): 29–40 (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40>

16. Shipilova N.P. The effect of storage on the contamination of grain seeds with fungi of the genus *Fusarium*. *Current Mycology in Russia. Proceedings of the III International Mycological Forum. Moscow: All-Russian National Academy of Mycology.* 2015; 5: 128–129 (in Russian). <https://elibrary.ru/viumwv>

17. Kekalo A.Yu. An eco-friendly way to protect wheat seeds from phytopathogens. *Agrarian science.* 2021; (11–12): 129–133 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-129-133>

18. Three questions for the expert. Pre-sowing treatment of grain seeds is the “insurance” of the harvest. *Agricultural science.* 2023; (3): 9 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kjoslw>

19. Zemtsova E.S., Bome N.A. Comparative characteristics of *Triticum aestivum* L. genotypes on resistance to *Fusarium* ear blight in conditions of artificial infection. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University.* 2022; 96: 100–106 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-96-100-106>

20. Toropova E.Yu., Vorobyova I.G., Mustafina M.A., Selyuk M.P. *Fusarium* Link. fungi on the wheat grains in Western Siberia. *Agricultural Chemistry.* 2019; (5): 76–82 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zdeemx>

ОБ АВТОРАХ

Елена Сергеевна Земцова¹

научный сотрудник химико-экологической лаборатории
zemcovaelena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0093-9064>

Нина Анатольевна Боме²

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой ботаники, биотехнологии растений и ландшафтной архитектуры
bomena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Владимир Васильевич Новохатин³

кандидат сельскохозяйственных наук
tatyanka.leonova.2020@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2191-0420>

¹ Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук, ул. им. академика Юрия Осипова, 15, Тобольск, 626152, Россия

² Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, Тюмень, 625003, Россия

³ Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», ул. им. Малыгина, 86, Тюмень, 625501, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Eelena Sergeevna Zemtsova¹

Research Associate at the Chemical and Environmental Laboratory
zemcovaelena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0093-9064>

Nina Anatolyevna Bome²

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Plant Biotechnology and Landscape Architecture
bomena@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Vladimir Vasilyevich Novokhatin³

Candidate of Agricultural Sciences
tatyanka.leonova.2020@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2191-0420>

¹ Tobolsk Complex Scientific Station Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Academician Yuri Osipov Str., Tobolsk, 626152, Russia

² University of Tyumen, 6 Volodarsky Str., Tyumen, 625003, Russia

³ Federal State Institution Federal Research Centre “Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, 86 Malygin Str., Tyumen, 625501, Russia

УДК 633.522: 631.5: 631.559.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-111-116

И.В. Бакулова ✉

И.И. Плужникова

Н.В. Криушин

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ i.bakulova.pnz@fncl.ru

Поступила в редакцию: 20.05.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Бакулова И. В., Плужникова И. И., Криушин Н. В.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-111-116

Irina V. Bakulova ✉

Irina I. Pluzhnikova

Nikolay V. Kriushin

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ i.bakulova.pnz@fncl.ru

Received by the editorial office: 20.05.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V.

Мероприятия по защите конопли посевной от вредных организмов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. При возделывании конопли посевной необходима комплексная защита культуры в течение всего цикла развития «от семени до семени». Обеспечить благоприятную фитосанитарную обстановку может комплексная система экологически ориентированных средств защиты во время предпосевной и внекорневой обработки семян и растений.

Методы. Исследовательские работы проводили в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей и методикой полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований.

Результаты. Протравливание инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» в чистом виде и в баковых смесях показало высокую степень защиты семян от инфекции при прорастании. Применение «Селест Топ, КС» в чистом виде и в комплексе с регулятором роста «Артафит, ВРК» и жидким удобрением «Мегамикс-Семена» наиболее эффективно против конопляной блошки. Протравливание «Артафит, ВРК», «Селест Топ, КС» и смеси с удобрением «Мегамикс-Семена» и внекорневая подкормка антистрессантом «Артафит, ВРК» способствовали повышению показателей структуры урожая. Высокий показатель урожайности семян и стеблей получили на вариантах с удобрением «Мегамикс-Семена», прибавка урожайности семян составила 0,03 т/га, стеблей — 0,16 т/га по отношению к контролю. Применение удобрения «Мегамикс-Семена» совместно с регулятором роста «Артафит, ВРК» и инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» увеличивало урожайность семян на 0,28 и 0,17 т/га, урожайность стеблей — на 2,2 и 3,32 т/га.

Ключевые слова: конопля посевная, технология, вредители, защита, фунгициды, урожайность семян

Для цитирования: Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Мероприятия по защите конопли посевной от болезней. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 111–116.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-111-116>

Measures to protect hemp from harmful organisms

ABSTRACT

Relevance. When cultivating seed hemp, comprehensive crop protection is necessary throughout the entire development cycle “from seed to seed”. A comprehensive system of environmentally oriented protective equipment during pre-sowing and foliar treatment of seeds and plants can provide a favorable phytosanitary environment.

Methods. The research work was carried out in accordance with the methodological guidelines for conducting field and vegetation experiments with cannabis and the methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results.

Results. Etching with the insectofungicide “Celest Top, KS” in pure form and in tank mixtures showed a high degree of protection of seeds from infection during germination. The use of “Celest Top, KS” in its pure form and in combination with the growth regulator “Artafit, VRK” and the liquid fertilizer “Megamix. Seeds” is most effective against hemp fleas. Etching “Artafit, VRK”, “Celest Top, KS” and mixtures with the fertilizer “Megamix. Seeds” and foliar top dressing with the antistressant “Artafit, VRK” contributed to an increase in the indicators of the crop structure. A high yield of seeds and stems was obtained on variants with the “Megamix. Seeds” fertilizer, the increase in seed yield was 0.03 t/ha, stems — 0.16 t/ha relative to the control. The use of the fertilizer “Megamix. Seeds” together with the growth regulator “Artafit, VRK” and the insectofungicide “Celest Top, KS” increased the yield of seeds by 0.28 and 0.17 t/ha, the yield of stems by 2.2 and 3.32 t/ha.

Key words: hemp, technology, pests, protection, fungicides, seed yield

For citation: Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. Measures to protect hemp from harmful organisms. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 111–116 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-111-116>

Введение/Introduction

Конопля посевная — ценная волокнистая культура, продукция которой ввиду разносторонности и универсальности применения имеет большое хозяйственное значение [1–5]. Ее можно перерабатывать в различные коммерческие и потребительские товары, включая бумагу, текстиль, биотопливо, товары для дома, продукты питания и корма для животных [6–9]. Одной из основных задач при возделывании культуры является повышение урожайности и качества продукции конопли [10–12]. Это наиболее сложные показатели в системе АПК, так как они зависят от влияния различных факторов: природных, биологических, техногенных [13].

Часто неурожаи объясняют только неблагоприятными условиями погоды, совершенно забывая о непосредственных виновниках снижения урожая и качества — вредителях и болезнях, которые сильно развиваются именно вследствие благоприятных для них условий погоды. В связи с этим одно из определяющих значений имеет комплексное и своевременное проведение мероприятий по защите культуры от вредных организмов. Растение *Cannabis sativa* страдает более чем от 200 болезней и вредителей. Болезни вызываются бактериями, грибами, вирусами [14].

К наиболее распространенным заболеваниям относятся: фузариоз, дендрофомоз, белая и серая гниль, септориоз¹ [15–17].

Значительный урон всходам конопли при сухой погоде в первую половину вегетации наносит конопляная блоха, при влажной весне создаются благоприятные условия для развития стеблевого мотылька. Обеспечить благоприятную фитосанитарную обстановку конопли посевной от вредных организмов может комплексная система экологически ориентированных средств защиты в течение всего цикла развития растительного организма «от семени до семени» [18–20].

Цель исследований — определение эффективности приемов защиты культуры от вредных организмов при обработке семян и растений и их влияние на повышение урожайности семян и стеблей.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования для определения эффективности защиты растений проводили на базе «Федерального научного центра лубяных культур» в 2021–2023 гг. в Пензенской области.

В трехфакторном полевом опыте изучали влияние обработки семян и растений при широкорядном способе посева и их влияние на формирование продуктивности конопли посевной.

Схема опыта $A \times B \times C$ приведена в таблице 1.

Фактор А — предпосевная обработка семян: контроль (обработка водой); «Артафит, ВРК»; «Мегамикс-Семена»; «Селест Топ, КС» и их комбинации. Данные по используемым препаратам представлены в таблице 2.

Фактор В — норма высева: 0,5 млн шт/га, 0,7 млн шт/га, 0,9 млн шт/га.

Фактор С — некорневая подкормка: контроль (без обработки); некорневая обработка в фазе «2 пары листьев» в норме расхода 0,150 л/га («Артафит, ВРК»).

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Scheme of experience

Фактор А — предпосевная обработка семян	Фактор В — норма высева	Фактор С — некорневая подкормка
Контроль (без обработки)	0,5 млн шт/га	«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» (0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Мегамикс-Семена» (2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» (3 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК» (3 л/т + 0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» (3 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» (0,150 л/т + 2 л/т)	0,7 млн шт/га	«Артафит, ВРК» без обработки
Контроль (без обработки)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» (0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Мегамикс-Семена» (2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» (3 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК» (3 л/т + 0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» (3 л/т + 2 л/т)	0,9 млн шт/га	«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» (0,150 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
Контроль (без обработки)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» (0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Мегамикс-Семена» (2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» (3 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК» (3 л/т + 0,150 л/т)	0,9 млн шт/га	«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» (3 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» (0,150 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
Контроль (без обработки)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» (0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Мегамикс-Семена» (2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» (3 л/т)	3 л/т	«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК» (3 л/т + 0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» (3 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» (0,150 л/т + 2 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки
Контроль (без обработки)		«Артафит, ВРК» без обработки
«Артафит, ВРК» (0,150 л/т)		«Артафит, ВРК» без обработки

Таблица 2. Протравители для предпосевной обработки семян

Table 2. Protectants for pre-sowing seed treatment

Торговое название, препаративная форма, производитель, страна	Норма расхода препарата	Действующие вещества, их количество в препарате,
«Артафит, ВРК» — водорастворимый концентрат («БиоГрадис», РФ)	0,150 л/т	100 г/л полидиаллилдиметиламмоний хлорид
«Мегамикс-Семена» — жидкое минеральное удобрение (НПФ «Мегамикс», РФ)	2,0 л/т	содержит композицию микроэлементов: В-4,6, Сu-33, Zn-31, Mn-3,0, Fe-4,0, Mo-7,0, Co-2,8, Cr-0,5, Se-0,1, Ni-0,1. Макроэлементы, г/л: N-58, P-6, K-58, S-50, Mg-22
«Селест Топ, КС» — концентрат суспензии (ООО «Сингента», Швейцария)	3 л/т	262,5 г/л тиаметоксам + 25 г/л дифеноконазол + 25 г/л флудиоксонил

Все используемые препараты зарегистрированы в Перечне пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к использованию на территории РФ².

¹ Серков В.А., Зеленина О.Н., Смирнов А.А. и др. Возделывание среднерусской однодомной конопли в лесостепи Среднего Поволжья: Практические рекомендации. Пенза. 2011; 40.

² Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды. Москва. 2023; 902.

Повторность опыта — трехкратная, площадь делянки — 20 м². Способ посева — широкорядный, ширина междурядья — 70 см.

Посев осуществляли: в 2021 году — 6 мая, в 2022-м — 29 апреля, в 2023-м — 30 апреля (селекционной сеялкой с перекрытием задвижками высеваящих секций для широкорядных посевов). Уборку и учет проводили путем ручного скашивания стеблестоя и обмолота уборочных снопов после их сушки на стационаре, урожай семян и стеблей — к стандартной влажности.

Исследования выполняли при общем высоком уровне технологии в соответствии с методическими рекомендациями по проведению опытов с коноплей^{3, 4}.

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный, среднесиловый, тяжелосуглинистый, содержит 4,6–5,9% гумуса⁵, 136–140 мг/кг гидролизуемого азота, 160–230 мг/кг подвижного фосфора⁶, 160–200 мг/кг обменного калия⁷.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁸.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Фитоэкспертиза семенного материала показала наличие на семенах конопли грибов родов *Fusarium sp.* и *Alternaria sp.* Данные представлены на рисунке 1.

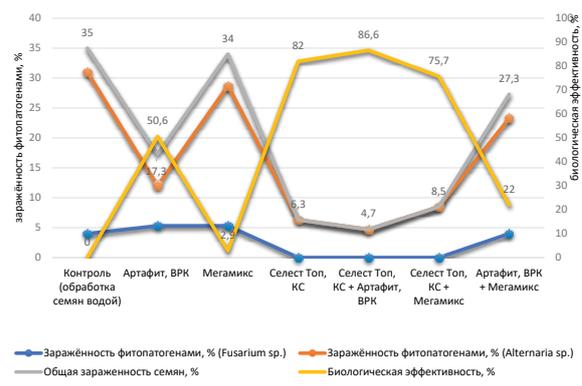
Протравливание семян инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» в чистом виде и в баковых смесях показало высокую степень защиты семян от инфекции при прорастании 82–86,6%. Обработка регулятором роста «Артафит, ВРК» и минеральным удобрением «Мегамикс-Семена» однокомпонентными препаратами менее эффективна, степень защиты невысокая — от 2,9 до 50,6%.

Вредоносность конопляной блошки носила умеренный характер. Результаты повреждений за учетный период представлены на рисунке 2.

Проведенные учеты по поражению всходов блошкой показали, что наиболее результативна предпосевная обработка семян конопли инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» в чистом виде и в комплексе с регулятором роста «Артафит, ВРК» и жидким удобрением «Мегамикс-Семена». На данных вариантах заселение вредителем наблюдалось на 14 дней позже, чем на контроле. Через две недели (с учетом экономического порога вредоносности) проведено опрыскивание от вредителей инсектицидом «Самурай Супер, КС» 1,0 л/га. Учеты

Рис. 1. Эффективность протравливания семян конопли в зависимости от изучаемых факторов в среднем за 2021–2023 гг.

Fig. 1. The effectiveness of cannabis seed etching, depending on the studied factors, on average for 2021–2023



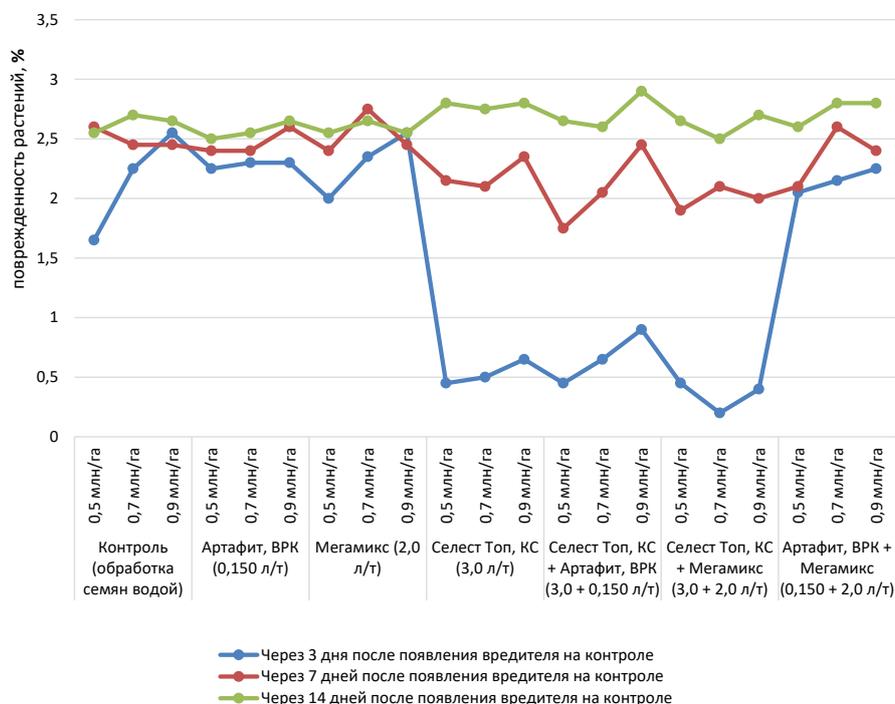
Примечание: НСР₀₅ общая зараженность семян – 10,2.

после обработок показали полное уничтожение блошки на посевах конопли.

Реакция растений конопли на различные варианты протравливания проявилась влиянием на высоту растений, которая изменялась в среднем от 288,7 до 302,5 см при наименьшем значении на контрольном варианте. Техническая длина стебля в зависимости от изучаемых факторов изменялась от 223,2 до 236,0 см, длина соцветия — от 64,5 до 68,5 см. Наиболее продуктивные растения высотой около 299–303 см с максимальной длиной

Рис. 2. Поврежденность растений конопляной блошкой в зависимости от вариантов опыта в среднем за 2021–2023 гг.

Fig. 2. Damage to plants by hemp flea, depending on the experience options on average for 2021–2023



Примечание: НСР₀₅: через 3 дня после появления вредителя на контроле: А — 0,2, В — 0,1, АВ — 0,2; через 7 дней после появления вредителя на контроле: А — 0,1, В — 0,1, АВ — 0,2; через 14 дней после появления вредителя на контроле: А — 0,3, В — 0,2, АВ — 0,3.

³ Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВНИИЗР. 2009; 378.

⁴ Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей. М.: ВАСХНИЛ. 1980; 34.

⁵ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁶ ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.

⁷ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех. 2003; 240.

⁸ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014; 349.

стебля 231–236 см и длиной соцветия 68,3–68,5 см отмечены на вариантах с обработкой «Артафит, ВРК», «Селест Топ, КС» и в смеси с удобрением «Мегамикс-Семена». Диаметр стебля посередине увеличивался от 1,02 до 1,14 см при изменении нормы высева. Так, меньшим диаметром отличались растения с разреженных посевов с нормой высева 0,5 млн/га.

Установлено, что внекорневая подкормка антистрессантом «Артафит, ВРК» способствовала повышению показателей структуры урожая, то есть высоты растения, технической длины стебля, длины соцветия, количества семян на одном растении и массы 1000 семян по сравнению с контрольным вариантом.

Важным фактором при оценке того или иного приема является получение потенциальной урожайности семян и стеблей. В условиях 2021 года урожайность стеблей варьировала от 10,2 до 24,8 т/га и определялась изучаемыми технологическими приемами. Наибольший сбор стеблей получили на вариантах с нормой высева 0,9 млн всхожих семян на 1 г, в среднем 16,53 т/га.

Эффективны обработки перед посевом «Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» (прибавка составила 29,8%), «Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» (прибавка 55,4%) и внекорневая подкормка регулятором роста «Артафит, ВРК» (прибавка 5,9%).

Максимальная урожайность семян конопли получена на вариантах с обработкой препаратами «Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена», «Артафит, ВРК» + «Мегамикс-Семена» и составила 1,99 и 1,69 т/га соответственно.

При посеве с нормой высева 0,7 млн/га урожайность семян составила в среднем 1,49 т/га, при повышении до 0,9 млн/га и снижении до 0,5 млн/га данный показатель понижался на 16,4%.

В 2022 году урожайность стеблей в большей степени изменялась при взаимодействии факторов АВС, где

доля влияния составила 40%, меньше влияли нормы высева (фактор В — 7%), предпосевная обработка семян (фактор А — 5%). Наибольший сбор стеблей отмечен на вариантах с нормой высева 0,5 млн. всхожих семян на 1 га и составил в среднем 15,44 т/га.

Эффективны обработки перед посевом удобрением «Мегамикс-Семена» (прибавка составила 31,6%). Внекорневая обработка растений в среднем по опыту повышала урожайность стеблей на 1,4 т/га, или на 10,2%.

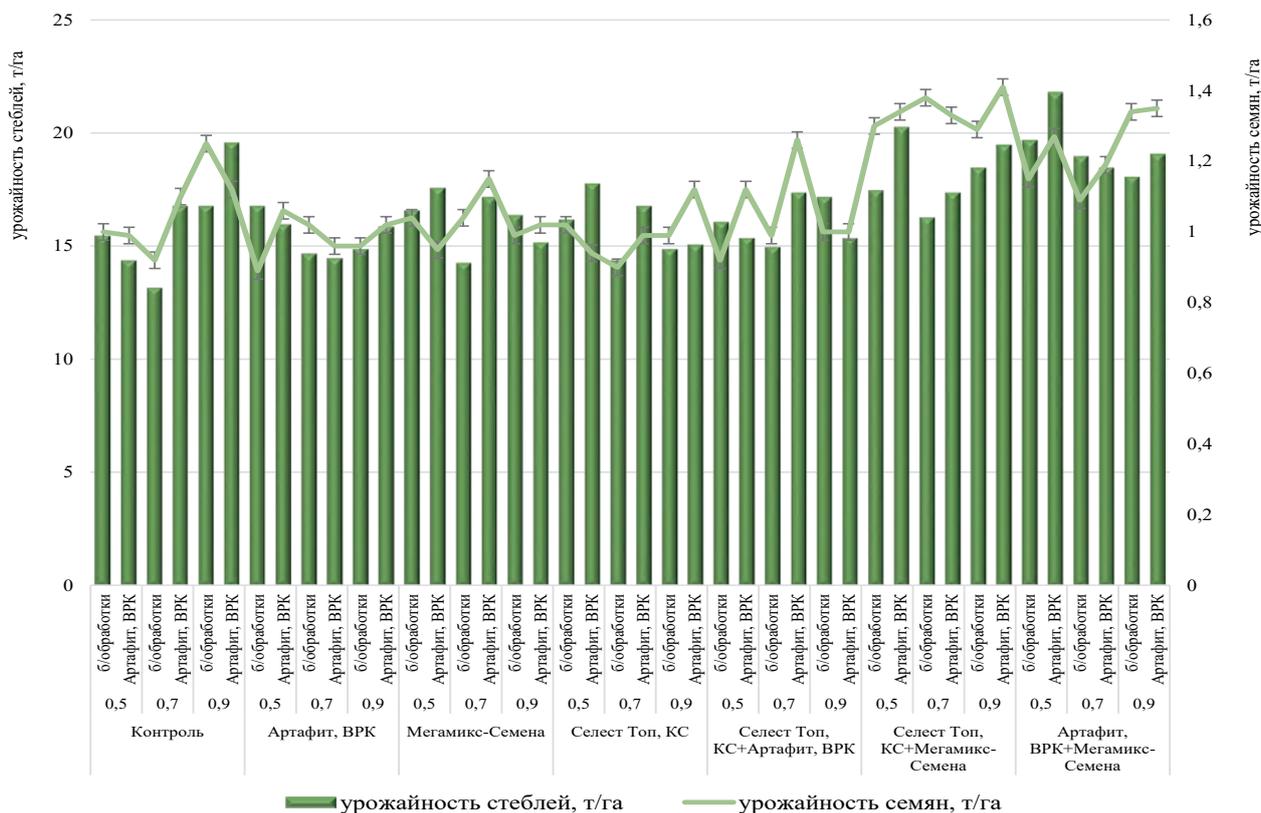
Максимальная урожайность семян конопли получена на вариантах с обработкой препаратами «Селест Топ, КС» + «Мегамикс-Семена» — 0,94 т/га. При посеве с нормой высева 0,5 млн/га урожайность семян составила в среднем 0,99 т/га, при повышении до 0,7 млн/га и 0,9 млн/га данный показатель понижался на 24%.

В 2023 году урожайность варьировала в пределах 13,7–25,3 т/га. Наибольший сбор стеблей (в среднем 23,27 т/га) получили на вариантах с нормой высева 0,9 млн всхожих семян на 1 га. Эффективны обработки перед посевом баковой смесью препаратов «Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК». Урожайность семян и стеблей относительно варианта без обработки увеличилась на 0,10 т/га и 2,95 т/га. Внекорневая обработка растений в среднем по опыту повышала урожайность стеблей на 2,1 т/га, или на 9,1%. Максимальная урожайность семян конопли получена на вариантах с обработкой препаратами «Селест Топ, КС» + «Артафит, ВРК» — 1,18 т/га. При посеве с нормой высева 0,5 млн/га урожайность семян составила в среднем 0,93 т/га, при повышении до 0,7 млн/га и 0,9 млн/га данный показатель увеличивался до 1,05–1,34 т/га, или на 11,4–30,6%.

В среднем за период исследований (рис. 3) обработка семян удобрением «Мегамикс-Семена» позволила получить прибавку урожая семян (0,03 т/га) и стеблей (0,16 т/га) конопли по отношению к контролю. Применение

Рис. 3. Урожайность растений конопли посевной в зависимости от вариантов опыта в среднем за 2021–2023 гг.

Fig. 3. Crop yield of cannabis plants, depending on the experience options, on average for 2021–2023



удобрения «Мегамикс-Семена» совместно с регулятором роста «Артафит, ВРК» или инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» увеличивало урожайность семян на 0,28 т/га и 0,17 т/га, урожайность стеблей — на 2,2 т/га и 3,32 т/га.

Выводы/Conclusion

Протравливание семян инсектофунгицидом «Селест Топ, КС» в чистом виде и в баковых смесях показало высокую степень защиты семян от инфекции при проращивании (82–87%).

Применение «Селест Топ, КС» в чистом виде и в комплексе с регулятором роста «Артафит, ВРК» или с жидким удобрением «Мегамикс-Семена» в зависимости от нормы высева было наиболее эффективно против конопляной блошки на раннем этапе развития растений (71–85%).

Тестируемые препараты и их баковые смеси улучшали большинство показателей структуры урожая конопля, поэтому данные приемы защиты могут использоваться в технологии возделывания для получения более высоких урожаев культуры.

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 assignment "Federal Scientific Center for Bast Crops" (topic No. FGSS-2022-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Serkov V.A., Smirnov A.A., Alexandrova M.P. История коноплеводства в России. *Масличные культуры*. 2012; (3): 132–141. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-3-175-132-141>
- Small E. Evolution and Classification of Cannabis sativa (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. *The Botanical Review*. 2015; 81(3): 189–294. <https://doi.org/10.1007/s12229-015-9157-3>
- Alonso-Esteban J.I. et al. Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*. 2022; 374: 131754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>
- Farinon B., Molinari R., Costantini L., Merendino N. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*. 2020; 12(7): 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Yano H., Fu W. Hemp: A Sustainable Plant with High Industrial Value in Food Processing. *Foods*. 2023; 12(3): 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>
- Кабунина И.В. Современный опыт и перспективы переработки технической конопля в России. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021; 64(6): 34–37. <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-6-34-37>
- Романенко А.А., Скрипников С.Г., Сухорада Т.И. Конопля. Прошлое. Настоящее. Будущее? *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(3): 39–41. <https://www.elibrary.ru/vuzzrl>
- Дубровин М.С. Применение технической конопля в производстве широкого спектра продукции различного назначения. *International agricultural journal*. 2022; 65(2): 925–942. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_2_30
- Zverev S.V., Zubtsov V.A., Roslyakov Yu.F., Efremov D.P., Yanova M.A. Физико-технологические свойства семян конопля. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (11): 240–247. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-240-247>
- Dimitriev V.L., Makushev A.E., Kayukova O.V., Eliseeva L.V., Shashkarov L.G., Lozhkin A.G. Influence of seeding rates on yield and technological qualities of hemp fiber. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies — AGRITECH-IV-2020*. IOP Publishing Ltd. 2021; 677: 42038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042038>
- Dimitriev V.L., Shashkarov L.G., Eliseeva L.V., Lozhkin A.G., Chernov A.V., Pavlov V.V. Влияние некоторых агротехнических условий выращивания конопля на урожайность семян и волокна. *Аграрная наука*. 2022; 1(11): 65–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-65-69>
- Bikbaeva G.G., Islamgulov D.P. Результаты сортоиспытания конопля посевной в условиях Республики Башкортостан. *Аграрная наука*. 2024; (3): 129–133. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-129-133>
- Зезин Н.Н., Савин Ю.А., Воробьев В.А. Причины снижения урожайности зерновых культур и качественные параметры зерна. *Агропромышленная политика России*. 2012; (3): 30–36. <https://www.elibrary.ru/pwyrvf>
- Bakro F., Wielgusz K., Bunalski M., Jedryczka M. An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. *IOBC-WPRS Bulletin*. 2018; 136: 9–20.
- Kudryavtsev N.A., Zakharova L.M., Zaitseva L.A. Мониторинг вредных организмов в посевах льна и использование высокомолекулярного препарата «Артафит, ВРК» для их контроля. *Владимирский земледельец*. 2018; (2): 32–37. <https://www.elibrary.ru/xwdxxn>
- Zakharova L.M. Применение биостимуляторов при возделывании льна-долгунца. *Земледелие*. 2017; (5): 27–29. <https://www.elibrary.ru/zcrgdv>

REFERENCES

- Serkov V.A., Smirnov A.A., Alexandrova M.R. The history of hemp in Russia. *Oil Crops*. 2012; (3): 132–141 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-3-175-132-141>
- Small E. Evolution and Classification of Cannabis sativa (Marijuana, Hemp) in Relation to Human Utilization. *The Botanical Review*. 2015; 81(3): 189–294. <https://doi.org/10.1007/s12229-015-9157-3>
- Alonso-Esteban J.I. et al. Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*. 2022; 374: 131754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>
- Farinon B., Molinari R., Costantini L., Merendino N. The Seed of Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional Quality and Potential Functionality for Human Health and Nutrition. *Nutrients*. 2020; 12(7): 1935. <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
- Yano H., Fu W. Hemp: A Sustainable Plant with High Industrial Value in Food Processing. *Foods*. 2023; 12(3): 651. <https://doi.org/10.3390/foods12030651>
- Kabunina I.V. Modern experience and prospects of processing technical cannabis in Russia. *International agricultural journal*. 2021; 64(6): 34–37 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-6-34-37>
- Romanenko A.A., Skripnikov S.G., Sukhorada T.I. Hemp. Past. Present. Future? *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(3): 39–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vuzzrl>
- Dubrovina M.S. Application of technical hemp in the production of light industry. *International agricultural journal*. 2022; 65(2): 925–942 (in Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_6_2_30
- Zverev S.V., Zubtsov V.A., Roslyakov Yu.F., Efremov D.P., Yanova M.A. Physical and technological properties of hemp seeds. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; (11): 240–247 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-11-240-247>
- Dimitriev V.L., Makushev A.E., Kayukova O.V., Eliseeva L.V., Shashkarov L.G., Lozhkin A.G. Influence of seeding rates on yield and technological qualities of hemp fiber. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies — AGRITECH-IV-2020*. IOP Publishing Ltd. 2021; 677: 42038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042038>
- Dimitriev V.L., Shashkarov L.G., Eliseeva L.V., Lozhkin A.G., Chernov A.V., Pavlov V.V. Influence of some agrotechnical conditions of hemp cultivation on seed and fiber yield. *Agrarian science*. 2022; 1(11): 65–69 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-65-69>
- Bikbaeva G.G., Islamgulov D.R. The results of the variety testing of cannabis in the conditions of the Republic of Bashkortostan. *Agrarian science*. 2024; (3): 129–133 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-129-133>
- Zeinin N.N., Savin Yu.A., Vorobyov V.A. The reasons for the decrease in grain yields and grain quality parameters. *Agri-food policy in Russia*. 2012; (3): 30–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pwyrvf>
- Bakro F., Wielgusz K., Bunalski M., Jedryczka M. An overview of pathogen and insect threats to fibre and oilseed hemp (*Cannabis sativa* L.) and methods for their biocontrol. *IOBC-WPRS Bulletin*. 2018; 136: 9–20.
- Kudryavtsev N.A., Zakharova L.M., Zaitseva L.A. Monitoring of pests in flax crops and application of "Artafit, VRK" high-molecular preparation for their control. *Vladimir farmer*. 2018; (2): 32–37 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xwdxxn>
- Zakharova L.M. Application of biostimulants during cultivation of fibre flax. *Zemledelie*. 2017; (5): 27–29 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/zcrgdv>

17. Зазимко М.И., Долженко В.И. Агротехнический метод защиты растений — основополагающий, но не однозначный. *Защита и карантин растений*. 2011; (5): 11–16. <https://www.elibrary.ru/nqxwwn>

18. Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Влияние агроприемов на фотосинтетическую деятельность и продуктивность нового сорта конопли посевной в условиях Среднего Поволжья. *Аграрная наука*. 2023; (7): 80–84. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-80-84>

19. Серков В.А., Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Новые направления селекции и совершенствование технологии семеноводства конопли посевной. Монография. Пенза: ПГАУ. 2019; 154. ISBN 978-5-94338-999-3 <https://www.elibrary.ru/qaamaz>

20. Плужникова И.И., Криушин Н.В., Бакулова И.В. Особенности формирования урожайности растений конопли технического назначения под воздействием приемов защиты против вредных организмов. *Аграрная наука*. 2024; (5): 79–84. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-79-84>

17. Zazimko M.I., Dolzhenko V.I. Agrotechnical method of plant protection — basic, but not the unique one. *Plant protection and quarantine*. 2011; (5): 11–16 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nqxwwn>

18. Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. The influence of agricultural practices on photosynthetic activity and productivity of a new variety of cannabis in the Middle Volga region. *Agrarian science*. 2023; (7): 80–84 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-80-84>

19. Serkov V.A., Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. New directions of breeding and improvement of seed production technology of hemp. Monograph. Penza: Penza State Agrarian University. 2019; 154 (in Russian). ISBN 978-5-94338-999-3 <https://www.elibrary.ru/qaamaz>

20. Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V., Bakulova I.V. Features of the formation of the yield of industrial hemp plants under the influence of methods of protection against harmful organisms. *Agrarian science*. 2024; (5): 79–84 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-79-84>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Владимировна Бакулова

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий
i.bakulova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-1001>

Ирина Ивановна Плужникова

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий
i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9161-4803>

Николай Викторович Криушин

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий
n.kriushin.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6597-2543>

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Irina Vladimirovna Bakulova

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Technologies
i.bakulova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-1001>

Irina Ivanovna Pluzhnikova

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Technologies
i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9161-4803>

Nikolay Viktorovich Kriushin

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Technologies
n.kriushin.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6597-254>

Federal Scientific Center of Bast Crops,
17/56 Komsomolsky Ave., Tver, 170041, 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 «ГрэйнтЭксперт», 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 633.162:631.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-117-121

Н.А. Рябцева

Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Ростовская обл., Россия

✉ natasha-rjabceva25@rambler.ru

Поступила в редакцию: 26.08.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Рябцева Н.А.

Влияние климатических факторов на действие регуляторов роста в агроценозах ярового ячменя

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях изменения климата в последние годы наблюдается тенденция к сокращению посевных площадей ярового ячменя, снижению количества и качества зерна. С точки зрения обеспечения стабильности валовых сборов зерна и экологии необходимо управлять агроценозом.

Методы. Опыты были проведены в 2021–2024 сельскохозяйственных годах в условиях Приазовской зоны Ростовской области. Объекты исследования: сорт ярового ячменя Леон и регуляторы роста «Артафит» (0,3 л/га), «Биодукс» (3 мл/га), «ОберегЪ» (60 мл/га), «Тренер» (3 л/га), «Фульвогумат» (0,4 л/га).

Результаты. Климатические условия в 2024 году были экстремальными с точки зрения низкого количества осадков и высоких сумм температур весеннего периода. Наиболее благоприятным с этой точки зрения был 2023 год. Уровень урожайности коррелируется с уровнем увлажнения в весенний период, наибольшие показатели наблюдались в 2023 году, а наименьший — в 2024. В складывающихся условиях рынка и ежегодном повышении цен растут затраты на производство единицы продукции. Таким образом, в 2024 году выращивание ярового ячменя оказалось нерентабельным. При этом использование биопрепаратов не позволило выйти в плюс. В 2022 и 2023 годах нерентабельным оказалось использование препарата «Тренер» из-за высокой стоимости препарата. Наибольшую рентабельность показали «Биодукс» и «ОберегЪ».

Ключевые слова: яровой ячмень, климат, осадки, температура, регулятор роста растений

Для цитирования: Рябцева Н.А. Влияние климатических факторов на действие регуляторов роста в агроценозах ярового ячменя. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 117–121.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-117-121>

The influence of climatic factors on the effect of growth regulators in agrocenoses of spring barley

ABSTRACT

Relevance. In recent years, under the conditions of climate change, there has been a tendency to reduce the acreage of spring barley, reduce the quantity and quality of grain. From the point of view of ensuring the stability of gross grain harvests and ecology, it is necessary to manage the agrocenosis.

Methods. The experiments were conducted in 2021–2024 agricultural years in the conditions of the Azov sea zone of the Rostov region. Objects of research: Leon spring barley variety and growth regulators “Artafit” (0.3 l/ha), “Biodux” (3 ml/ha), “Obereg” (60 ml/ha), “Trainer” (3 l/ha), “Fulvohumate” (0.4 l/ha).

Results. The climatic conditions in 2024 were extreme in terms of low rainfall and high amounts of spring temperatures. The year 2023 was the most favorable from this point of view. The yield level correlates with the level of moisture in the spring period, the highest indicators were observed in 2023, and the lowest in 2024. In the current market conditions and annual price increases, unit production costs are increasing. Thus, in 2024, the cultivation of spring barley turned out to be unprofitable. Moreover, the use of biological products did not allow us to gain a plus. In 2022 and 2023, the use of the drug “Trainer” turned out to be unprofitable due to the high cost of the drug. “Biodux” and “Obereg” showed the highest profitability.

Key words: spring barley, climate, precipitation, temperature, plant growth regulator

For citation: Ryabtseva N.A. The influence of climatic factors on the effect of growth regulators in agrocenoses of spring barley. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 117–121 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-117-121>

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-117-121

Natalia A. Ryabtseva

Don State Agrarian University, Persianovsky, Rostov region, Russia

✉ i.bakulova.pnz@fnclik.ru

Received by the editorial office: 26.08.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Ryabtseva N.A.

Введение/Introduction

Климатический фактор в совокупности влияния на агроценозы занимает не последнее значение. Важным условием для сельского хозяйства является климат территории. В Ростовской области умеренно континентальный климат, что позволяет выращивать зерновые и другие сельскохозяйственные культуры [1, 2].

Изучая различные факторы воздействия на продуктивность агроценозов ярового ячменя, значение имеет корреляция климатических факторов, которые невозможно регулировать в полевых условиях, и факторов воздействия, например применения биопрепаратов регуляторов роста в данном случае.

Ш. Матвеев, используя математико-картографическое моделирование динамики климата Ростовской области, установил, что регион не подвержен серьезным климатическим изменениям в будущем (до 2040 г.) и у региона имеется устойчивый климат [3, 4].

По сценарию П.М. Лурье, степной ландшафт в Ростовской области исчезнет, его заменит сухостепной. Растительные сообщества реагируют на климатические изменения. Отставание будет отмечаться только первые десятилетия, после чего произойдет приспособление ценозов к изменившимся условиям. Наиболее медленно будет происходить перестройка почв, в то время как режим поверхностных вод будет изменяться почти синхронно с изменением климатических условий [5–7].

По данным В.К. Каменевой и О.И. Шпак, в Ростовской области в течение последних 30 лет наблюдается устойчивое повышение среднемесячной температуры (особенно в январе и июле). Среднегодовое количество осадков не растет либо снижается.

Климат Ростовской области имеет тенденцию к потеплению. Из-за аномально теплой осени и недостатка увлажнения посев озимых культур сдвигается на более позднее время. В свою очередь, зимние оттепели могут спровоцировать вегетацию культур в несвойственный для них период, что пагубно скажется на величине будущего урожая и его качестве. Увеличение температуры ведет к опустыниванию и аномальной жаре. Недостаток влаги в критические для роста и развития растений периоды может привести не только к значительному снижению качества продукции сельскохозяйственного производства, но и к гибели посевов [8].

В связи с этим перед селекционерами возникает задача выведения и интродукции новых засухоустойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур для возможности их выращивания в условиях недостаточного увлажнения Ростовской области [9].

На урожайность ярового ячменя влияют не только агротехнология, внесение различных препаратов, стимулирующих развитие растений, но и почвенно-климатические условия региона [10–14].

Особое место в повышении качества и количества зерна отводится регуляторам роста и развития растений. Отмечены наибольшее влияние комплексного применения биологических препаратов (обработка семян бактофунгицидом «Стрекар») (ООО «Фармбио-медсервис», Россия) и последующая некорневая обработка «ИНБИО-ФИТ» (ООО «Научно-производственное объединение «Биотех», Россия) + «БИОФИТ-1.0 М» (ООО АТЦ «Колхоз», Россия) в фазу кущения на формирование элементов структуры урожая ярового ячменя в условиях неустойчивого увлажнения южной зоны Ростовской области [15].

Ученые выявили зависимость урожайности ярового ячменя от погодных условий в различных областях Центрального Черноземья. Так, урожайность ярового ячменя во всех областях Центрального Черноземья имеет корреляционную связь со средней годовой температурой воздуха, увеличение суммы осадков за год снижает продуктивность культуры.

В Курской области урожайность ячменя имеет прямую связь с температурой воздуха в период уборки культуры и обратную — с суммой осадков в августе. В Липецкой области она понижается при увеличении температуры в июле. В Белгородской области повышение показателя происходит в годы с невысокой температурой и достаточной влажностью почвы в период посева и первоначального роста (май) культуры. Повышение урожайности в Воронежской области обусловлено низким уровнем осадков в период созревания культуры (июль), значимо было взаимодействие с гидротермическим коэффициентом [16].

В агроценозах ярового ячменя в Приазовской зоне Ростовской области рентабельно использовать по вегетации росторегулирующие препараты, препарат «Биодукс» (ООО «Органик парк», Россия) на сортах Леон (79%) и Прерия (87%). Достоверно доказана прибавка урожайности ячменя при воздействии биопрепаратов за счет всех элементов продуктивности растений [17, 18].

Изменение климата оказывает значительное влияние на сельское хозяйство, затрагивая урожайность, водопотребление, распространение вредителей и болезней [19, 20]. Использование больших данных открывает новые возможности для анализа и прогнозирования этих эффектов.

Обзор литературных источников и их анализ показали, что научные изыскания в этой области актуальны, их углубленное изучение необходимо и своевременно.

Цель исследования — изучить влияние климатических факторов на действие регуляторов роста в агроценозах ярового ячменя.

Это предусматривает следующие задачи: изучение всхожести и выживаемости растений ячменя, продуктивной кустистости, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен, урожайности зерна и рентабельности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2021–2024 сельскохозяйственных годах в условиях КФХ «ИП Рябцев Е.Н.» на черноземе обыкновенном, карбонатном, сверхмощном, тяжелосуглинистом Приазовской зоны Ростовской области Российской Федерации.

Почва имеет большую мощность гумусового горизонта (до 140 см). В горизонте А содержание гумуса составляет 4,8%. Почва обладает рыхлым сложением, что связано с хорошей гумусированностью, оптимальной плотностью пахотного слоя — 0,96–1,1 г/см³. Высокая капиллярная скважность и невысокая некапиллярная скважность при общей скважности 56–60% обуславливают достаточную водопроницаемость пахотного слоя и способствуют поднятию влаги из глубоких горизонтов в сухие периоды.

Полевая влагоемкость в горизонте А составляет 29,5–30,4%. Максимальная гигроскопичность почвы колеблется в горизонте А и В от 8,4 до 9,3%, влажность устойчивого завядания — соответственно, 12–12,5%.

Почвы опытного участка по содержанию усвояемого азота относятся к низкообеспеченным. Подвижным

фосфором почвы обеспечены недостаточно. Содержание обменного калия в пахотном и подпахотном слое достаточное¹.

В целом почва по плодородию, макро- и микроагрегатному составу, физико-химическим и агрохимическим свойствам благоприятна для выращивания с.-х. культур.

В качестве объектов исследования выступали сорт ярового ячменя Леон² (производитель «Агро-Мир-Сидс», оригинатор семян «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», г. Краснодар, Россия), биологические препараты регуляторы роста:

Регулятор роста	Состав	Доза	Производитель, страна
«Артафит»	полидиаллилдиметил-аммоний хлорид	0,3 л/га	ООО «НПИЦ «БиоГрадис», Россия
«Биодукс»	арахионовая кислота	3 мл/га	ООО «Органик парк», Россия
«Оберегъ»	арахионовая кислота	60 мл/га	ООО «ОРТОН», Россия
«Тренер»	растительные пептиды и аминокислоты, олигосахариды	3 л/га	ITALPOLLINA, Италия
«Фульвогумат»	раствор природных гуминовых и фульвокислот, экстрагированных из леонардита, с аминокислотами и микроэлементами в хелатной форме	0,4 л/га	ООО «НПО «Альфа-Групп», Россия

Биопрепараты применялись по вегетации в фазы «кущение» и «колошение» (опрыскивание растений по листу, расход рабочей жидкости — 300 л/га). Норма высева ярового ячменя — 4,5 млн всхожих семян на 1 га рядовым способом ручной сеялкой «Пахарь» (Россия) в рекомендуемые сроки. Предшественник — подсолнечник.

Делянки (25 м²) размещены последовательно в 4-кратной повторности.

В исследованиях использовалась следующая методика: закладка опыта, наблюдения за ростом и развитием (всхожесть, выживаемость, кущение, количество зерен в колосе, урожайность)³, масса 1000 зерен⁴, рентабельность⁵.

Статистическую обработку данных (выживаемость растений к уборке — процент растений от количества высеванных семян; дисперсионный анализ

коэффициента кущения — количество стеблей с колосом на одном растении, количество зерен в колосе — среднее количество зерен в колосе у растений с 1 м², масса 1000 зерен ярового ячменя, урожайность (НСР₀₅) проводили с использованием Microsoft Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Тенденция изменений климатических явлений в условиях Приазовской зоны Ростовской области в КФХ «ИП Рябцев Е.Н.» представлена в таблице 1.

Анализ данных за три года показал, что сумма средних температур за изучаемый период превысила среднелетние показатели (норму) на +4 °С в 2021–2022 гг., +7 °С в 2022–2023 гг., на +10 °С в 2023–2024 гг. Сумма средних температур октября и ноября превысила норму в годы наблюдений на 2,9–4,4 °С, кроме 2021 г. (-0,4 °С). Сумма средних температур зимнего периода превысила норму на 3,9–7,2 °С. Сумма средних температур весной превысила норму только в 2023 г. — на 3,7 °С. В 2022 и 2024 годах было прохладнее в среднем на 2,8 °С и 4,6 °С соответственно. В июне и июле сумма средних температур была больше нормы в 2022 и 2024 гг. (на 0,5 °С и 4,9 °С), в 2023 г. — на 3,6 °С меньше нормы.

Анализ выпадения количества осадков в годы исследований показал, что во все годы наблюдений было превышение нормы (на 72 мм) в 2021–2022 гг., на 138 мм — в 2022–2023 гг., на 86 мм — в 2023–2024 гг.

В октябре и ноябре меньше нормы выпало осадков в 2021 г. (на 5 мм), а в 2022-м — больше на 18 мм, в 2023-м — в 2,3 раза больше. В зимний период выпало больше нормы осадков во все годы наблюдений, особенно в 2021–2022 гг. (в 2 раза).

В весенний период превышение нормы осадков (на 72 мм) было только в 2023 г. Ниже нормы отмечено в 2022-м (на 15 мм) и 2024-м (в 7 раз), что в дальнейшем проявилось в остром дефиците влаги. В июне и июле 2023 г. и 2024 г. осадков выпало больше нормы — на 33 мм и 37 мм соответственно, в 2023-м — больше на 33 мм.

Данные климатические условия привели к различной всхожести ярового ячменя. Так, всхожесть в 2022 г. составила 91%, в 2023-м — 92%, в 2024 г. — 86%.

Выживаемость растений ярового ячменя в годы наблюдений была различной (табл. 2).

Таблица 1. Динамика средней температуры воздуха (°С) и осадков (мм) в 2021–2024 годах⁶ (после уборки предшествующей культуры (подсолнечника) до уборки ярового ячменя)

Table 1. Dynamics of average air temperature and precipitation in 2021–2024 (after harvesting the previous crop (sunflower) before harvesting spring barley)

Средняя температура воздуха	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	сумма
2021–2022 гг.	9,3	5,4	1,1	-0,9	3,3	1,5	12,8	15,2	23,5	24,2	95
2022–2023 гг.	12	6	1	-0,33	-0,5	8,1	12,1	15,8	20,5	23,1	98
2023–2024 гг.	12,2	7,3	1,7	-1,8	1,3	4,6	6,9	16,2	24,6	27,5	101
Среднелетняя	10,9	4,2	0	-2,3	-1,4	3,8	11	17,5	22,2	25	91
Осадки	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	сумма
2021–2022 гг.	7	75	146	84	59	28	77	37	4	40	557
2022–2023 гг.	51	54	64	30	68	38	102	89	91	36	623
2023–2024 гг.	44	150	62	120	42	5	15	2	69	62	571
Среднелетние	42	45	52	53	42	50	47	60	54	40	485

¹ Агафонов Е.В., Полуэтов Е.В. Почвы и удобрения Ростовской области. Ростов-на-Дону. 1995; 284.

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений». Режим доступа: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9052841>

³ Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва. 1983; 3.

⁴ ГОСТ 28672-2019 Ячмень. Технические условия.

⁵ Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий северо-востока европейской части РФ. Киров: НИИСХ Северо-Востока. 2008; 66.

⁶ Местоположение метеостанции «Аэропорт Платов» (Ростовская обл., Россия): широта 47,49, долгота 39,92, высота над уровнем моря — 84 м.

Таблица 2. Выживаемость растений ярового ячменя, %
Table 2. Survival rate of spring barley plants, %

Вариант	Выживаемость к уборке, %		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	72	76	65
«Биодукс»	80	85	70
«Тренер»	74	78	69
«Артафит»	75	80	66
«Оберегъ»	80	84	67
«Фульвогумат» (марка Б)	74	77	68

Таблица 3. Продуктивная кустистость ярового ячменя
Table 3. Productive bushiness of spring barley

Вариант	Продуктивная кустистость		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	1,2	1,3	1,2
«Биодукс»	1,3	1,48	1,2
«Тренер»	1,25	1,32	1,2
«Артафит»	1,28	1,33	1,2
«Оберегъ»	1,28	1,45	1,2
«Фульвогумат» (марка Б)	1,24	1,33	1,2
НСР ₀₅	0,04	0,03	0,02

Таблица 4. Количество зерен в колосе и масса 1000 зерен ярового ячменя

Table 4. The number of grains in an ear and the weight of 1000 grains of spring barley

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.			Масса 1000 зерен, г		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	15	16	14	41	43	42
«Биодукс»	18	20	16	44,5	44	43
«Тренер»	17	17	15	43,5	43,5	42,5
«Артафит»	16	17	15	43,8	43,5	42,6
«Оберегъ»	17	20	15	44	44	42,2
«Фульвогумат» (марка Б)	16	18	15	42	43,1	42,3
НСР ₀₅	1	1	1	1,2	1,5	0,8

Таблица 5. Урожайность и рентабельность ярового ячменя
Table 5. Yield and profitability of spring barley

Вариант	Урожайность, т/га			Рентабельность, %		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Контроль	2,39	3,06	2,06	43,5	22,4	-28,6
«Биодукс»	3,75	4,98	2,60	87,4	71,8	-22,0
«Тренер»	2,99	3,43	2,38	-13,2	-26,0	-54,8
«Артафит»	3,08	3,54	2,28	52,3	20,8	-32,4
«Оберегъ»	3,45	4,82	2,29	65,4	60,8	-33,5
«Фульвогумат» (марка Б)	2,77	3,58	2,33	34,3	20,0	-31,9
НСР ₀₅	0,32	0,5	0,07			

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

Анализ данных показал, что наибольшая выживаемость растений была в 2023 г. — от 76 до 85%. Ниже показатели были в 2022 г. — от 72 до 80%. Наименьший показатель выживаемости наблюдался в 2024 г. — от 65 до 70%.

Применение биопрепаратов по вегетации ячменя привели к увеличению выживаемости растений, особенно с препаратом «Биодукс» и «Оберегъ», в 2022 и 2023 гг. В 2024 году влияние биопрепаратов на выживаемость было минимальным (до 5%).

В условиях 2022 г. продуктивная кустистость была в пределах 1,2–1,3, в 2023 г. — 1,3–1,48 (наибольшая), в 2024 г. — 1,2. Даже использование биопрепаратов не повлияло на ее увеличение в условиях засухи (табл. 3).

В годы с достатком влаги (2022-й и 2023-й) в весенний период действие биопрепаратов достоверно доказано на всех вариантах.

Анализ данных показал, что в 2023 г., как наиболее увлажненном в весенний период, показатели по количеству зерен в колосе и массе 1000 зерен были выше, чем в 2022 и 2024 гг. (табл. 4).

Во все годы наблюдений достоверно доказано влияние биопрепаратов на озерненность колоса и на массу 1000 зерен, особенно с препаратом «Биодукс».

Анализ данных урожайности показал, что ее уровень коррелируется с уровнем увлажнения в весенний период, наибольшие показатели наблюдались в 2023 г., наименьший — в 2024-м (табл. 5).

В условиях рыночной экономики и постоянного повышения цен растут затраты на производство единицы продукции. Таким образом, в 2024 г. выращивание ярового ячменя оказалось нерентабельным. В 2022 и 2023 гг. нерентабельным оказалось использование препарата «Тренер» из-за высокой стоимости препарата (21 тыс. рублей). Наибольшую рентабельность показали препараты «Биодукс» (ООО «Органик парк», Россия) и «Оберегъ» (ООО «ОПТОН», Россия).

Заключение/Conclusion

Опытным путем установлена корреляция климатических факторов (количества осадков и температуры воздуха) на действие регуляторов роста в агроценозах ярового ячменя. Климатическое воздействие является лимитирующим в формировании высокопродуктивных агроценозов.

В условиях засухи 2024 г. в весенний период ячмень снизил свою продуктивность за счет невысокой всхожести семян — 86%, выживаемости к уборке — 65–70%, продуктивной кустистости — 1,2, количества зерен в колосе — 14–16 шт., массы 1000 зерен — 42–43 г. И, как следствие, низкой урожайности зерна (2,06–2,6 т/га) и отрицательной рентабельности.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валов Е.А., Наумов С.А., Коновалов А.А. Условия и тенденции развития АПК Ростовской области. Экономические проблемы России и региона. Ученые записки. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). 2022; 27: 17–21. <https://elibrary.ru/brvqkt>
2. Glinushkin A.P., Startsev V.I., Startseva L.V. Environmental aspects of plant introduction in the context of global climate change. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series "All-Russian Conference with International Participation Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants"*. 2021; 663: 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012004>

REFERENCES

1. Valov E.A., Naumov S.A., Kononov A.A. Conditions and trends in the development of the agro-industrial complex of the Rostov region. *Economic problems of Russia and the region. Academic notes*. Rostov-on-Don: Rostov State University of Economics. 2022; 27: 17–21 (in Russian). <https://elibrary.ru/brvqkt>
2. Glinushkin A.P., Startsev V.I., Startseva L.V. Environmental aspects of plant introduction in the context of global climate change. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series "All-Russian Conference with International Participation Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants"*. 2021; 663: 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012004>

3. Matveev Sh. Matematiko-kartograficheskoe modelirovaniye dinamiki klimata Rostovskoy oblasti po global'nym meteorologicheskim dannym. *Природные системы и ресурсы*. 2023; 13(1): 31–38. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.5>
4. Matveev Sh. Prognozno-kartograficheskoe modelirovaniye klimata Rostovskoy oblasti po dannym meteostanits. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023; (4–3): 44–47. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-4-3-44-47>
5. Panov V.D., Lurie P.M., Lariyonov Yu.A. Klimat Rostovskoy oblasti: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону: *Донской издательский дом*. 2006; 488. <https://elibrary.ru/xbqemx>
6. Zalikhanov M.Ch. Изменение климата и устойчивое развитие Российской Федерации. *Метеорология и гидрология*. 2004; (4): 130–136. <https://elibrary.ru/pfcolh>
7. Lurie P.M. Regionalnye osobennosti izmeneniya klimata na yuge Rossii i ikh posledstviya (na primere Rostovskoy oblasti). *Географические исследования Краснодарского края. Сборник научных трудов. Краснодар: Кубанский государственный университет*. 2010; 5: 83–92. <https://elibrary.ru/tbkwmz>
8. Kovaleva I.V., Kudinova M.G., Shevchuk N.A., Elistratova T.G. Agroecology as a strategic direction in the system of rational land use. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITeCH-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339001002>
9. Kameneva V.K., Shpak O.I. Dinamika izmeneniya klimata Rostovskoy oblasti v usloviyah global'nogo potepeniya. *Современные научные исследования в АПК: актуальные вопросы, достижения и инновации. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Персиановский: Донской государственный аграрный университет*. 2022; 1: 63–66. <https://elibrary.ru/bfgmtq>
10. Guzenko A.Yu. Issledovaniye i matematicheskoe modelirovaniye vliyaniya biopreparatov na urozhaynost' yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyah Volgogradskoy oblasti. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023; (1): 290–303. <https://elibrary.ru/kpzkgm>
11. Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Hozhaystvennaya effektivnost' sortov yarovogo yachmenya ot primeneniya mikrobiologicheskogo preparata «Organit N, Zh» i «Organit P, Zh» v Ryzanskoy oblasti. *Аграрная наука*. 2024; (7): 102–106. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106>
12. Yakupov E.N., Savelyev A.S., Kruglov A.V., Bochkarev D.V., Nikolskiy A.N. Vliyaniye priemov osnovnoy obrabotki pochvy i fungitsidov na urozhaynost' yarovogo yachmenya. *Аграрная наука*. 2022; (1): 84–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>
13. Nasiev B.N., Eсенгужина А.Н. Биологизированная технология возделывания ячменя в 1-й зоне Западного Казахстана. *Аграрная наука*. 2021; 344(5): 71–74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-71-74>
14. Doroshenko E.S., Filippov E.G. Otsenka sortov ozimogo yachmenya razlichnogo ekologo-geograficheskogo proisхождения po hozhaystvenno-tsennym priznakam i svoystvam. *Аграрная наука*. 2023; (4): 110–115. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-110-115>
15. Fetukhin I.V., Baranov A.A. Vliyaniye primeneniya biologicheskikh preparatov na fitometricheskiye pokazateli posevov i produktivnost' yarovogo yachmenya. *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 5–10. <https://elibrary.ru/dblfpd>
16. Deriglazova G.M., Rubanik Yu.O., Shilo E.V. Zavisimost' urozhaynosti yarovogo yachmenya ot pogodnykh usloviy v razlichnykh oblastyakh Tsentral'noy Chernozem'ya. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023; (6): 14–19. <https://elibrary.ru/jrfcrn>
17. Ryabtseva N.A., Streltsov A.A. Formirovaniye vysokoproduktivnykh agrocenozov yarovogo yachmenya pod vliyaniem rostoregulyiruyushchikh veshchestv v Rostovskoy oblasti. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2023; (1): 72–79. https://doi.org/10.52671/26867591_2023_1_72
18. Ryabtseva N.A. Vliyaniye biopreparatov na formirovaniye elementov produktivnosti yarovogo yachmenya. *Аграрная наука*. 2021; (11–12): 72–75. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-72-75>
19. Kondratenko E.P., Sergeeva I.A., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Redozubova A.E., Popova L.V. Analiz urozhaynosti yarovogo ovsa, vozdel'yvaemogo v usloviyah rezko kontinental'nogo klimata. *Аграрная наука*. 2024; 1(8): 161–167. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167>
20. Khismatullin M.M., Lukmanov A.A., Khismatullin M.M., Khakimov T.B., Kuznetsov M.G., Kurakova Ch.M. Sovremennoye sostoyaniye i ekonomicheskaya effektivnost' meliorativnogo zemledeliya v Respublike Tatarstan v usloviyah rosta aridnosti klimata. *Аграрная наука*. 2024; (5): 136–143. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-136-143>
3. Matveev Sh. Mathematical-Cartographic Modeling of Climate Dynamics in the Rostov Region Using Global Meteorological Data. *Natural Systems and Resources*. 2023; 13(1): 31–38 (in Russian). <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2023.1.5>
4. Matveev Sh. Forecast and cartographic modeling of the climate of the Rostov region according to the data of meteostations. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2023; (4–3): 44–47 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-4-3-44-47>
5. Panov V.D., Lurie P.M., Lariyonov Yu.A. Climate of the Rostov Oblast: yesterday, today, tomorrow. Rostov-on-Don: *Don Publishing House*. 2006; 488 (in Russian). <https://elibrary.ru/xbqemx>
6. Zalikhanov M.Ch. Climate change and sustainable development of the Russian Federation. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2004; (4): 91–95. <https://elibrary.ru/lihijv>
7. Lurie P.M. Regional features of climate change in the south of Russia and their consequences (on the example of the Rostov region). *Geographical research of the Krasnodar Territory. Collection of scientific papers*. Krasnodar: Kuban State University. 2010; 5: 83–92 (in Russian). <https://elibrary.ru/tbkwmz>
8. Kovaleva I.V., Kudinova M.G., Shevchuk N.A., Elistratova T.G. Agroecology as a strategic direction in the system of rational land use. *E3S web of conferences. VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITeCH-VIII 2023)*. EDP Sciences. 2023; 390: 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339001002>
9. Kameneva V.K., Shpak O.I. The dynamics of climate change in the Rostov region in context of global warming. *Modern scientific research in agriculture: current issues, achievements and innovations. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference*. Persianovsky: Don State Agrarian University. 2022; 1: 63–66 (in Russian). <https://elibrary.ru/bfgmtq>
10. Guzenko A.Yu. Research and mathematical modeling of the effect of biological products on the yield of spring crops in arid conditions of the Volgograd region. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2023; (1): 290–303 (in Russian). <https://elibrary.ru/kpzkgm>
11. Zakharova M.N., Rozhkova L.V. Economic efficiency of spring barley varieties from the use of microbiological preparation "Organit N, Zh" and "Organit R, Zh" in the Ryazan region. *Agrarian science*. 2024; (7): 102–106 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-384-7-102-106>
12. Yakupov E.N., Savelyev A.S., Kruglov A.V., Bochkarev D.V., Nikolskiy A.N. Influence of methods of primary tillage and fungicides on the yield of spring barley. *Agrarian science*. 2022; (1): 84–87 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>
13. Beybit N.N., Ainash N.Ye. Biological technology of barley cultivation in zone 1 of Western Kazakhstan. *Agrarian science*. 2021; 344(5): 71–74 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-349-5-71-74>
14. Doroshenko E.S., Filippov E.G. Evaluation of varieties of winter barley of different ecological and geographical origin according to economically valuable traits and properties. *Agrarian science*. 2023; (4): 110–115 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-110-115>
15. Fetukhin I.V., Baranov A.A. Influence of using biological preparations on phytometric indicators of crops and productivity of spring barley. *The Bulletin Donskoy State Agrarian University*. 2023; (4): 5–10 (in Russian). <https://elibrary.ru/dblfpd>
16. Deriglazova G.M., Rubanik Yu.O., Shilo E.V. Dependence of spring barley yield on weather conditions in various regions of the Central Chernozem region. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2023; (6): 14–19 (in Russian). <https://elibrary.ru/jrfcrn>
17. Ryabtseva N.A., Streltsov A.A. Formation of highly productive agrocenoses of spring barley under the influence of growth regulators in the Rostov region. *Daghestan GAU Proceedings*. 2023; (1): 72–79 (in Russian). https://doi.org/10.52671/26867591_2023_1_72
18. Ryabtseva N.A. Influence of biopreparations on formation of elements of productivity of spring barley. *Agrarian science*. 2021; (11–12): 72–75 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-72-75>
19. Kondratenko E.P., Sergeeva I.A., Konstantinova O.B., Soboleva O.M., Redozubova A.E., Popova L.V. Analysis of the yield of spring oats cultivated in a harsh continental climate. *Agrarian science*. 2024; 1(8): 161–167 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-161-167>
20. Khismatullin M.M., Lukmanov A.A., Khismatullin M.M., Khakimov T.B., Kuznetsov M.G., Kurakova Ch.M. Current state and economic efficiency of ameliorative farming in the Republic of Tatarstan under conditions of climate aridity growth. *Agrarian science*. 2024; (5): 136–143 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-382-5-136-143>

ОБ АВТОРАХ**Наталья Александровна Рябцева**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и технологии хранения растениеводческой продукции
natasha-rjabcva25@rambler.ru
<https://orcid.org/000-0003-4121-5940>

Донской государственный аграрный университет,
ул. им. Кривошлыкова, 24, пос. Персиановский, Октябрьский р-н,
Ростовская обл., 346493, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Natalia Alexandrovna Ryabtseva**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Technology of Storage of Crop Products
natasha-rjabcva25@rambler.ru
<https://orcid.org/000-0003-4121-5940>

Don State Agrarian University,
24 Krivoslykov Str., village Persianovsky, Oktyabrsky district, Rostov region, 346493, Russia

Применение магнийсодержащих удобрений способом праймирования для регуляции физиологических процессов у озимой пшеницы

РЕЗЮМЕ

В работе изучена эффективность применения нового магнийсодержащего удобрения «АктиМакс» для праймирования семян мягкой озимой пшеницы сорта Скипетр. Эффект удобрения сравнивали с отрицательным (без удобрения) и положительным («Новосил») контролем. В ходе работы была найдена оптимальная концентрация раствора для обработки выбранным методом, составляющая 2,6 мл/л, что эквивалентно 20% от рекомендованной производителем (13 мл/л). При обработке раствором данной концентрации наблюдалось незначительное уменьшение всхожести семян, а проведенные через 7 дней учеты параметров роста показали увеличение длины листа на 15–20%. Наблюдается незначительное уменьшение количества корней (на 10%) и разветвления корневой системы, что предположительно связано с доступностью компонентов, входящих в состав удобрения. Исследовано влияние препарата на фотосинтетический аппарат, ассимиляцию углекислого газа и интенсивность транспирации при применении в диапазоне концентраций (100%, 20%, 0%). В среднем интенсивность дыхания усиливалась в 2 раза в варианте с рабочей концентрацией и в 1,8 раза в варианте с 1/5 от рабочей концентрации. Выявлено небольшое увеличение эффективности нефотохимического тушения флуоресценции у растений с добавлением «АктиМакс». Показана эффективность использования метода праймирования семян для стимулирования скорости развития озимой пшеницы, что уменьшает риски неблагоприятных исходов.

Ключевые слова: физиологические процессы, праймирование, озимая пшеница, магниевые удобрения, флуоресценция хлорофилла, транспирация

Для цитирования: Захаров Д.А., Степанова Е.В., Иваночкин И.А. Применение магнийсодержащих удобрений способом праймирования для регуляции физиологических процессов у озимой пшеницы. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 122–127.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-122-127>

Application of magnesium-containing fertilizers by priming method for regulation of physiological processes in winter wheat

ABSTRACT

The studying the efficiency of new magnesium-containing fertilizer “AktiMax” use for priming soft winter wheat seeds of the “Skipestr” variety. The effect of the fertilizer is compared with the negative (no fertilizer) and positive (“Novosil”) controls. During the study, the optimal concentration 2.6 ml/l of the solution for processing by the selected method is found, which is equivalent to 20% of the recommended by the manufacturer (13 ml/l). At treating with a solution of this concentration, a slight decrease in seed germination is observed, and growth parameter records taken after 7 days showed an increase in leaf length by 15–20%. A slight decrease in the number of roots (by 10%) and branching of the root system is observed, which is presumably due to the availability of the fertilizer components. The effect fertilizer on the photosynthetic apparatus, carbon dioxide assimilation and transpiration rate when use in a range of concentrations is studied. On average, the transpiration activity increased by 2 times in the variant with the working concentration and by 1.8 times in the variant with one fifth of the working concentration. A slight increase in the efficiency of non-photochemical fluorescence quenching is revealed in plants at the “AktiMax” application. The efficiency of seed priming method use to stimulate the rate of winter wheat development is demonstrated that leads to reduction of unfavorable outcomes risks.

Key words: physiological processes, priming, winter wheat, magnesium fertilizers, chlorophyll fluorescence, transpiration

For citation: Zakharov D.A., Stepanova E.V. Ivanochkin I.A. Application of magnesium-containing fertilizers by priming method for regulation of physiological processes in winter wheat. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 122–127 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-122-127>

Введение/Introduction

Магний играет решающую роль во многих метаболических процессах растений, включая фотосинтез, поглощение и транспорт фосфора, синтез аминокислот и белков, повышает их стрессоустойчивость [1]. Ионная форма этого элемента (Mg^{2+}) присоединяется к коллоидным частицам в почве и доступна для усвоения корнями растений. При его недостатке на листьях могут появиться хлоротичные или некротические пятна. Эти пожелтевшие листья развиваются в пятнистые участки отмершей ткани, вследствие которых края листьев скручиваются. Магний сравнительно хорошо реутилизируется, поэтому первые признаки его недостатка появляются на нижних или старых листьях [2]. Один из методов устранения дефицита Mg — внесение удобрений, его содержащих.

В сельскохозяйственной практике используются два основных способа внесения магниевых удобрений:

первый (классический метод) — внесение в почву удобрений с использованием извести (оксида или карбоната) для кислых почв и сульфатной формы (кизелита) для почв с оптимальным pH. Поглощение магния растениями не является проблемой при условии содержания его доступной формы в почве, по крайней мере среднего класса [3];

второй — внекорневая подкормка. Нанесение жидкого удобрения при помощи распыления на листья — широко используемый метод во всем мире. Особенно эффективен при использовании удобрений в наноформе [4].

Ключевой задачей для фермеров, использующих растворимые удобрения Mg (в форме сульфатов или хлоридов), является определение нормы, методов и времени — стадии роста растений при внесении удобрений для повышения усвояемости растениями.

Эффективная система применения магниевых удобрений должна быть ориентирована на повышение эффективности использования азота (N). С развитием технологий возделывания сельскохозяйственных культур и изучением механизма поглощения элементов питания исследователи начали подробнее изучать потенциал способа применения удобрений — замачивание или праймирование посевного материала перед посевом. Так, применение этого способа с сульфатами магния достоверно повышает всхожесть и длину проростков различных культур [5]. Всхожесть ячменя повышалась на 5–7% при выдерживании в 1%-ном растворе [6].

Применение магниевых удобрений в зависимости от метода внесения и концентрации может давать как положительный эффект, так и вызывать стресс у растений [7]. Например, использование наночастиц Mg оказывает различное воздействие (окислительный стресс, изменение pH ингибирования синтеза фитогормонов) на многие культуры, повышая всхожесть и скорость роста при одних дозировках и вызывая ингибирование ростовых процессов при других [8].

В настоящее время опубликовано ограниченное число работ, посвященных изучению действия магниевых удобрений на озимую пшеницу [9, 10]. Здесь впервые исследуется воздействие жидкого удобрения «АктиМакс» на озимую пшеницу *Triticum aestivum* L. Данный выбор обусловлен тем, что удобрение создано на основе экологичного природного сырья — брусита, имеет высокое содержание магния (33%) и уже показало свою эффективность при проведении внекорневых подкормок яровой пшеницы [11].

На момент написания публикации существуют две формы выпуска удобрения «АктиМакс» — гранулированная и суспензионная¹. Гранулированная форма используется для внесения в почву перед посадкой, и, по данным производителя, попадая в кислые почвы, гранулы начинают растворяться и снабжать растения питательными веществами на протяжении всего сезона.

Суспензионная форма разработана для приготовления растворов и применения в качестве внекорневых подкормок. По рекомендации производителя, удобрение лучше всего применять после появления первых всходов (фаза кущения, 3–4-й лист, фаза бутонизации и т. д.).

Помимо внекорневого внесения, суспензионная форма может быть применена для замачивания семян перед посевом. Замачивание или праймирование имеет ряд преимуществ перед другими типами использования удобрений: низкий расход, увеличение всхожести, повышение начальной энергии роста, повышение устойчивости к различным стрессовым факторам [12, 13].

Цель работы — оценить влияние магниесодержащего удобрения «АктиМакс» на физиологические параметры озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Скипетр.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Лабораторный опыт проводился в Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН (г. Москва, Россия) в 2023 году.

В качестве исследуемого объекта выступала мягкая озимая пшеница *Triticum aestivum* L. сорта Скипетр (код сорта: 9553093). Данный сорт является среднеспелым, устойчив к полеганию, засухе, грибковым заболеваниям.

В качестве магниесодержащего удобрения для праймирования использовали «АктиМакс» (Brucite+, Россия) в суспензионной форме. По данным производителя, это удобрение содержит следующие элементы и их концентрации: магний (Mg) — 20,9% (в пересчете на MgO — 33%), азот (N) — 3,8%, кальций (Ca) — не более 1,3%, железо (Fe) — не более 0,06%.

Для сравнения результатов использовали отрицательный контроль (вода) и биологический регулятор роста «Новосил» (ООО «ТерраМастер», Россия) как широко используемый и хорошо зарекомендовавший себя препарат [14].

Для выявления морфологических параметров использовали метод проращивания в рулонах по ГОСТ 12038-84². Метод использовался ранее в опубликованном исследовании Д.А. Захарова, С.В. Извекова [15].

Для проращивания семян нарезали полоски фильтровальной бумаги шириной 15 см и длиной 52 см. Полоски складывали пополам, затем разворачивали, увлажняли, и рядами раскладывали зерна зародышем вниз (5 см от края бумаги). На каждый лист помещали семена одной повторности (по три повторности на каждый вариант) — 25 зерен на каждую повторность. Их предварительно обрабатывали 1%-ным раствором $KMnO_4$ в течение 10 минут. Семена покрывали второй частью полоски, полоски аккуратно сворачивали в рулон, который вертикально ставили в сосуд объемом 500 мл, на дно сосуда наливали 10 мл раствора необходимой концентрации. Сосуд закрывали крышкой, оставляя отверстие для терморегуляции и сохранения общей влажности. Проращивали в условиях температурного цикла 24/14 °C (день/ночь). Первые пять суток опытные

¹ <https://brucite.plus/catalog/agromag/>

² ГОСТ Р 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ. 2011; 29.

сосуды выдерживали в темном помещении, в последующие — при тех же температурных условиях с естественным освещением.

Схема опыта представлена в таблице 1. Приведенные концентрации растворяли в подготовленной воде (система очистки воды Milli-Q, Millipore).

Спустя 7 дней опыт завершили и произвели подсчет результатов. Морфометрический учет проводился с помощью сканера и программного обеспечения Digimizer (MedCalc, Бельгия).

Для определения статистически значимых различий между группами растений был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с использованием критерия Стьюдента (t-тест) для независимых вариантов. Разница считалась статистически значимой, если $p \leq 0,05$.

Эксперимент проводился в трехкратной повторности в разное время (цикл — месяц) с сохранением всех условий культивирования для репрезентативности выборки.

Измерение транспирации, ассимиляции и параметров флуоресценции хлорофилла измеряли на газоанализаторе GFS-3000 (Waltz, Eichenring, Effeltrich, Германия) с модулем DUAL-PAM-100 [16]. Измерения проводили в измерительной кювете на листьях при температуре 25 °C и влажности 65% в ламинарном потоке CO₂ — 400 μmol с концентрацией 200 ppm.

Перед измерениями испытуемые растения проходили темновую адаптацию в течение часа. Растения помещали (на 1 час) в полностью темную комнату с поддерживаемой температурой 25 °C и влажностью 60–65%. После адаптации листья растения помещали в кювету GFS-3000 на 15 мин. для обеспечения полной релаксации всех фотоиндуцированных процессов и стабилизации параметров внутри кюветы. Данную процедуру проделывали для растений у всех вариантов опыта.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты морфометрического анализа (рис. 1, 2) показали положительную реакцию культуры на праймирование семян препаратом «АктиМакс». Наибольшее влияние оказало использование 20% от рекомендуемой производителем концентрации.

На рисунке 1 представлен график влияния концентрации удобрения на длину листа. Стимулятор роста «Новосил» в двух концентрациях (100% и 200%) не оказал существенного влияния на изучаемый параметр, что подтверждается рядом исследований [17, 18].

Использование малых концентраций удобрения «АктиМакс» (5%, 10% 15%) несущественно повышало длину листа — на 3–6%. Варианты 100%, 25%, 20% показали увеличение длины листа в среднем на 13%.

Показатели длины корневой системы представлены на рисунке 2. Использование стимулятора роста «Новосил» (в концентрациях 100% и 200%) и «АктиМакс» (в малых концентрациях — 5%, 10%) существенно не повлияло на длину корневой системы.

Увеличение концентраций исследуемого удобрения (15%, 20%, 25%, 100%) позволило наблюдать достоверное уменьшение длины корневой системы на 15%, 17%, 20% и 30% соответственно, что может служить индикатором достаточного питания [19].

Длина coleoptили достоверно не изменилась у всех исследуемых вариантов (табл. 2). Количество корешков достоверно уменьшилось на 30% у варианта с использованием рабочей концентрации (100%). В остальных случаях различия статистически несущественны.

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Experimental scheme

Концентрация, мл/л	Название варианта, %
H ₂ O	
10 мл	Контроль
«АктиМакс»	
13*	100
3,25	25
2,6	20
1,95	15
1,3	10
0,65	5
«Новосил»	
0,3*	100
0,6	200

Примечание: * рабочая концентрация от производителей согласно инструкции.

Рис. 1. Зависимость длины листовой части озимой пшеницы от концентрации удобрения «АктиМакс» и стимулятора роста «Новосил» спустя неделю вегетации (n = 3, X ± SE)
Примечание: * показаны статистически значимые результаты p ≤ 0,05.

Fig. 1. Dependence of the length of the leaf part of winter wheat on the concentration of the fertilizer “Actimax” and the growth stimulant “Novosil” after a week of vegetation (n = 3, X ± SE)
Note: * Statistically significant results p ≤ 0.05 are shown.

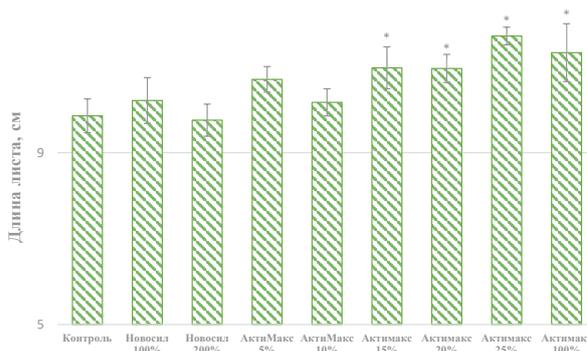
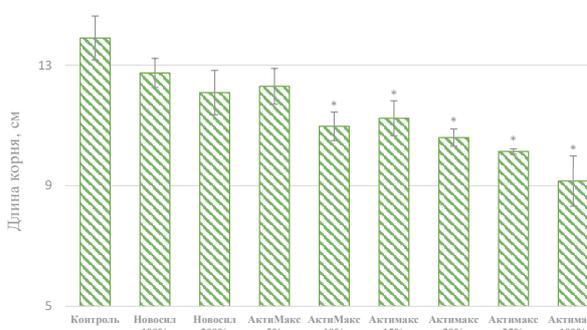


Рис. 2. Зависимость длины корневой части озимой пшеницы от концентрации удобрения «АктиМакс» и стимулятора роста «Новосил» спустя неделю вегетации (n = 3, X ± SE)
Примечание: * показаны статистически значимые результаты p ≤ 0,05.

Fig. 2. Dependence of the length of the root part of winter wheat on the concentration of the fertilizer “Actimax” and the growth stimulant “Novosil” after a week of vegetation (n = 3, X ± SE)
Note: * Statistically significant results p ≤ 0.05 are shown.



Семена используемого сорта «Скипетр» имели начальную всхожесть на уровне 86%. Обработка семян препаратом «АктиМакс» не способствовала повышению всхожести, немного снижая ее (до 80–85%), однако (по результатам t-теста) полученные данные не являются статистически значимыми.

Таблица 2. Результаты исследования влияния различных концентраций препаратов на морфометрические параметры пшеницы (n = 3, X ± SE)

Table 2. Results of the study of the different concentrations effect of preparations on wheat morphometric parameters (n = 3, X ± SE)

Название концентрации	Контроль, %	«Новосил», %			«АктиМакс», %				
	0	100	200	100	25	20	15	10	5
Длина coleoptilia, см	4,3 ± 0,07	4,3 ± 0,1	4,2 ± 0,2	4,3 ± 0,4	4,3 ± 0,4	4,6 ± 0,4	4,4 ± 0,3	4,1 ± 0,1	4,2 ± 0,3
Всхожесть, %	86,6 ± 5	81,3 ± 5,3	76 ± 4,6	85,3 ± 4,8	80 ± 2,3	86,6 ± 4,8	80,0 ± 2,3	84 ± 7,0	81,3 ± 2
Количество корешков, шт.	4,4 ± 0,5	4,1 ± 0,4	3,9 ± 0,4	3,1 ± 0,4	4,0 ± 0,5	4,9 ± 0,5	3,9 ± 0,51	3,8 ± 0,5	3,9 ± 0,7

Рис. 3. А) эффективный квантовый выход ФС I; Б) эффективность нефотохимического тушения флуоресценции; В) эффективный квантовый выход фотохимии ФС II; Г) скорость линейного переноса электрона в фотосистеме II

Примечание: * показаны статистически значимые результаты p ≤ 0.05.

Fig. 3. A) the effective quantum yield of FS I; B) the efficiency of non-photochemical fluorescence quenching; C) the effective quantum yield of photochemistry of FS II; D) the rate of linear electron transfer in photosystem II

Note: * Statistically significant results p ≤ 0.05 are shown.

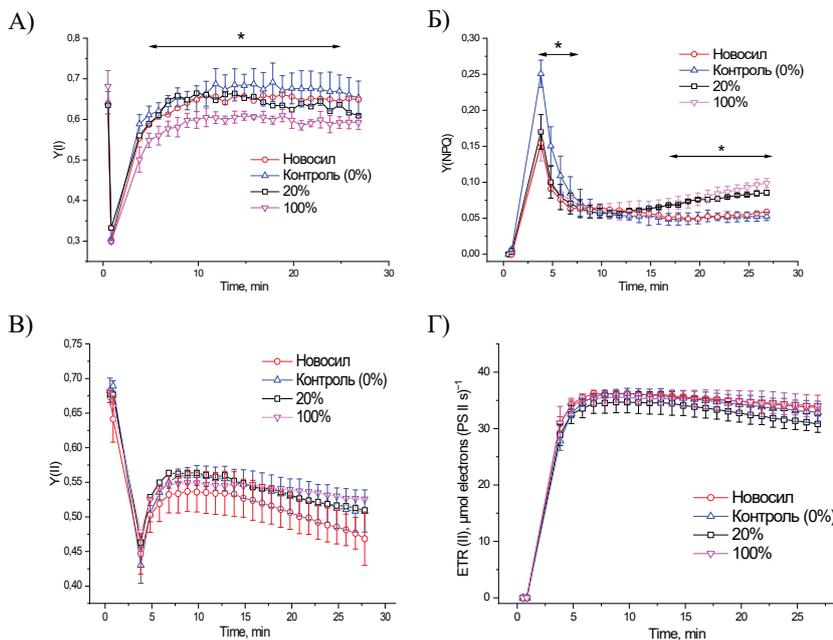


Таблица 3. Результаты измерения газообмена в листьях озимой пшеницы: А — ассимиляция углекислого газа; Е — интенсивность транспирации (n = 3, X ± SE)

Table 3. The results of measuring gas exchange in winter wheat leaves: A — carbon dioxide assimilation; E — transpiration intensity (n = 3, X ± SE)

Показатель	Время	Контроль	«Новосил»	«АктиМакс», 100%	«АктиМакс», 20%
A, μmol m ⁻² s ⁻¹	0 мин.	-1,302 ± 0,040	-0,856 ± 0,005	-0,628 ± 0,004	-0,839 ± 0,042
	20 мин.	1,261 ± 0,008	1,610 ± 0,009	1,615 ± 0,005	1,668 ± 0,012
E, mmol m ⁻² s ⁻¹	0 мин.	0,825 ± 0,001	0,485 ± 0,020	0,583 ± 0,060	0,573 ± 0,011
	20 мин.	2,800 ± 0,060	2,354 ± 0,080	2,441 ± 0,060	2,511 ± 0,071

Увеличение длины первого листа позволило продолжить исследование в направлении возможного повышения активности фотосинтетического аппарата, так как в составе удобрения содержится Mg, а при его добавлении происходит повышение содержания хлорофилла и эффективности фотосинтеза [20].

В дальнейших обсуждениях будут использованы 4 варианта, имеющие значимые отклонения от контрольного варианта опыта: эталон — «Новосил», H₂O — контроль, 100% — рабочая концентрация удобрения, 20% от рабочей концентрации.

Использование РАМ-флюориметрии позволяет оценить некоторые процессы, протекающие в фотосинтетическом аппарате. В данном исследовании измерялась часть параметров, позволяющих подтвердить повышение или понижение продуктивности фотосинтеза (рис. 3).

Максимальный фотохимический квантовый выход фотосистемы II (ФС II) адаптированных к темноте листьев (Fv/Fm) у всех вариантов опыта составлял 0,64, что является достаточно низким значением и указывает на недоразвитость фотосинтетического аппарата. Возможным объяснением этому результату могут служить долгое нахождение растений в темном боксе и малое время нахождения при световом дне, что послужило низкому синтезу компонентов ФС.

Эффективный квантовый выход ФС II (Y(II), ФС I (Y(I) и скорость электронов на транспортной цепи на Y(II) (Electron Transport Rate, ETR II) снижены и не имеют статистических различий между вариантами. Однако квантовый выход фотоиндуцированного нефотохимического тушения флуоресценции (Y(NPQ), направленный на защиту фотосинтетического аппарата от света высокой интенсивности, между вариантами различен. Контроль показал лучший результат защитной реакции на воздействие интенсивным светом в моменте (до 5 мин.), но при долгом воздействии света (от 15 мин.) обработка удобрением показала значимый положительный результат.

По результатам исследования фотосистем проростков пшеницы было установлено, что на эффективность фотосинтеза большого значимого эффекта использованные в опыте препараты не оказали. Однако за счет улучшений в работе

комплекса, отвечающего за нефотохимическое тушение, повышается устойчивость к высокой интенсивности света.

Измерения газообмена в листьях пшеницы проводили на растениях, адаптированных в темноте в течение часа (λ = 625 нм, 200 μmol фотонов m⁻²c⁻¹), в течение 20 мин. Цель — выявить интенсивность поглощения CO₂ (A) и интенсивность транспирации (E). Результаты представлены в таблице 3.

Выбирались две точки для учета параметров — в первую минуту включения света (0 мин.) и спустя время адаптации к свету в течение 20 мин.

Интенсивность ассимиляции углекислого газа в листьях пшеницы в вариантах с обработкой удобрениями достоверно выше, чем в контроле. Как в начале, так и в конце измерения.

Вариант с использованием рабочей концентрации «АктиМакс» (100%) показал наибольший результат ($-0,62 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), что в два раза выше, чем в контрольном варианте. Это говорит об ослаблении интенсивности дыхания в темновой фазе (0 мин.). В световой фазе (20 мин.) интенсивность ассимиляции CO_2 в вариантах с добавлением удобрения достоверно увеличивается (на 30–35%) по сравнению с контролем.

Интенсивность транспирации у контрольных растений составляет $0,825 \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, что на 80% выше, чем в других вариантах опыта в начале измерений (0 мин.). По прошествии 20 мин. интенсивность транспирации контрольного варианта опыта становится выше на 20–25%, что коррелирует с интенсивностью обмена CO_2 .

Выводы/Conclusions

В ходе анализа результатов эксперимента выявлено, что исследуемое магниесодержащее удобрение при

использовании его методом праймирования улучшает ростовые показатели проростков озимой пшеницы в среднем на 15–20% по сравнению с контрольным вариантом без обработки. Удобрение при использовании средних концентраций ($20 \pm 5\%$ от рабочей) оказывает положительное влияние на развитие озимой пшеницы.

Достоверно показано, что при использовании исследуемого удобрения методом праймирования в рабочей концентрации (100%) и в концентрации 20% виден существенный положительный эффект на увеличение длины листа, развитие фотосистемы и размер корневой системы.

Исследование фотосинтетического аппарата показало, что использование удобрения позволяет незначительно уменьшить фотоингибирование, дополнительно оказывая положительное влияние на газообмен в листьях, усиливая дневную ассимиляцию углекислого газа на 20–25%.

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

- Ahmed N. *et al.* The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*. 2023; 14: 1285512. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1285512>
- Alnaass N.S., Agil H.K., Ibrahim H.K. Use of fertilizers or importance of fertilizers in agriculture. *International Journal of Advanced Academic Studies*. 2021; 3(2-A): 52–57. <https://doi.org/10.33545/27068919.2021.v3.i2a.770>
- Potarzycki J., Grzebisz W., Szczepaniak W. Magnesium Fertilization Increases Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants*. 2022; 11(19): 2600. <https://doi.org/10.3390/plants11192600>
- Semenova N.A., Burmistrov D.E., Shumeyko S.A., Gudkov S.V. Fertilizers Based on Nanoparticles as Sources of Macro- and Microelements for Plant Crop Growth: A Review. *Agronomy*. 2024; 14(8): 1646. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081646>
- Неверов А.А. Стимулирующий эффект сульфата магния на стадии прорастания семян сельскохозяйственных культур. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021; (1): 74–78. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-87-1-74-78>
- Прокина Л.В., Пугаев С.П. Использование макро- и микроудобрений в посевах ячменя в полевом севообороте на черноземе выщелоченном. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023; 24(3): 440–447. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447>
- Khalid U. *et al.* Comparative effects of conventional and nano-enabled fertilizers on morphological and physiological attributes of *Caesalpinia bonducella* plants. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2022; 21(1): 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.011>
- Salas-Leiva J.S., Luna-Velasco A., Salas-Leiva D.E. Use of magnesium nanomaterials in plants and crop pathogens. *Journal of Nanoparticle Research*. 2021; 23: 267. <https://doi.org/10.1007/s11051-021-05337-8>
- Аканова Н.И., Козлова А.В., Мухина М.Т. Роль магния в системе питания растений. *Агрохимический вестник*. 2021; (6): 66–72. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-6-014>
- Пшеничная Е.А. Технология возделывания пшеницы с применением стимулятора роста на примере ООО «Силач». *Вестник Ошского государственного университета*. 2021; (1–2): 408–413. https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_408
- Аканова Н.И., Аканов Э.Н., Козлова А.В. Эффективность магниесодержащих удобрений на продуктивность яровой пшеницы. *Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса юга России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)*. Майкоп. 2020; 204–209. <https://www.elibrary.ru/yvixnv>
- Choudhary S.K. *et al.* Seed Priming with $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ and ZnSO_4 Salts Triggers the Germination and Growth Attributes Synergistically in Wheat Varieties. *Agronomy*. 2021; 11(11): 2110. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112110>
- Srivastava A.K., Siddique A., Sharma M.K., Bose B. Seed Priming with Salts of Nitrate Enhances Nitrogen use Efficiency in Rice. *Vegetos*. 2017; 30(4): 99–104. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00199.9>
- Izvekov S. *et al.* Research on nature-like and high-tech means to enhance winter wheat growth and development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 02045. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346202045>

REFERENCES

- Ahmed N. *et al.* The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*. 2023; 14: 1285512. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1285512>
- Alnaass N.S., Agil H.K., Ibrahim H.K. Use of fertilizers or importance of fertilizers in agriculture. *International Journal of Advanced Academic Studies*. 2021; 3(2-A): 52–57. <https://doi.org/10.33545/27068919.2021.v3.i2a.770>
- Potarzycki J., Grzebisz W., Szczepaniak W. Magnesium Fertilization Increases Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plants*. 2022; 11(19): 2600. <https://doi.org/10.3390/plants11192600>
- Semenova N.A., Burmistrov D.E., Shumeyko S.A., Gudkov S.V. Fertilizers Based on Nanoparticles as Sources of Macro- and Microelements for Plant Crop Growth: A Review. *Agronomy*. 2024; 14(8): 1646. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081646>
- Neverov A.A. The stimulating effect of magnesium sulfate at the stage of seed germination of agricultural crops. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; (1): 74–78 (in Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-87-1-74-78>
- Prokina L.N., Pugaev S.V. The use of macro and micro fertilizers in barley crops in field crop rotation on leached chernozem. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24(3): 440–447 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.3.440-447>
- Khalid U. *et al.* Comparative effects of conventional and nano-enabled fertilizers on morphological and physiological attributes of *Caesalpinia bonducella* plants. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2022; 21(1): 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.011>
- Salas-Leiva J.S., Luna-Velasco A., Salas-Leiva D.E. Use of magnesium nanomaterials in plants and crop pathogens. *Journal of Nanoparticle Research*. 2021; 23: 267. <https://doi.org/10.1007/s11051-021-05337-8>
- Akanova N.I., Kozlova A.V., Mukhina M.T. Magnesium role in plant nutrition system. *Agrochemical Herald*. 2021; (6): 66–72 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-6-014>
- Pshenichnaya E.A. Technology of wheat cultivation with the use of a growth stimulator on the example of LLC "Silach". *Bulletin of Osh State University*. 2021; (1–2): 408–413 (in Russian). https://doi.org/10.52754/16947452_2021_1_2_408
- Akanova N.I., Akanov E.N., Kozlova A.V. Efficiency of magnesium-containing fertilizers on the productivity of spring wheat. *State and development prospects of the agro-industrial complex of the South of Russia. Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation)*. Maykop. 2020; 204–209 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yvixnv>
- Choudhary S.K. *et al.* Seed Priming with $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ and ZnSO_4 Salts Triggers the Germination and Growth Attributes Synergistically in Wheat Varieties. *Agronomy*. 2021; 11(11): 2110. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112110>
- Srivastava A.K., Siddique A., Sharma M.K., Bose B. Seed Priming with Salts of Nitrate Enhances Nitrogen use Efficiency in Rice. *Vegetos*. 2017; 30(4): 99–104. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00199.9>
- Izvekov S. *et al.* Research on nature-like and high-tech means to enhance winter wheat growth and development. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 02045. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346202045>

15. Zakharov D. *et al.* Research into the influence of organic and inorganic compounds on the development of winter wheat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 02042.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346202042>

16. Paskhin M.O. *et al.* Ruby Nanoparticles for Greenhouse Farming: Synthesis, Features and Application. *Journal of Composites Science*. 2024; 8(1): 7.

<https://doi.org/10.3390/jcs8010007>

17. Кошеляев В.В., Кошеляева И.П., Кудин С.М. Селекционно-семеноводческие аспекты защиты агрофитоценозов пшеницы и ячменя в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Монография. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. 2018; 248.

ISBN 978-5-94338-932-0

<https://www.elibrary.ru/yinnvr>

18. Князева Т.В. Регуляторы роста растений в Краснодарском крае. Монография. Краснодар: ЭДВИ. 2013; 128.

ISBN 978-5-901957-94-3

19. Шилова И.И. Корневые системы многолетних злаковых растений в условиях шламowego отвала Уральского алюминиевого завода. *Растения и промышленная среда*. Свердловск: УрГУ. 1970; 2: 129–152.

20. Pathak A., Kaur R., Thakur N. Germination studies and biochemical profile in seeds of wheat exposed to magnesium nanoparticles. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*. 2021; 12(12): 6638–6641.

[https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12\(12\).6638-41](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(12).6638-41)

15. Zakharov D. *et al.* Research into the influence of organic and inorganic compounds on the development of winter wheat. *E3S Web of Conferences*. 2023; 462: 02042.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346202042>

16. Paskhin M.O. *et al.* Ruby Nanoparticles for Greenhouse Farming: Synthesis, Features and Application. *Journal of Composites Science*. 2024; 8(1): 7.

<https://doi.org/10.3390/jcs8010007>

17. Koshelyayev V.V., Koshelyaeva I.P., Kudin S.M. Breeding and seed production aspects of protecting wheat and barley agrophytocenoses in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. Monograph. Penza: Penza State Agrarian University. 2018; 248 (in Russian).

ISBN 978-5-94338-932-0

<https://www.elibrary.ru/yinnvr>

18. Knyazeva T.V. Plant growth regulators in Krasnodar Krai. Monograph. Krasnodar: EDVI. 2013; 128 (in Russian).

ISBN 978-5-901957-94-3

19. Shilova I.I. Root systems of perennial cereal plants in the conditions of the sludge dump of the Ural Aluminum Plant. *Plants and industrial environment*. Sverdlovsk: Ural State University. 1970; 2: 129–152 (in Russian).

20. Pathak A., Kaur R., Thakur N. Germination studies and biochemical profile in seeds of wheat exposed to magnesium nanoparticles. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research*. 2021; 12(12): 6638–6641.

[https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12\(12\).6638-41](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.12(12).6638-41)

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Алексеевич Захаров

младший научный сотрудник

zaharov121221@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-7584-0295>

Евгения Вячеславовна Степанова

кандидат физико-математических наук

jacky-st@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3508-8642>

Илья Алексеевич Иваночкин

младший научный сотрудник

ivanochkin_2005@mail.ru

Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук,

ул. им. Вавилова, 38, Москва, 119991, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry Alekseevich Zakharov

Junior Research Assistant

zaharov121221@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-7584-0295>

Evgeniya Vyacheslavovna Stepanova

Candidate of Physical and Mathematical Sciences

jacky-st@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3508-8642>

Ilya Alekseevich Ivanochkin

Junior Researcher

ivanochkin_2005@mail.ru

Prokhorov General Physics Institute,

38 Vavilov Str., Moscow, 119991, Russia



Достойное вознаграждение за привлеченную рекламу от ИД «Аграрная наука»

Вы



общительны и активны

владеете связями в сфере АПК

есть время и желание

хотите заработать

Мы гарантируем



интересную работу по привлечению
рекламы в проекты ИД



свободный, удобный график



официальное оформление



щедрый % за принесенную вами
рекламу

Звоните +7 (916) 616-05-31

Реклама

АГРОНОМИЯ

А. Серикбайкызы¹ ✉Ш.С. Рсалиев²С.К. Темирбекова³

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан

²Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства, с. Алмалыбак, Алматинская обл., Казахстан

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, пос. Большие Вязёмы, Московская обл., Россия

✉ akerke.serikbaikyzy@bk.ru

Поступила в редакцию: 20.05.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Серикбайкызы А., Рсалиев Ш.С., Темирбекова С.К.

Research article


 creative commons
Open access
Akerke Serikbaykyzy¹ ✉Shainbolat S. Rsaliev²Sulukhan K. Temirbekova³

¹Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, village Almalybak, Almaty region, Kazakhstan

³All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology, village Bolshye Vyazemy, Moscow Region, Russia

✉ akerke.serikbaikyzy@bk.ru

Received by the editorial office: 20.05.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Serikbaykyzy A., Rsaliev Sh.S., Temirbekova S.K.

Устойчивость сортов яровой твердой пшеницы к стеблевой ржавчине на фоне естественной инфекции

РЕЗЮМЕ

В научном исследовании представлены результаты возделывания яровой твердой пшеницы в мире, основные сорта этой культуры на юго-востоке Казахстана, развитие стеблевой ржавчины на сортах твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.), данные по устойчивости сортов в зерносеющих регионах республики. Полевые опыты были заложены в условиях предгорной зоны Алматинской области в 2022 году. Объектом исследований служили 15 сортов яровой твердой пшеницы различного происхождения: Гордейформе 254, Наурыз 2, Наурыз 6, Сеймур 17, Милана, Салауат, Жакут 20 (Казахский НИИ земледелия и растениеводства), Алтын дала, Асангали 20, Шарифа (Карабалыкская СХОС), Дамсинская юбилейная (НПЦЗХ им. А.И. Бараева), Безенчукская 182, Каныш (Россия), Berillo (Италия), Kamillaroi (Австралия).

В естественных условиях проявление стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis f. sp. tritici*) на сортах яровой твердой пшеницы было поздним, в фазе цветения и налива зерна растений. В опыте многие сорта казахстанской и зарубежной селекции показали умеренную устойчивость и восприимчивость к болезни. У сортов Салауат и Жакут 20 первоначальное и последующее развитие болезни не превышало 20%, что является признаком медленного развития ржавчины (Slow rusting). При сильном поражении сорта Наурыз 2 (60%) средневосприимчивыми были Гордейформе 254, Милана, Наурыз 6, Дамсинская юбилейная, Алтын дала, Асангали 20, Berillo и Kamillaroi. Сорта Сеймур 17, Шарифа и Каныш показали умеренную устойчивость к стеблевой ржавчине.

Ключевые слова: твердая пшеница, сорт, стеблевая ржавчина, устойчивость к болезням, восприимчивость, патоген, погодные условия

Для цитирования: Серикбайкызы А., Рсалиев Ш.С., Темирбекова С.К. Устойчивость сортов яровой твердой пшеницы к стеблевой ржавчине на фоне естественной инфекции. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 128–133.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-128-133>

Resistance of spring durum wheat varieties to stem rust on the background of natural infection

ABSTRACT

The scientific study presents the results and indicators of the cultivation of spring durum wheat in the world, the main varieties of spring durum wheat in the south-east of Kazakhstan, the development of stem rust on durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.), data on the stability of varieties in grain-bearing regions of the republic. Field experiments were conducted in the conditions of the foothill zone of the Almaty region in 2022. The object of research was 15 varieties of spring durum wheat of various origins: Gordeiforme 254, Nauryz 2, Nauryz 6, Seymour 17, Milana, Salauat, Zhakut 20 (Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing), Altyn dala, Asangali 20, Sharifa (Karabalyk Agricultural Station), Damsinskaya jubileinaya (A.I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming), Bezenchukskaya 182, Kanysh (Russia), Berillo (Italy), Kamillaroi (Australia).

Under natural conditions, the manifestation of stem rust (*Puccinia graminis f. sp. tritici*) on spring durum wheat varieties was late, in the phase of flowering and filling of plant grains. In the experience, many varieties of Kazakh and foreign breeding have shown moderate resistance and susceptibility to the disease. In the varieties Salauat and Zhakut 20, the initial and subsequent development of the disease did not exceed 20%, which is a sign of Slow rust development. With a strong lesion of the Nauryz 2 variety (60%), Gordeyforme 254, Milana, Nauryz 6, Damsinskaya jubileinaya, Altyn Dala, Asangali 20, Berillo and Kamillaroi were moderately susceptible. The Seymour 17, Sharifa and Kanysh varieties showed moderate resistance to stem rust.

Key words: durum wheat, variety, stem rust, disease resistance, susceptibility, pathogen, weather conditions

For citation: Serikbaykyzy A., Rsaliev Sh.S., Temirbekova S.K. Resistance of spring durum wheat varieties to stem rust on the background of natural infection. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 128–133 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-128-133>

Введение/Introduction

Пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.) — продовольственная культура, второй по распространению вид пшеницы в мире. Зерно твердой пшеницы используется для производства лучших сортов макаронных изделий, манной крупы [1–4].

По данным Международного совета по зерну (International Grains Council, IGC), в данный момент посевные площади, занимаемые твердой пшеницей в мире, варьируют в пределах 12–17 млн га при средней урожайности 3,8 т/га и мировом производстве 37–40 млн т зерна в год, то есть 5% от общего производства пшеницы¹, проводятся научные исследования на расширение ареала возделывания твердых сортов пшеницы [5, 6].

Основными мировыми производителями твердой пшеницы являются страны Северной Америки (Канада — 5,0–7,8 млн т, США — 1,5–2,8 млн т, Мексика — 2,0 млн т), Европейского союза (8,5–9,8 млн т, в том числе Италия — 4 млн т), Турция (4,0 млн т), страны Северной Африки (Марокко — 2,0 млн т, Алжир — 2,0 млн т, Тунис — 1,0 млн т), Казахстан (2,2 млн т) [7].

В Казахстане твердая пшеница является одной из основных зерновых культур, посевные площади которой составляют 350–600 тыс. га (5–6% от общей площади посева яровой пшеницы). В 2020 году данная культура посеяна на площади 378 тыс. га, а производство оценивалось на уровне 472 тыс. т². Основные зоны возделывания твердой пшеницы (80%) в соответствии с подходящими природно-климатическими условиями размещены в Северном Казахстане — Костанайской, Акмолинской и Северо-Казахстанской областях [8]. Она возделывается и в Алматинской, Актыбинской, Жамбылской и Карагандинской областях.

Несмотря на наличие условий возделывания твердой пшеницы в республике производство зерна твердых сортов пока не растет. Причиной этому является невысокая урожайность возделываемых сортов. В настоящее время из-за нехватки высококачественного зерна твердой пшеницы в Казахстане около 80% макаронных изделий получают из сортов мягкой пшеницы.

Зерносеющие регионы Казахстана нуждаются в экологически приспособленных сортах яровой твердой пшеницы — стабильно продуктивных по годам, имеющих хорошие и отличные технологические качества зерна, муки и макарон, устойчивых к основным патогенам пшеницы³.

На посевах твердой пшеницы ежегодно появляются различные грибные заболевания, включая виды ржавчины. И хотя твердая пшеница в целом считается более устойчивой к ржавчине, чем другие виды, в природе образуются новые вирулентные расы патогена, снижающие урожайность этой культуры. Например, в Мексике средние потери урожая восприимчивых генотипов составили 51–71%, тогда как у устойчивых сортов снижение урожая было в пределах 5–11% в зависимости от срока посева [9–11].

По данным Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в Алматинской области допущены сорта яровой твердой пшеницы Гордеиформе 254, Наурыз 6, Сеймур 17, в Жамбылской

области — Наурыз 2, Сеймур 17, в Кызылординской и Туркестанской областях — Наурыз 2, Сеймур 17.

В 2015–2017 гг. в питомниках 16-18 КАСИБ (Казахстанско-Сибирская сеть по улучшению яровой пшеницы) проведено изучение сортов и линии твердой пшеницы в различных экологических пунктах Казахстана и России. В опытах от КазНИИЗиР были изучены линии Гордеиформе 18567-6, Гордеиформе 18585-2, Линия 19003, Линия 19029. По результатам изучения питомников 16-17 и 18 КАСИБ выявлены генотипы как для широкого ареала возделывания (третий кластер), так и имеющие локальное значение (первый кластер). Линия КазНИИЗиР Гордеиформе 18585-2 отнесена к сортам широкого ареала и рекомендована к использованию в селекции в качестве исходного материала [12].

В последние годы в Казахстане и России наряду с традиционными болезнями твердой пшеницы (листовая ржавчина, септориоз, твердая головня и др.) наблюдается развитие стеблевой ржавчины⁴. В регионе существует опасность проникновения вредоносной расы стеблевой ржавчины Ug99 из стран Центральной Азии [13–15].

По данным Евдокимова и др. [16] казахстанские сорта и линии твердой пшеницы Сеймур 17 (КазНИИЗиР), Лавина, Гордеиформе 69-08-2, Гордеиформе 178-05-2 (НПЦЗХ им. А.И. Бараева), Каргала 1514, Р-1409 (Актыбинская СХОС, Казахстан), Гордеиформе 2383, Гордеиформе 1790 (Карабалыкская СХОС, Казахстан) обладают устойчивостью к расе Ug99 стеблевой ржавчины.

Таким образом, в настоящее время в связи с распространением стеблевой ржавчины в мире изучение и отбор болезнестойчивых сортов являются основными задачами при селекции яровой твердой пшеницы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Материалом исследований были 15 сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) различного географического происхождения, в том числе 11 сортов казахстанской селекции⁵ и 4 сорта зарубежной селекции (табл. 1).

Полевые опыты по изучению сортов и селекционных линий яровой твердой пшеницы проведены на экспериментальном опытном участке КазНИИЗиР в условиях предгорной зоны Алматинской области в 2022 году.

Почвы стационара — светло-каштановые суглинки. Содержание гумуса в пахотном слое достигает 1,9–2,0%. Семена пшеницы высеяны сеялкой Wintersteiger (Австрия) по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур⁶ в 3-кратной повторности с площадью делянки 20 кв. м.

В полевых условиях с целью создания благоприятных условий для развития и распространения стеблевой ржавчины (возбудитель *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) посевы яровой твердой пшеницы были расположены рядом с восприимчивым сортом озимой мягкой пшеницы Богарная 56. Благоприятные погодные условия способствовали развитию болезни.

Проводились оценка поражения растений стеблевой ржавчиной, степень распространения болезни и устойчивости сортов к патогену. Оценка уровня поражения

¹ International Grains Council (IGC). Available from: <http://www.igc.int/ru/about/aboutus.aspx>

² Зерновые и масличные. Казахстан. Нацстат: Производство дурума в Казахстане откатилось к 2016 году. <https://margin.kz/>

³ Твердая пшеница: югу, востоку и западу. <https://agroinfo.kz/> АгроИнфо. Информационное агентство.

⁴ Чудинов В.А., Рсалиев А.С., Абуғалиева А.И. Инновационный подход в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к болезням. Исследования, результаты. 2019; (4): 240–247.

⁵ Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан. Нур-Султан. 2022; 128.

⁶ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва. 1989; 2: 250.

Таблица 1. Характеристика использованных сортов яровой твердой пшеницы
Table 1. Characteristics of the used varieties of spring durum wheat

Название сорта	Происхождение	Родословная	Год допуска в РК	Области допуска в РК
Гордейформе 254	Казахстан, КазНИИЗиР	Геркулес, Канада / 43106, Чили	2003	Алматинская
Милана	Казахстан, КазНИИЗиР	Оренбургская 10 / Одесская 116	2016	Восточно-Казахстанская
Наурыз 2	Казахстан, КазНИИЗиР	(44421, США / Харьковская 51) // 45406, Канада	1998	Жамбылская, Кызылординская, Туркестанская
Наурыз 6	Казахстан, КазНИИЗиР	Оренбургская 10 / Харьковская 46	2006	Алматинская
Сеймур 17	Казахстан, КазНИИЗиР	Алтайская Нива / Гордейформе 254	2020	Алматинская, Жамбылская, Туркестанская
Салауат	Казахстан, КазНИИЗиР	Леукурум 692 / Оренбургская 10	–	Государственное сортоиспытание
Жакут 20	Казахстан, КазНИИЗиР	Каргала / Наурыз 2-8	–	Государственное сортоиспытание
Шарифа	Казахстан, Карабалык. СХОС	Гордейформе 218 / Кустанайская 1	2018	Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская
Дамсинская юбилейная	Казахстан, НПЦ ЗХ	Socorit 71с / Саратовская 29	2017	Акмолинская, Северо-Казахстанская
Алтын-дала	Казахстан, Карабалык. СХОС	Харьковская 21 x Саратовская золотистая	2010	Костанайская, Северо-Казахстанская
Асангали 20	Казахстан, Карабалык. СХОС	Молодежная x Мироновская 808	2015	Восточно-Казахстанская, Костанайская
Безенчукская 182	Россия, Самарский НИИСХ	[F8 (Хар. 46 / Без. 105) / F8 (Хар. 46 / Без. 105)]	2004	Костанайская
Verillo	Италия	–	–	–
Камилларио	Австралия	Durati/Leeds	–	–
Каныш	Россия, тургидная пшеница	Отбор из коллекционного образца Farra (ФРГ)	–	–

растений проводилась по модифицированной шкале Кобба [17] с градацией 5%, 10%, 20%, 40%, 60% ... 100%. Устойчивость сортов пшеницы оценена согласно шкале СИММИТ⁷, при этом 0 — заболевание отсутствует, R — устойчивость (вместе пеструл образуются четко выраженные хлорозные пятна, пораженность листьев до 5–10%), MR — средняя устойчивость (пустулы очень мелкие, окружены хлоротичной зоной, пораженность листьев не более 10–30%), MS — средняя восприимчивость (пустулы мелкие, пораженность листьев до 40–50%), S — восприимчивость (пустулы крупные, пораженность листьев до 75–100%).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

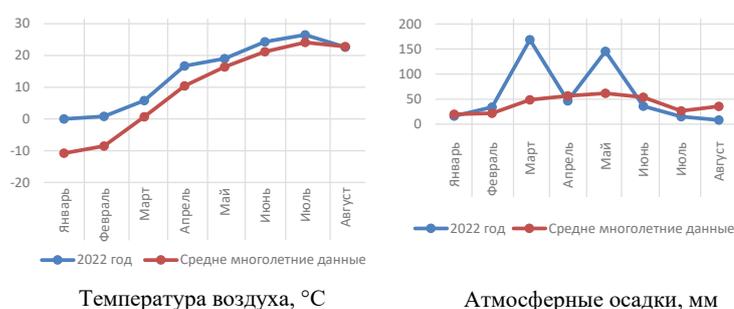
В 2021 году аномальная засуха привела к депрессии болезней на посевах зерновых культур и на злаковых растениях. В результате источники инфекции не сохранились ни на культурных посевах, ни на растениях-резерваторах — диких злаках.

Однако в 2022 году благодаря влажной весне болезни зерновых культур развивались в естественных условиях, несмотря на отсутствие источников инфекции. Можно заключить, что позднему появлению в регионе стеблевой ржавчины и других болезней на сортах озимой и яровой пшеницы способствовала заносная инфекция из южных регионов Центральной Азии.

По данным метеостанции КазНИИЗиР (Алматы-бак, Казахстан), в 2022 году на юго-востоке Казахстана погодные условия отличались от многолетних данных: за май, июнь и июль выпали 196,6 мм осадков при среднемноголетней норме 142,1 мм. Наибольшее количество дождя было в мае (145,4 мм) при норме 61,6 мм. Средняя летняя температура воздуха была выше среднемноголетней (23,27 °C) при норме 20,57 °C (рис. 1).

Метеорологические условия способствовали развитию болезней, вредителей и сорных растений. Так, в посевах яровой пшеницы отмечено сильное развитие стеблевой ржавчины (*Puccinia graminis f. sp. tritici*). Это самая опасная болезнь пшеницы, снижающая

Рис. 1. Метеоданные в Алматинской области в 2022 году
Fig. 1. Meteorological data in the Almaty region in 2022



урожайность зерна до 50% и более. Первоначальные признаки болезни были отмечены на восприимчивом сорте твердой пшеницы Наурыз 2 в начале июня. Однако в это время отсутствие высоких температур (выше 25 °C) не позволило развитию инфекции, несмотря на достаточный уровень влажности на посевах. В конце июня в связи с наступлением жарких дней инфекция перешла на другие сорта яровой твердой пшеницы.

У сортов Салауат и Жакут 20 первоначальное и последующее развитие болезни было 20%, что является признаком медленного развития ржавчины (*Slow rusting*). Данное свойство в настоящее время является более предпочтительным, так как современные сорта и линии с медленным развитием ржавчины обладают низкими потерями урожая, несмотря на умеренное развитие инфекции (табл. 2).

По данным таблицы 2, на сортах Гордейформе 254 и Наурыз 6 в фазе цветения и налива зерна растений отмечено умеренное развитие стеблевой ржавчины в пределах 30–40%, у сорта Наурыз 2 было сильное развитие инфекции до 60%.

Полученные результаты согласуются с данными Юсова и др. [18] о том, что казахстанский сорт твердой пшеницы Сеймур 17 отличается устойчивостью к стеблевой ржавчине (рис. 2).

Созданные в Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции сорта яровой твердой пшеницы

⁷ Roelfs A.P., Singh R.P., Saari E.E. Rust Diseases of Wheat: Concepts and methods of disease management. Mexico, D.F.: CIMMYT. 1992; 81.

Таблица 2. Степень и тип поражения стеблевой ржавчины на сортах яровой твердой пшеницы

Table 2. Degree and type of stem rust damage on spring durum wheat varieties

Название сорта	Степень развития (%) и тип поражения болезнью					
	1-учет			2-учет		
	Устойчивые (0–10)	Средневосприимчивые (25–40)	Восприимчивые (60–100)	Устойчивые (0–10)	Средневосприимчивые (25–40)	Восприимчивые (60–100)
Гордеиформе 254	–	20 MS-S	–	–	30–40 S	–
Милана	–	25 MS	–	–	30 MS	–
Наурыз 2	–	40 S	–	–	–	60 S
Наурыз 6	–	30 MS-S	–	–	40 S	–
Сеймур 17	–	15 MR	–	–	20 MR	–
Салауат	–	20 MR	–	–	20 MR	–
Жакут 20	–	20 MR	–	–	20 MR	–
Шарифа	10 MR	–	–	–	20 MR	–
Дамсинская юбилейная	–	20 MS	–	–	30 MS	–
Алтын дала	–	20 MS	–	–	30 MS	–
Асангали 20	–	20 MS	–	–	30 MS	–
Безенчукская 182	–	20 MS	–	–	25 MS	–
Verillo	–	20 MS	–	–	30 MS	–
Kamillaroi	–	20 MS	–	–	30 MS	–
Каныш	10 MR	–	–	–	20 MR	–

Рис. 2. Развитие стеблевой ржавчины на сортах яровой твердой пшеницы в 2022 году. Фото автора

Fig. 2. Development of stem rust on spring durum wheat varieties in 2022. Photo by the author



Наурыз 2



Сеймур 17

Алтын дала и Асангали 20 характеризуются поражением стеблевой ржавчиной на 20–30% и средней урожайностью в пределах 28,1 ц/га и 21,3 ц/га соответственно⁸.

Для селекции повышенный интерес представляет сорт яровой тургидной пшеницы Каныш [19, 20], названный в честь Каныша Сатпаева и Каныша Кудайбердиулы. Данный сорт защищен патентом Российской Федерации на селекционное достижение. Авторами сорта являются С.К. Темирбекова, И.М. Куликов, Ю.В. Афанасьева, Н.В. Давыдова, М.Ш. Бегеулов, И.И. Сардарова.

В данных исследованиях сорт Каныш проявил умеренную устойчивость (MR) — от 10 до 20% к стеблевой ржавчине.

⁸ Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. ФАО-Анкара. 2016; 16–19.

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.

Новый сорт твердой пшеницы Шарифа обладает умеренной устойчивостью к стеблевой ржавчине. Данный сорт создан в Карабалыкской сельскохозяйственной опытной станции методом индивидуального отбора из F5 гибридной комбинации «Гордеиформе 218 — Костанайская 1». Разновидность — гордеиформе. Сорт среднеспелый, вегетационный период — 84 дня. Устойчив к засухе и полеганию. Сорт устойчив к грибным болезням яровой пшеницы в регионе. Максимальная урожайность зерна по пару — 33,8 ц/га. Имеет высокие технологические качества зерна и макарон, стекловидность зерна — 81,7%, содержание сырой клейковины — 29,4%. Сорт допущен в производство с 2018 года по Акмолинской, Костанайской и Северо-Казахстанской областям.

Определена урожайность сортов яровой твердой пшеницы, созданных в КазНИИЗиР. Средняя урожайность зерна изучаемых сортов составила 25,52 ц/га. Высокий урожай зерна отмечен у среднеустойчивых сортов Салауат (40,00 ц/га), Наурыз 6 (36,67 ц/га) и Гордеиформе 254 (30,56 ц/га). Сильное развитие стеблевой ржавчины на сорте Наурыз 2 привело к снижению урожая до 12,41 ц/га.

Выводы/Conclusions

Таким образом, в условиях естественного развития стеблевой ржавчины многие сорта яровой твердой пшеницы казахстанской и зарубежной селекции показали различные реакции на проявление болезни.

Умеренное развитие инфекции (в пределах 30–40%) отмечено на сортах Гордеиформе 254 и Наурыз 6, сильное развитие (60%) было у сорта Наурыз 2. У сортов Салауат и Жакут 20 первоначальное и последующее развитие болезни было 20%, что является признаком медленного развития ржавчины (Slow rusting).

Казахстанские сорта твердой пшеницы Сеймур 17, Шарифа и российский сорт Каныш показали умеренную устойчивость к стеблевой ржавчине. Указанные сорта, обладающие другими хозяйственно ценными признаками, могут сдерживать развитие болезни в регионе.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19677043).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zaim M. *et al.* Wide crosses of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) reveal good disease resistance, yield stability, and industrial quality across Mediterranean sites. *Field Crops Research*. 2017; 214: 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.007>
- Zhiganova E., Sadigova M., Smirnova K. New promising varieties of spring hard wheat as the best raw material for pasta production. *BIO web of conferences. Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov*. Saratov. 2022; 43: 31. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301031>
- Aprakhimov D. *et al.* Composite flour pasta processing technology and its nutritive value. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9–1): 67–71. <https://www.elibrary.ru/xevivhu>
- Aprakhimov D. *et al.* Study of nutritional value of macaroni pasta from composite flour. *Alkhas*. 2023; <https://doi.org/10.47176/alkhass.5.2.1>
- Ложкин А.Г., Васильев О.А., Дмитриев В.Л., Каюкова О.В., Яковлева М.И. Особенности формирования урожайности и качества пшеницы твердой яровой в условиях Чувашской Республики. *Аграрная наука*. 2024; (2): 87–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-87-91>
- Фризен Ю.В., Некрасова Е.В., Гайвас А.А. Влияние отдельных элементов агротехнологии на продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области. *Аграрная наука*. 2024; (2): 81–86. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-81-86>
- Гончаров С.В., Курашов М.Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018; (2): 66–75. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.66>
- Жилкайдоров А.Н. Совершенствование технологии макаронных изделий из перспективных отечественных сортов пшеницы *Triticum durum* и *Triticum aestivum*. Автореферат диссертации на присуждение степени доктора философии (PhD) по направлению науки «Технология пищевой промышленности». Алматы. 2017; 14.
- Herrera-Foessel S.A., Singh R.P., Huerta-Espino J., Crossa J., Yuen J., Djurle A. Effect of Leaf Rust on Grain Yield and Yield Traits of Durum Wheats with Race-Specific and Slow-Rusting Resistance to Leaf Rust. *Plant Disease*. 2006; 90(8): 1065–1072. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1065>
- Иванисова А.С., Марченко Д.М. Использование селекционных индексов при оценке продуктивности озимой твердой пшеницы. *Аграрная наука*. 2024; 1(8): 150–154. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154>
- Тамразов Т.Г. Влияние засухи на изменение площади ассимиляционной поверхности генотипов твердой и мягкой пшеницы, различающихся от периода созревания. *Аграрная наука*. 2021; (6): 37–41. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-37-41>
- Мальчиков П.Н., Розова М.А., Моргунов А.И., Мясникова М.Г., Зеленский Ю.И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) из России и Казахстана. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(8): 939–950. <https://doi.org/10.18699/VJ18.436>
- Gulyaeva E. *et al.* Evaluation of resistance of spring durum wheat germplasm from Russia and Kazakhstan to fungal foliar pathogens. *Cereal Research Communications*. 2020; 48(1): 71–79. <https://doi.org/10.1007/s42976-019-00009-9>
- Rsaliyev A.S., Rsaliyev Sh.S. Principal approaches and achievements in studying race composition of wheat stem rust. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(8): 967–977. <https://doi.org/10.18699/VJ18.439>
- Есимбекова М.А., Мукин К.Б., Абуғалиева А.И., Абдрахманов К., Дубекова С. Генетические ресурсы в селекции пшеницы на устойчивость к твердой головне. *Аграрная наука*. 2019; (1): 22–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-22-26>
- Evdokimov M.G., Yusov V.S., Kiryakova M.N., Meshkova L.V., Pakhotina I.V., Glushakov D.A. Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2022; 26(7): 609–621. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-75>
- Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*. 1948; 26(5): 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- Юсов В.С., Евдокимов М.Г., Мешкова Л.В., Глушаков Д.А. Создание сортов яровой твердой пшеницы, устойчивых к стеблевой ржавчине в Западной Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021; 182(2): 131–138. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-131-138>
- Темирбекова С.К., Афанасьева Ю.В. О пшенице тургидной (теоретическое и практическое значение). *Биосфера*. 2022; 14(4): 409–411. <https://www.elibrary.ru/bxnllq>
- Меркурьев Н.В. Оценка показателей качества зерна полбы и тургидной пшеницы методом математической статистики. *Молодой ученый: Сборник статей II Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). 2023; 76–80. <https://www.elibrary.ru/xqvlwv>

FUNDING

The research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant No. AP19677043).

REFERENCES

- Zaim M. *et al.* Wide crosses of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) reveal good disease resistance, yield stability, and industrial quality across Mediterranean sites. *Field Crops Research*. 2017; 214: 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.007>
- Zhiganova E., Sadigova M., Smirnova K. New promising varieties of spring hard wheat as the best raw material for pasta production. *BIO web of conferences. Dedicated to the 101st anniversary of the discovery of the law of homological series and the 134th anniversary of the birth of N.I. Vavilov*. Saratov. 2022; 43: 31. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301031>
- Aprakhimov D. *et al.* Composite flour pasta processing technology and its nutritive value. *Journal of Natural Remedies*. 2021; 21(9–1): 67–71. <https://www.elibrary.ru/xevivhu>
- Aprakhimov D. *et al.* Study of nutritional value of macaroni pasta from composite flour. *Alkhas*. 2023; <https://doi.org/10.47176/alkhass.5.2.1>
- Lozhkin A.G., Vasiliev O.A., Dimitriev V.L., Kayukova O.V., Yakovleva M.I. Features of the formation of yield and quality of durum spring wheat in the conditions of the Chuvash Republic. *Agrarian science*. 2024; (2): 87–91 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-87-91>
- Frizen Yu.V., Nekrasova E.V., Gaivas A.A. The influence of individual elements of agricultural technology on the productivity of durum wheat in the southern forest-steppe of the Omsk region. *Agrarian science*. 2024; (2): 81–86 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-81-86>
- Goncharov S.V., Kurashov M.Yu. Prospects for the development of the Russian durum wheat market. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018; (2): 66–75 (in Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.66>
- Zhilkaidarov A.N. Improving the technology of pasta from promising domestic wheat varieties *Triticum durum* and *Triticum aestivum*. *Abstract of PhD Thesis in the field of science "Food Industry Technology"*. Almaty. 2017; 14 (in Russian).
- Herrera-Foessel S.A., Singh R.P., Huerta-Espino J., Crossa J., Yuen J., Djurle A. Effect of Leaf Rust on Grain Yield and Yield Traits of Durum Wheats with Race-Specific and Slow-Rusting Resistance to Leaf Rust. *Plant Disease*. 2006; 90(8): 1065–1072. <https://doi.org/10.1094/PD-90-1065>
- Ivanisova A.S., Marchenko D.M. The use of breeding indices when estimating winter durum wheat productivity. *Agrarian science*. 2024; 1(8): 150–154 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-385-8-150-154>
- Tamrazov T.G. The influence of drought on the change in the area of the assimilation surface of the genotypes of durum and bread wheat, which differ from the ripening period. *Agrarian science*. 2021; (6): 37–41 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-37-41>
- Malchikov P.N., Rozova M.A., Morgunov A.I., Myasnikova M.G., Zelenskiy Yu.I. Yield performance and stability of modern breeding stock of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Russia and Kazakhstan. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(8): 939–950 (in Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ18.436>
- Gulyaeva E. *et al.* Evaluation of resistance of spring durum wheat germplasm from Russia and Kazakhstan to fungal foliar pathogens. *Cereal Research Communications*. 2020; 48(1): 71–79. <https://doi.org/10.1007/s42976-019-00009-9>
- Rsaliyev A.S., Rsaliyev Sh.S. Principal approaches and achievements in studying race composition of wheat stem rust. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(8): 967–977. <https://doi.org/10.18699/VJ18.439>
- Yessimbekova M.A., Mukin K.B., Abugaliyeva A.I., Abdрахманов К., Дубекова С. Genetic resources in wheat breeding for resistance to common bunt. *Agrarian science*. 2019; (1): 22–26 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-22-26>
- Evdokimov M.G., Yusov V.S., Kiryakova M.N., Meshkova L.V., Pakhotina I.V., Glushakov D.A. Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2022; 26(7): 609–621. <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-75>
- Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*. 1948; 26(5): 496–500. <https://doi.org/10.1139/cjr48c-033>
- Yusov V.S., Evdokimov M.G., Meshkova L.V., Glushakov D.A. Development of spring durum wheat cultivars resistant to stem rust in Western Siberia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2021; 182(2): 131–138 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-131-138>
- Temirbekova S.K., Afanasyeva Yu.V. About turgid wheat (theoretical and practical significance). *Biosphere*. 2022; 14(4): 409–411. <https://www.elibrary.ru/bxnllq>
- Merkuriyev N.V. Evaluation of quality indicators of spelt and turgid wheat grain by the method of mathematical statistics. *Young scientist: Collection of articles of the II International scientific and practical conference*. Penza: Science and Education (individual entrepreneur Gulyaev G.Yu.). 2023; 76–80. <https://www.elibrary.ru/xqvlwv>

ОБ АВТОРАХ

Акерке Серикбайкызы¹

докторант
akerke.serikbaikyzy@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0007-3886-6685>

Шынболат Сырашович Рсалиев²

доктор биологических наук, главный научный сотрудник
shynbolat63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6324-9565>

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова³

доктор биологических наук, профессор
sul20@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9824-6364>

¹ Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
пр-т им. Абая, 8, Алматы, 050010, Казахстан

² Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
ул. им. Ерлепесова, 1, с. Алмалыбак, Алматинская обл., 040909, Казахстан

³ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
ул. Институт, 5, пос. Большие Вязёмы, Московская обл., 140000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Akerke Serikbaikyzy¹

Doctoral Student
akerke.serikbaikyzy@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0007-3886-6685>

Shynbolat Syrashovich Rsaliev²

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher
shynbolat63@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6324-9565>

Sulukhan Kudaiberdievna Temirbekova³

Doctor of Biological Sciences, Professor
sul20@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9824-6364>

¹ Kazakh National Agrarian Research University,
8 Abai Ave., Almaty, 050010, Kazakhstan

² Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing,
1 Erlepesov Str., village Almalybak, Almaty region, 040909, Kazakhstan

³ All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,
5 Institut Str., village Bolshye Vyazemy, Moscow region, 140000, Russia

РЕКЛАМА



АГРОПРОМ УРАЛ

Международная выставка
сельскохозяйственной техники,
материалов и оборудования
для животноводства и растениеводства

30 октября – 01 ноября 2024

г. Екатеринбург,
МВЦ «Екатеринбург-Экспо»

Получите билет
по промокоду Agro-science
www.agroprom-ural.ru



Организаторы



Международная
Выставочная
Компания



ЕКАТЕРИНБУРГ
ЭКСПО МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР





С. Салех ✉
Е.А. Мурыгина
Н.А. Боме

Тюменский государственный университет,
 Тюмень, Россия

✉ Samuel.biotech@yandex.ru

Поступила в редакцию: 14.05.2024
 Одобрена после рецензирования: 13.09.2024
 Принята к публикации: 27.09.2024

© Салех С., Мурыгина Е.А., Боме Н.А.

Оценка морфофизиологических параметров устойчивости различных сортов озимой ржи к хлоридному засолению в лабораторных условиях

РЕЗЮМЕ

Определение толерантности культурных растений к солям считается важным и необходимым в селекционной практике на территориях с первичным и вторичным засолением почвы. В данной статье рассматривается влияние засоления (NaCl) в лабораторных условиях на рост и развитие растений трех сортов озимой ржи (Чусовая, Янтарная, Алиса) и эффективность ранней диагностики на устойчивость к стресс-фактору. Целью исследования было определение устойчивости сортов озимой ржи к хлоридному засолению по изменчивости морфофизиологических признаков в моделируемых условиях. На основании выявленных различий по показателям, характеризующих ростовые процессы растений в вегетационных сосудах в контроле и на субстрате с NaCl, сорта по устойчивости к солевому стрессу распределены в следующем порядке: Чусовая, Янтарная, Алиса. Полученные данные указывают на специфичность реакции сортов на стрессовый фактор. Показано, что для более объективной характеристики генотипов по солеустойчивости необходимо комплексное изучение признаков (всхожесть семян, морфометрические параметры побегов и корней, содержание в листьях хлорофилла, биомасса растений). Результаты исследования могут быть использованы при подборе исходных форм для селекции озимой ржи, при выращивании изученных сортов в разных агроэкологических условиях.

Ключевые слова: озимая рожь, хлорид натрия, устойчивость, генотип, морфофизиологические признаки

Для цитирования: Салех С., Мурыгина Е.А., Боме Н.А. Оценка морфофизиологических параметров устойчивости различных сортов озимой ржи к хлоридному засолению в лабораторных условиях. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 134–138.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-134-138>



Samuel Saleh ✉
Ekaterina A. Murygina
Nina A. Bome

University of Tyumen, Tyumen, Russia

✉ Samuel.biotech@yandex.ru

Received by the editorial office: 14.05.2024
 Accepted in revised: 13.09.2024
 Accepted for publication: 27.09.2024

© Saleh S., Murygina E.A., Bome N.A.

Assessment of morphophysiological parameters of resistance of various varieties of winter rye to chloride salinity in laboratory conditions

ABSTRACT

Determining the tolerance of cultivated plants to salts is considered important and necessary in breeding practice in areas with primary and secondary soil salinization. This article examines the effect of salinity (NaCl) in laboratory conditions on the growth and development of plants of three varieties of winter rye (Chusovaya, Yantarnaya, Alisa) and the effectiveness of early diagnosis on resistance to the stress factor. The purpose of the study was to determine the resistance of winter rye varieties to chloride salinity based on the variability of morphophysiological characteristics under simulated conditions. Based on the identified differences in indicators characterizing the growth processes of plants in vegetation vessels in the control and on the substrate with NaCl, the varieties according to resistance to salt stress are distributed in the following order: Chusovaya, Yantarnaya, Alisa. The data obtained indicate the specificity of the response of varieties to a stress factor. It is shown that for a more objective characterization of genotypes for salt tolerance, a comprehensive study of traits (seed germination, morphometric parameters of shoots and roots, chlorophyll content in leaves, plant biomass) is necessary. The results of the study can be used in the selection of initial forms for the selection of winter rye, as well as in the cultivation of the studied varieties in different agro-ecological conditions.

Key words: winter rye, sodium chloride, resistance, genotype, morphophysiological features

For citation: Saleh S., Murygina E.A., Bome N.A. Assessment of morphophysiological parameters of resistance of various varieties of winter rye to chloride salinity in laboratory conditions. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 134–138 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-134-138>

Введение/Introduction

Исконной родиной озимой ржи (*Secale cereale*) считается Центральная и Восточная Европа. Этот вид выращивается на обширных территориях, простирающихся от северной Германии, Польши, Украины, Белоруссии, Литвы и Латвии до центральной и северной России [1, 2]. Ее также выращивают на востоке США, в части Канады, в Китае [3].

Рожь культурная (*Secale cereale*) — ценная продовольственная, кормовая и техническая культура [4–6]. В России она является второй по значению хлебной культурой после пшеницы. Рожь культурная включает в себя диплоидные и тетраплоидные сорта, озимые и яровые формы, культурную многолетнюю рожь (результат скрещивания дикой многолетней ржи с однолетней посевной рожью)¹.

В условиях существенных климатических изменений, характеризующихся увеличением продолжительности засушливых периодов на фоне повышенных температур воздуха, одним из факторов, лимитирующим рост и развитие сельскохозяйственных растений, является засоление почв [7–9]. Общая площадь таких почв в мире составляет более 950 млн га [10]. Известно, что в условиях засоления снижается урожайность сельскохозяйственных культур и ухудшается качество зерна [11, 12], ограничивается рациональное использование в мире около 20% всех посевных площадей и 50% орошаемых [13–15]. Соли негативно влияют на физиологические и биохимические процессы растений в разные периоды онтогенеза, что приводит к снижению продуктивности и качества сельскохозяйственной продукции [16, 17].

Определение толерантности ржи к повышенному содержанию солей в почве считается важным вопросом в селекционной практике на территориях, характеризующихся как первичным, так и вторичным засолением. Использование селекционных линий и солеустойчивых сортов в агроценозах рассматривается как один из успешных способов смягчения негативного воздействия стрессовых факторов, а именно осмотических, окислительных или токсических эффектов NaCl [18].

Одним из приоритетных направлений селекции озимой ржи является повышение устойчивости генотипов к стрессовым факторам с использованием естественных и искусственных провокационных фонов [19].

Цель исследования — определение устойчивости сортов озимой ржи к хлоридному засолению по изменчивости морфофизиологических признаков в моделируемых условиях.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа проведена в лаборатории биотехнологических и микробиологических исследований кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Тюменского государственного университета (ТюмГУ) с 22.11.2023 по 07.12.2023.

Объектом лабораторного опыта были три сорта озимой ржи (Чусовая, Алиса, и Янтарная), представленные Уральским федеральным аграрным научно-исследовательским центром УРО РАН (Екатеринбург, Россия).

Особенность сорта Янтарная заключается в низком содержании (до 0,8%) водорастворимых пентозанов, что позволяет использовать зерно на фураж без предварительной тепловой обработки [20].

Сорт Чусовая короткостебельный, устойчивый к полеганию, крупнозерный, обладает высокими хлебопекарными свойствами.

Сорт Алиса умеренно восприимчив к бурой ржавчине, слабо поражается мучнистой росой. Сорт создан на основе отбора из сложной гибридной популяции 143/01 с генами устойчивости к мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине [21].

В данном опыте для создания хлоридного засоления использовали 40% раствор NaCl (40 г на 1000 мл дистиллированной воды)². Выращивание растений проводили в вегетационных сосудах из инертного материала (пластмасса), заполненных почвой из расчета 280 г в каждый сосуд с добавлением 100 мл дистиллированной воды (контроль) или 100 мл раствора NaCl (опытный вариант).

Семена без признаков деформаций, повреждений (механические, патогенами) поверхности равномерно раскладывали в сосуды на глубину 2 см. Объем выборки — 15 семян в четырехкратной повторности для каждого варианта, всего по трем сортам озимой ржи 24 сосуда. Выращивание растений проводили на фитостеллаже при температуре 24 °С, с искусственным освещением, обеспеченным светодиодными лампами дневного света (5000 лк, 40000 лм) день/ночь, (рис. 1).

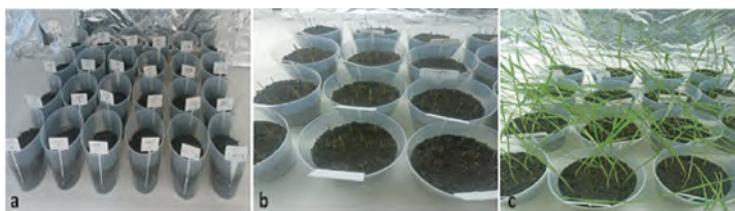
На третий день (25.11.2023) отмечали появление проростков, подсчитывали их число и определяли лабораторную всхожесть семян в каждом варианте. Измерение высоты растений выполняли с помощью линейки — от поверхности почвы до верхней части листа. Содержание хлорофилла в клетках листьев определяли с помощью оптического счетчика SPAD 502 (Minolta Camera Co, Ltd, Токио, Япония).

Учеты были сделаны три раза 25.11.2023, 29.11.2023, 07.12.2023.

Через 15 суток растения извлекали из почвы и определяли морфометрические параметры (длина корней и побегов, число корней), а также сырую и сухую массу биомассы на акустических весах VIBRA AJ-1200CE (Shinko Denshi Co, Ltd, Япония).

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по апробированным методикам, изложенным Б.А. Доспеховым³, с использованием табличного процессора Microsoft Excel и программного обеспечения STATISTICA 6.0 («StatSoft», Inc., США).

Рис. 1. Этапы лабораторного опыта по изучению устойчивости сортов озимой ржи к засолению вегетационных сосудов: а — посев семян (22.11.2023), б — 3-и сутки после посева (25.11.2023), с — 7-е сутки после посева (29.11.2023)
Fig. 1. Stages of laboratory experience in studying the resistance of winter rye varieties to salinization in vegetative vessels: а — sowing seeds (11/22/2023), б — 3 days after sowing (11/25/2023), с — 7 days after sowing (11/29/2023).



¹ Посыпанов Г.С. и др. Растениеводство. М.: КолосС. 2007.

² Боме Н.А., Королев К.П., Петрова А.А., Боме А.Я. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Часть I. Тюмень: Тюменский государственный университет. 2017.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Самым первым признаком, характеризующим реакцию сортов озимой ржи, является способность семян к прорастанию. Несмотря на дружное появление всходов в опыте через 3 суток после посева, между сортами выявлены различия по всхожести семян. Под воздействием хлоридного засоления показатель всхожести по сравнению с контролем снижился у сорта Янтарная (на 4,5%), повышался у сорта Чусовая (на 2,3%) и оставался на уровне контроля у сорта Алиса (100,0%) (рис. 2).

Следует отметить, что в течение всего периода опыта гибели растений не наблюдалось.

На основании полученных данных можно сказать, что сорта в момент прорастания семян слабо реагировали на засоление. Однако необходимо знать, как протекает дальнейший рост растений — начиная с первых этапов онтогенеза. Сравнительная оценка сортов по высоте растений не выявила достоверных различий между контрольными и опытными вариантами в каждом из трех промеров (табл. 1).

Установлено, что относительная скорость роста растений была максимальной в первые 3 суток и в среднем по сортам суточный прирост составил 6,79 см в контроле и 6,71 см — в опыте. Следующие промеры показали существенное снижение показателя до 0,85 см в контроле и 0,86 см в опыте во втором учете и до 0,55 см и 0,49 см, соответственно, в третьем учете.

Экспресс-диагностика изменения содержания хлорофилла в листьях дает дополнительную информацию о реакции генотипов на засоление. По данным авторов, у сорта Янтарная при сравнении с другими сортами отмечено наибольшее содержание хлорофилла в контроле при первом измерении, в опыте — первом, втором и третьем измерениях (рис. 3).

У сорта Чусовая зафиксировано увеличение пигмента в листьях растений на засоленном субстрате ко второму измерению (29.11.2023) при существенном снижении к 07.12.2023. У сорта Алиса содержание хлорофилла в вариантах с засолением было меньше, чем в контроле, на седьмые и пятнадцатые сутки.

Изученные сорта характеризовались различной реакцией на воздействие стресс-фактора по признакам корневой системы (табл. 2).

Примечание: различия между контролем и опытом статистически достоверны ($p < 0,05$)

Солевой стресс способствовал активному развитию корневой системы сорта Чусовая, что подтверждено достоверным увеличением по сравнению с контролем длины и числа корней в варианте с NaCl. Ингибирующий эффект NaCl проявился у сорта Алиса по признаку длины корней. Не выявлено достоверных различий по морфологическим параметрам между контролем и опытом у сорта Янтарная.

Анализ структуры сырой биомассы растений выявил преимущество по развитию корневой системы

Рис. 2. Всхожесть семян (%) сортов озимой ржи в контроле и опытных вариантах с NaCl

Fig. 2. Seed germination (%) of winter rye varieties in control and experimental variants with NaCl

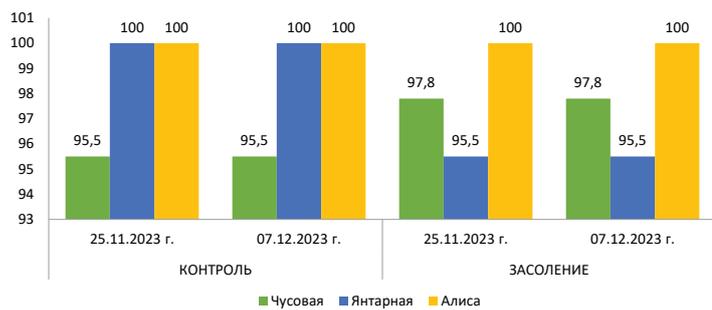


Рис. 3. Изменение содержания хлорофилла (ед. Spad) в листьях сортов озимой ржи под воздействием засоления

Fig. 3. Changes in the content of chlorophyll (Spad units) in the leaves of winter rye varieties under the influence of salinization



Таблица 1. Высота растений озимой ржи в контроле и в условиях хлоридного засоления

Table 1. Plant height of winter rye varieties in control and under conditions of chloride salinization

Сорт	Контроль ($X \pm Sx$, см)			Засоление ($X \pm Sx$, см)		
	25.11.20	29.11.202	07.12.202	25.11.20	29.11.202	07.12.202
Чусовая	20,01 ± 0,67	24,39 ± 1,21	28,07 ± 1,77	20,88 ± 0,57	24,57 ± 0,94	29,10 ± 1,72
Янтарная	21,11 ± 0,96	22,97 ± 0,75	27,48 ± 1,94	19,79 ± 0,57	23,23 ± 0,83	27,10 ± 2,27
Алиса	20,09 ± 0,65	24,25 ± 1,05	29,40 ± 1,75	19,77 ± 0,77	22,99 ± 0,88	26,55 ± 1,81

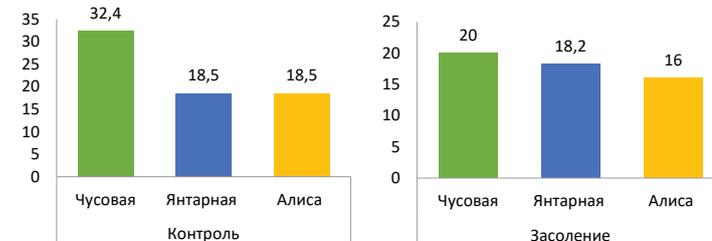
Таблица 2. Морфометрические параметры корневой системы сортов озимой ржи в контроле и в вариантах с засолением (07.12.2023)

Table 2. Morphometric parameters of the root system of winter rye varieties in control and in variants with salinization (07.12.2023)

Сорт	Длина корней ($X \pm Sx$, см)		Число корней ($X \pm Sx$, шт.)	
	Контроль	NaCl	Контроль	NaCl
Чусовая	13,67 ± 0,79	16,90 ± 0,30*	4,60 ± 0,24	5,33 ± 0,21*
Янтарная	14,53 ± 0,67	14,53 ± 0,25	4,67 ± 0,21	4,87 ± 0,15
Алиса	17,07 ± 0,95	14,40 ± 0,75*	4,87 ± 0,15	5,00 ± 0,20

Рис. 4. Доля корней (%) в структуре сырой биомассы растений озимой ржи в контрольных и опытных вариантах

Fig. 4. The proportion of roots (%) in the structure of the raw biomass of winter rye plants in control and experimental versions



в оптимальных условиях (контроль) у сорта Чусовая (рис. 4).

Ингибирующее влияние на формирование корневой системы отмечено у сортов Чусовая и Алиса. Соотношение корней и побегов в общей биомассе сорта Янтарная в контроле и опыте практически не различается.

Выводы/Conclusions

По комплексу изученных признаков сорта озимой ржи по устойчивости к хлоридному засолению можно расположить в следующем порядке: Чусовая, Янтарная, Алиса. Полученные данные позволяют сделать заключение, что для отбора толерантных генотипов на начальном этапе онтогенеза необходима оценка по нескольким морфофизиологическим признакам. Определение устойчивости к засолению только по показателям всхожести может быть ошибочным, что хорошо видно на примере сорта

Алиса, семена которого обеспечили высокую всхожесть (100%) в контроле и на провокационном фоне с NaCl. Однако в дальнейшем отмечено угнетение ростовых процессов по некоторым изученным признакам. Ингибирующий эффект NaCl у данного сорта проявился в снижении длины корней на 22,9%, содержания хлорофилла в листьях на седьмые сутки на 9,1%, на пятнадцатые — 3,9%.

Полученные данные могут быть полезны при подборе исходного материала для селекции, агроэкологическом размещении сортов.

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 проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FEWZ-2021-0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зуралья».

FUNDING

The work was carried out with the support of the project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FEWZ-2021-0007 «Adaptive capacity of agricultural plants in extreme conditions of the Northern Urals».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Батакова О.Б., Корелина В.А., Зобнина И.В. Результаты селекционной работы с зерновыми культурами в условиях субарктической зоны РФ. *Аграрная наука*. 2021; (2): 63–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-345-2-63-66>
2. Исмагилов К.Р., Каямова Р.Р. Стабильность и экологическая пластичность озимых зерновых культур в Республике Башкортостан. *Аграрная наука*. 2024; (3): 114–118. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-114-118>
3. Shen Z. Effects of Salt and Nitrogen Stress on the Growth of Winter Rye. *E3S Web of Conferences*. 2020; 189: 01017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018901017>
4. Blumtritt T. Roggenmarkt. Roggenforum e.V. (ed.). Roggen — Getreide mit Zukunft. Frankfurt am Main: DLG-Verlag. 2001; 7–13.
5. Андришина Н.Н., Белоус И.Н., Адамко В.Н., Поцепай С.Н., Мамеев В.В., Шаповалов В.Ф., Сычев С.М. Урожайность и качество зерна озимой ржи, возделываемой на дерново-подзолистой радиоактивно загрязненной почве, в зависимости от применяемых средств химизации. *Аграрная наука*. 2022; (9): 98–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-98-103>
6. Абушайева А.Р., Садыгова М.К., Абуова А.Б. Влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлогерной ржи и продуктов переработки моркови и свеклы столовой на поведенческие реакции лабораторных крыс. *Аграрная наука*. 2023; (7): 138–143. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-138-143>
7. Kholov Y., Nassulaeva N., Xamroqulova M., Yarashova D. Effect of soil salinity on eco-meliorative condition. *E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023)*. EDP Sciences. 2023; 389: 04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338904017>
8. Tagaev A.M., Daurenbek N.M., Akshalov K.A., Kostakov A.K., Makhmadjanov S.P. Soil protection technologies on medium saline irrigated lands. *BIO web of conferences. International Scientific and Practical Conference "AGRARIAN SCIENCE — 2023" (AgriScience2023)*. EDP Sciences. 2023; 66: 01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236601002>
9. Газе В.Л., Голубова В.А., Яновская Н.В., Ковтунов В.В. Устойчивость разных видов сорго к осмотическому стрессу под действием NaCl. *Аграрная наука*. 2022; (10): 96–99. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-96-99>
10. Белозерова А.А., Боме Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков. *Фундаментальные исследования*. 2014; (12–2): 300–306. <https://www.elibrary.ru/tenezt>
11. Houshmand S., Arzani A., Mirmohammadi-Maibody S.A.M. Effects of Salinity and Drought Stress on Grain Quality of Durum Wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2014; 45(3): 297–308. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.861911>
12. Maas E.V., Grieve C.M. Spike and Leaf Development of Sal-Stressed Wheat. *Crop Science*. 1990; 30(6): 1309–1313. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000600031x>
13. Feng Z.-Z., Wang X.-K., Feng Z.-W. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. *Agricultural Water Management*. 2005; 71(2): 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.07.001>
14. Mohammad M., Shibli R., Ajlouni M., Nimri L. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 1998; 21(8): 1667–1680. <https://doi.org/10.1080/01904169809365512>
15. Endris S., Mohammad M.J. Nutrient acquisition and yield response of Barley exposed to salt stress under different levels of potassium nutrition. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2007; 4(3): 323–330. <https://doi.org/10.1007/BF03326289>
16. Balandrán-Quintana R.R., Mercado-Ruiz J.N., Mendoza-Wilson A.M. Wheat Bran Proteins: A Review of Their Uses and Potential. *Food Reviews International*. 2015; 31(3): 279–293. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1015137>

REFERENCES

1. Batakova O.B., Korelina V.A., Zobnina I.V. Results of selection work with grain crops in the subarctic zone of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2021; (2): 63–66 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-345-2-63-66>
2. Ismagilov K.R., Kayumova R.R. Stability and ecological plasticity of winter grain crops in the Republic of Bashkortostan. *Agrarian science*. 2024; (3): 114–118 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-114-118>
3. Shen Z. Effects of Salt and Nitrogen Stress on the Growth of Winter Rye. *E3S Web of Conferences*. 2020; 189: 01017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018901017>
4. Blumtritt T. Roggenmarkt. Roggenforum e.V. (ed.). Roggen — Getreide mit Zukunft. Frankfurt am Main: DLG-Verlag. 2001; 7–13 (in German).
5. Andryushina N.N., Belous I.N., Adamko V.N., Potsepai S.N., Mameev V.V., Shapovalov V.F., Sychev S.M. Yields and grain quality of winter rye cultivated on sod-podzolic radioactively contaminated soil depending on the applied means of chemicalization. *Agrarian science*. 2022; (9): 98–103 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-98-103>
6. Abushayeva A.R., Sadygova M.K., Abuova A.B. The influence of flour confectionery products based on flour from light-grain rye and processed products of carrots and beets on the behavioral reactions of laboratory rats. *Agrarian science*. 2023; (7): 138–143 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-138-143>
7. Kholov Y., Nassulaeva N., Xamroqulova M., Yarashova D. Effect of soil salinity on eco-meliorative condition. *E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023)*. EDP Sciences. 2023; 389: 04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338904017>
8. Tagaev A.M., Daurenbek N.M., Akshalov K.A., Kostakov A.K., Makhmadjanov S.P. Soil protection technologies on medium saline irrigated lands. *BIO web of conferences. International Scientific and Practical Conference "AGRARIAN SCIENCE — 2023" (AgriScience2023)*. EDP Sciences. 2023; 66: 01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236601002>
9. Gaze V.L., Golubova V.A., Yanovskaya N.V., Kovtunov V.V. Osmotic stress resistance of different sorghum species affected by NaCl. *Agrarian science*. 2022; (10): 96–99 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-96-99>
10. Belozerova A.A., Bome N.A. Study of spring wheat reaction to salinity on the variability of sprouts morphometric parameters. *Fundamental research*. 2014; (12–2): 300–306 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tenezt>
11. Houshmand S., Arzani A., Mirmohammadi-Maibody S.A.M. Effects of Salinity and Drought Stress on Grain Quality of Durum Wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2014; 45(3): 297–308. <https://doi.org/10.1080/00103624.2013.861911>
12. Maas E.V., Grieve C.M. Spike and Leaf Development of Sal-Stressed Wheat. *Crop Science*. 1990; 30(6): 1309–1313. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000600031x>
13. Feng Z.-Z., Wang X.-K., Feng Z.-W. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation and its impact on groundwater in Hetao Irrigation District, China. *Agricultural Water Management*. 2005; 71(2): 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.07.001>
14. Mohammad M., Shibli R., Ajlouni M., Nimri L. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 1998; 21(8): 1667–1680. <https://doi.org/10.1080/01904169809365512>
15. Endris S., Mohammad M.J. Nutrient acquisition and yield response of Barley exposed to salt stress under different levels of potassium nutrition. *International Journal of Environmental Science & Technology*. 2007; 4(3): 323–330. <https://doi.org/10.1007/BF03326289>
16. Balandrán-Quintana R.R., Mercado-Ruiz J.N., Mendoza-Wilson A.M. Wheat Bran Proteins: A Review of Their Uses and Potential. *Food Reviews International*. 2015; 31(3): 279–293. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1015137>

17. Сафина Р.Р., Окунев Р.В., Рахманова Г.Ф., Гарафутдинова К.Р. Содержание аминокислот в растениях томата при применении препаратов «Глутамат натрия» и «Аминозол» в условиях солевого стресса. *Аграрная наука*. 2023; (12): 124–128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128>

18. Баранова Е.Н., Гулевич А.А. Проблемы и перспективы генно-инженерного подхода в решении вопросов устойчивости растений к засолению (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2006; 41(1): 39–56. <https://www.elibrary.ru/hthidp>

19. Кобылянский В.Д., Солодухина О.В. Теоретические основы селекции зернофуражной ржи с низким содержанием водорастворимых пентозанов. *Сельскохозяйственная биология*. 2013; 48(2): 31–39. <https://www.elibrary.ru/pzaxlz>

20. Поталова Г.Н., Галимов К.А., Зобнина Н.Л., Иванова М.С. Новые сорта и особенности технологии выращивания озимых зерновых культур на семена в ФБГНУ «Уральский НИИСХ». *Пермский аграрный вестник*. 2017; (2): 48–56. <https://www.elibrary.ru/ysttdl>

21. Уткина Е.И., Кедрова Л.И., Набатова Н.А., Псарева Е.А., Парфенова Е.С. Урожайный потенциал сортов озимой ржи в условиях Волго-Вятского региона. *Успехи современного естествознания*. 2020; (1): 12–17. <https://www.elibrary.ru/ljhdvm>

17. Safina R.R., Okunev R.V., Rakhmanova G.R., Garafutdinova K.R. The content of amino acids in tomato plants when using the preparations "Monosodium Glutamate" and "Aminosol" in conditions of salt stress. *Agrarian science*. 2023; (12): 124–128 (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128>

18. Baranova E.N., Gulevich A.A. Problems and perspectives of genetic engineering approach to the resolving of the tasks of plant resistance to salinity. *Agricultural Biology*. 2006; 41(1): 39–56 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hthidp>

19. Kobylansky V.D., Solodukhina O.V. The theoretical basis of grain fodder rye breeding for low water soluble pentosans. *Agricultural Biology*. 2013; 48(2): 31–39 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pzaxlz>

20. Potapova G.N., Galimov K.A., Zobnina N.L., Ivanova M.S. New varieties and peculiarities of growing techniques of the winter cereals for seeds at the Federal Budget State Scientific Institution "The Ural Scientific Research Institute". *Perm agrarian journal*. 2017; (2): 48–56 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ysttdl>

21. Utkina E.I., Kedrova L.I., Nabatova N.A., Psareva E.A., Parfenova E.S. Yield capacity of winter rye varieties in conditions of Volgo-Vyatsk region. *Advances in current natural sciences*. 2020; (1): 12–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ljhdvm>

ОБ АВТОРАХ

Самуел Салех

аспирант
Samuel.biotech@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-6907-7371>

Екатерина Александровна Мурыгина

студент
muryginaek@mail.ru

Нина Анатольевна Боме

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
n.a.bome@utmn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Тюменский государственный университет,
ул. Володарского, 6, Тюмень, 625003, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Samuel Saleh

Graduate Student
Samuel.biotech@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-6907-7371>

Ekaterina Alexandrovna Murygina

Student
muryginaek@mail.ru

Nina Anatolyevna Bome

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
n.a.bome@utmn.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5467-6538>

Tyumen State University,
6 Volodarsky Str., Tyumen, 625003, Russia



ПЛОДЫ И ОВОЩИ

VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ

VI СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА ПЛОДЫ И ОВОЩИ РОССИИ 2024

31 ОКТЯБРЯ – 1 НОЯБРЯ 2024 г. / СОЧИ

АГРОБИЗНЕС

Организатор форума

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

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

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

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

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

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

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



УДК 632.4.01 : 635.652.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-139-144

И.Ю. Подковыров

А.П. Сметанников ✉

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
раб. пос. Большие Вязёмы,
Московская обл., Россия

✉ smetannikov34@yandex.ru

Поступила в редакцию: 06.05.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Подковыров И.Ю., Сметанников А.П.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-139-144

Igor Yu. Podkovyrov

Alexander P. Smetannikov ✉

All-Russian Scientific Research Institute of
Phytopathology, Bolshye Vyazemy, Moscow
Region, Russia

✉ i.bakulova.pnz@fncl.ru

Received by the editorial office: 06.05.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Podkovyrov I.Yu., Smetannikov A.P.

Влияние метеорологических условий Нечерноземной зоны на фитосанитарное состояние посевов фасоли зерновой

РЕЗЮМЕ

Наблюдается тенденция расширения ареала возделывания фасоли в северном направлении, что обусловлено климатическими изменениями и достижениями селекции. В государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрирован 191 сорт фасоли, из которых рекомендован к выращиванию в поясе между 50° и 60° широты 31 сорт.

Актуальность возделывания фасоли в Нечерноземной зоне возрастает. Это происходит из-за повышенного спроса на бобы фасоли, которые отличаются высокой питательной ценностью. Данная культура перспективна как альтернатива в зернопропашных севооборотах. Исследование фитосанитарного состояния растений фасоли в потенциально новых регионах возделывания с целью разработки системы защиты посевов представляет интерес. Продвижение культуры на новые территории неизбежно сопровождается фитосанитарными рисками, которые мало исследованы вследствие недостаточности сведений о болезнях фасоли. В литературных источниках приведена оценка потенциально возможных угроз. Однако их проявление тесно сопряжено с климатическими и погодными условиями вегетационного сезона. Анализ взаимосвязей фитосанитарного состояния посевов с режимами температуры и влажности периода выращивания фасоли представляет актуальность.

Ключевые слова: фасоль, климат, дерново-подзолистая почва, болезни, корневые гнили

Для цитирования: Подковыров И.Ю., Сметанников А.П. Влияние метеорологических условий Нечерноземной зоны на фитосанитарное состояние посевов фасоли зерновой. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 139–144.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-139-144>

The influence of meteorological conditions of the Non-Chernozem zone on the phytosanitary condition of grain bean crops

ABSTRACT

There is a tendency to expand the area of bean cultivation in the northern direction, which is due to climatic changes and breeding achievements. There are 191 varieties of beans registered in the state register of breeding achievements approved for use, of which 31 varieties are recommended for cultivation in the belt between 50° and 60° latitude. The relevance of bean cultivation in the Non-Chernozem zone is increasing. This is due to the increased demand for beans, which are characterized by high nutritional value. Also, this crop is promising as an alternative in grain crop rotations. The study of the phytosanitary condition of bean plants in potentially new cultivation regions in order to develop a crop protection system is of interest. The promotion of crops to new territories is inevitably accompanied by phytosanitary risks, which have been little studied due to insufficient information about bean diseases. The literature provides an assessment of potential threats. However, their manifestation is closely related to the climatic and weather conditions of the growing season. The analysis of the interrelationships of the phytosanitary condition of crops with the temperature and humidity regimes of the bean growing period is relevant.

Key words: beans, climate, sod-podzolic soil, diseases, root rot

For citation: Podkovyrov I.Yu., Smetannikov A.P. The influence of meteorological conditions of the non-chernozem zone on the phytosanitary condition of grain bean crops. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 139–144 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-139-144>

Введение/Introduction

Сорт и его адаптивность являются основными элементами технологического развития выращивания сельскохозяйственных культур (включая овощи и бобовые) [1–3]. Поэтому получение стабильного и качественного урожая зависит от правильного выбора сортов [4].

Для посадки в производственных условиях лучшими сортами будут те, которые обладают хорошими показателями адаптивности, экологически устойчивы независимо от факторов окружающей среды, с достаточно высокой урожайностью и хорошим качеством продукции [5].

Наиболее важной особенностью сорта является скороспелость [6]. Довольно короткий вегетационный период позволяет решить многие проблемы при выращивании фасоли. Кроме того, лучше всего использовать сорта, которые не реагируют на продолжительность светового дня [7]. Потенциальный урожай сельскохозяйственных культур может быть достигнут только на участках и в регионах, отвечающих требованиям биологии сельскохозяйственных культур, при соблюдении и качественном выполнении всех необходимых агротехнических приемов в благоприятное для сельскохозяйственных культур время [8–10].

Фасоль обыкновенная занимает одно из первых мест по питательным качествам среди продуктов растительного происхождения, а среди бобовых овощных культур она выделяется повышенной ценностью [11].

Используют спелые ее семена (зерновое направление), незрелые бобы и семена (овощное направление). Она требовательна к плодородию почвы. Урожайность сортов фасоли в значительной степени зависит от влияния целого ряда различных абиотических и биотических факторов [12, 13].

Фасоль зерновая имеет длительный вегетационный период и выращивается преимущественно в южных регионах. Однако ареал промышленного производства зерновой фасоли расширяется в северном направлении благодаря климатическим изменениям и достижениям селекции [14]. Это происходит из-за повышенного спроса на бобы фасоли, которые отличаются высокой питательной ценностью. Данная культура перспективна как альтернатива в зернопропашных севооборотах. Исследование роста, развития и финитарного состояния посевов в потенциально новых регионах возделывания представляет интерес [15]. Продвижение культуры на новые территории неизбежно сопровождается фитосанитарными рисками, которые мало исследованы вследствие отсутствия производственного опыта выращивания [16].

В литературных источниках имеются сведения об основных болезнях фасоли зерновой в виде перечней потенциально возможных угроз [17, 18]. Однако детальное исследование фитосанитарного состояния посевов представляет актуальность.

Цель работы — исследование влияния климатических и погодных условий на фитосанитарное состояние и урожайность перспективных сортов фасоли для возделывания в Центральном Нечерноземье.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 2021–2023 годах на экспериментальной площадке ФГБНУ «Всероссийский институт фитопатологии», расположенной в Центральном Нечерноземье (Одинцовский р-н, Московская обл., Россия).

Посевы фасоли были выполнены в четырехкратной повторности по методике мелкоделаяночного однофакторного полевого опыта¹.

Для опыта выбраны шесть наиболее перспективных для почвенно-климатических условий региона сортов данной культуры (табл. 1).

Для каждого сорта в полевом опыте учитывали виды болезней, их распространенность и развитие. Для диагностики видов патогенных организмов на делянках полевого опыта были отобраны растительные образцы².

Идентификация возбудителей болезней проведена в Центре коллективного пользования «Государственная коллекция патогенных организмов и растений идентификаторов» ФГБНУ ВНИИФ с использованием стандартных методов выделения микроорганизмов из биоматериала³, по методам культивирования микроорганизмов на питательных средах и микроскопического анализа⁴. Погодные особенности вегетационного сезона в годы исследований проанализированы с использованием справочного материала, баз данных метеонаблюдений в открытом доступе⁵ и собственных замеров в полевых условиях.

Агротехнические исследования образцов почвы опытного участка выполнены на лабораторной базе института и испытательного центра ООО «МГУЛАБ»⁶ (г. Москва, Россия), протокол испытаний от 29.03.2021 № 39176-4 с использованием следующих методов: отбор почвенных проб проводился по ГОСТ Р 58595-2019⁷, определение органического вещества — по ГОСТ 26213-2021⁸, суммы поглощенных оснований — по методу Каппена (ГОСТ 27821-2020)⁹, подвижных соединений фосфора и калия — по ГОСТ 54650-2011¹⁰, массовой доли

Таблица 1. Характеристика сортов фасоли, использованных в полевых опытах

Table 1. Characteristics of bean varieties used in field experiments

Название сорта	Происхождение семян	Сортовая группа	Группа скороспелости
Гелиада	ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»	Зерновая	Средний (среднеспелый)
Кидни	ООО «Агрофирма «Аэлита»	Зерновая	Средний (среднеспелый)
Ласточка	ООО «Агрофирма «Аэлита»	Зерновая	Ранний (раннеспелый)
Креолка	ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»	Овощная	Средний (среднеспелый)
Lotos Spójna	Польша	Овощная	Ранний (раннеспелый)
Рябушка	ООО «Агрофирма «Аэлита»	Спаржевая	Среднеранний
Черные глаза	ООО «Агрофирма «Аэлита»	Спаржевая	Среднеранний
Волга-матушка	ООО «Селекционная фирма «Гавриш»»	Спаржевая	Ранний (раннеспелый)

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 351.

² Межгосударственный стандарт ГОСТ 12430-2019 Методы и нормы отбора образцов подкарантинной продукции при карантинном фитосанитарном досмотре и лабораторных исследованиях. Дата введения в действие: 01.06.2020. 46 с.

³ ГОСТ ISO 11133-2016 Микробиология пищевых продуктов, кормов для животных и воды.

⁴ Watanabe T. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Third Edition. 3, illustrated, revised. CRC Press. 2010; 426.

⁵ https://rp5.ru/Погода_в_Голицыно_Московская_область

⁶ <https://www.msulab.ru/>

⁷ ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб.

⁸ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁹ ГОСТ 27821-2020 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.

¹⁰ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия.

элементов в пробах почв — в соответствии с М-МВИ-80-2008¹¹, приготовление солевой вытяжки и определение ее pH — по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85)¹².

Статистическая обработка полевого опыта проводилась методом дисперсионного анализа, наименьшая существенная разница рассчитывалась по методике Б.А. Доспехова¹³, биометрические показатели растения фасоли обрабатывались методом малой выработки¹⁴.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Нечерноземье характеризуется теплым летом, мягкой и холодной зимой, стабильным снежным покровом и ясными переходными сезонами. Среднемесячное изменение температуры в самый жаркий месяц (июль) составляет 17 °С. Самый холодный месяц в западной части региона — январь с температурой 10 °С. Годовая амплитуда среднемесячной температуры составляет 27,0–28,5 °С [19].

Анализ погодных условий в районе исследования показал, что отклонения основных параметров состояния атмосферного воздуха в течение вегетационного сезона были небольшими (табл. 2).

За три года исследований в период выращивания фасоли наблюдались разнообразные погодные условия. Температуры воздуха ниже биологических потребностей культуры были отмечены в I и II декадах июня 2021 г. и 2022 г., в течение июня 2023 года. В 2022 и 2023 годах ночные температуры воздуха опускались до 10–12 °С, что создавало неблагоприятные условия для роста фасоли. В августе неблагоприятный температурный режим был отмечен в III декаде 2021 г. и 2022-го. Засушливые периоды были в 2021 году (II декада июля), в 2022-м (III декада июня, II декада июля, II и III декады августа), в 2023-м (II декада июня, I декада августа). Теплая и влажная погода, благоприятная для распространения болезней на растениях фасоли, наблюдалась в 2021 году (во II декаде июня и I декаде июля), в 2022-м (в I декаде июля), в 2023-м (в III декаде июня, II и III декадах июля, II декада августа).

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая. Горизонт А — темно-серый с отчетливой зернистой или комковато-зернистой структурой мощностью 30–35 см, постепенно переходит в горизонт В₁ (темно-серый с ясным буроватым оттенком, с комковатой или комковато-призматической структурой) [20]. Чаще всего мощность гумусового слоя составляет 65–70 см. Ниже горизонта В₁ залегает горизонт гумусовых затеков В₂, который часто совпадает с карбонатным иллювиальным горизонтом или очень быстро переходит в него (В_к). Карбонаты здесь в форме мицелия.

Гранулометрический состав почвы в пахотном горизонте среднесуглинистый.

Полученные результаты анализа дерново-подзолистых почв показали следующие данные: pH_{вод.} — 5,91 ± 0,10 (среднекислая); сумма поглощенных оснований — 8,0 ± 1,2 ммоль / 100 г (обеспеченность низкая); органическое вещество — 2,0 ± 0,40% (обеспеченность низкая); подвижные соединения фосфора — 680 ± 140 мг/кг

Таблица 2. Характеристика метеорологических показателей вегетационного периода фасоли в 2021–2023 году (по данным метеостанции г. Голицыно Московской области)

Table 2. Characteristics of meteorological indicators of the growing season of beans in 2021–2023 (according to the data of the weather station in Golitsyno, Moscow region)

Метеорологические показатели	Год наблюдений	Месяцы и декады								
		июнь			июль			август		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Средняя температура воздуха, °С	2021	15,7	16,1	21,0	21,2	24,9	19,7	19,4	19,7	17,0
	2022	17,5	17,6	21,0	21,5	18,4	21,6	21,9	22,5	23,1
	2023	14,0	18,1	17,0	19,7	16,2	17,8	22,3	20,5	15,1
Минимальная температура воздуха, °С	2021	3,7	9,7	10,8	12,6	16,6	14,8	10,4	12,1	7,5
	2022	9,0	11,0	13,0	10,0	11,0	12,0	14,0	13,0	12,0
	2023	2,0	7,0	8,0	11,0	10,0	11,0	13,0	13,0	7,0
Максимальная температура воздуха, °С	2021	23,7	23,6	29,8	22,2	32,2	31,4	28,7	30,7	26,5
	2022	27,0	26,0	22,0	31,0	31,0	31,0	31,0	30,0	32,0
	2023	25,0	28,0	27,0	28,0	27,0	25,0	31,0	28,0	25,0
Количество осадков, мм	2021	75	80,5	26,3	26	6,8	11,2	81	25	16
	2022	10	28	6,3	38	20	13	5,8	0,5	16
	2023	18	1	38	11	53	48	6	48	21
Влажность воздуха, %	2021	67	80	63	67	67	65	51	77	75
	2022	61	65	51	77	64	64	57	48	47
	2023	66	46	71	69	79	80	65	79	81

(обеспеченность очень высокая); обменная форма кальция — 5000 ± 1500 мг/кг (обеспеченность очень высокая).

Перспективность новых сортов фасоли для возделывания в регионе оценивается в первую очередь по комплексу эколого-биологических характеристик, включая устойчивость к болезням. В почвенно-климатических условиях Московской области сорта фасоли нормально развивались и проходили фенологические фазы онтогенеза. Однако отмечен растянутый период созревания плодов, что в целом характерно для данной культуры.

В результате к окончанию фенологического лета не все завязавшиеся на растениях плоды достигли стадии созревания. Полное развитие бобов произошло только на нижнем и среднем плодовых ярусах. Однако растения были хорошо облиственны, по высоте значительных различий у испытываемых сортов не наблюдалось (диапазон показателя 47–50 см). Они достигли следующих морфометрических параметров (табл. 3).

По площади листовых поверхностей выделялись сорта Рябушка и Кидни, у которых этот показатель был выше среднего по испытываемой группе на 11,8–18,3% (рис. 1). Увеличение этого показателя произошло за счет большего числа листьев на кустах относительно других сортов в опыте. Установлено, что на биомассу растений фасоли наибольшее влияние оказывает высота кустов (коэффициент корреляции 0,78). Степень связи с другими морфометрическими показателями низкая ($r^2 = 0,1–0,2$). Биологическая урожайность семян находится в тесной зависимости от площади листьев ($r^2 = 0,72$).

¹¹ М-МВИ-80-2008 Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. Санкт-Петербург.

¹² ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

¹³ Агалаков С.А. Статистические методы анализа данных. Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского. 2017; 92.

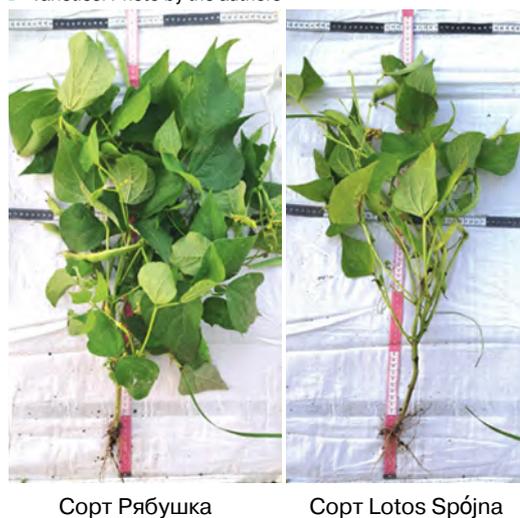
Таблица 3. Морфометрические параметры сортов фасоли в полевом опыте (Московская обл., 2021–2023 гг.)

Table 3. Morphometric parameters of bean varieties in the field experiment (Moscow region, 2021–2023)

Название сорта	Средняя высота, см	Число листьев, шт.	Площадь листьев, см ²	Биомасса растений в воздушно-сухом весе, г	Биологическая урожайность семян, т/га
Группа: зерновая фасоль					
Гелиада	48,11 ± 1,42	18,00 ± 0,72	72,21 ± 2,81	37,12 ± 0,87	0,96 ± 0,08
Кидни	48,95 ± 1,51	25,00 ± 1,00	108,00 ± 4,33	36,45 ± 0,71	1,29 ± 0,07
Ласточка	50,00 ± 1,51	21,00 ± 0,84	83,41 ± 3,32	38,64 ± 0,74	1,03 ± 0,06
Среднее:	49,00	21,33	87,87	37,37	1,09
НСР ₀₅	1,47	0,63	2,63	1,12	0,03
Группа: овощная фасоль					
Креолка	48,20 ± 1,42	20,00 ± 0,80	83,52 ± 3,32	36,60 ± 0,49	0,79 ± 0,04
Lotos Spójna	46,90 ± 1,41	17,00 ± 0,68	89,24 ± 3,53	33,80 ± 0,45	0,92 ± 0,06
Рябушка	45,30 ± 1,81	22,00 ± 0,88	100,10 ± 4,48	35,28 ± 0,61	1,23 ± 0,11
Среднее:	46,81	19,66	90,93	35,22	0,98
НСР ₀₅	1,40	0,58	2,72	1,05	0,02
Группа: спаржевая фасоль					
Черные глаза	48,20 ± 1,41	19,00 ± 0,76	91,8 ± 3,60	36,94 ± 0,68	0,84 ± 0,03
Волга-матушка	47,49 ± 1,41	23,00 ± 0,93	78,6 ± 3,10	35,15 ± 0,62	0,81 ± 0,05
Среднее	47,80	21,00	85,20	36,00	0,83
НСР ₀₅	1,43	0,63	2,55	1,08	0,02

Рис. 1. Морфометрические параметры перспективных сортов фасоли. Фото авторов

Fig. 1. Morphometric parameters of promising bean varieties. Photo by the authors



Корреляционный анализ показал, что среди климатических параметров вегетационного сезона наибольшее влияние на биологическую урожайность фасоли влияет средняя температура периода выращивания с июня по август ($r^2 = 0,98$), что обусловлено высокими потребностями фасоли к теплу. Связь между урожайностью, суммой осадков и средней влажностью воздуха несущественная ($r^2 = 0,1-0,3$).

В результате исследований установлен состав патогенной микрофлоры фасоли при выращивании на дерново-подзолистой почве Московской области. Болезни связаны с поражением растений грибами. Установлено, что видовой состав грибов на различных сортах фасоли идентичен. Они принадлежат к разным биологическим группам, но преобладают сапротрофы, паразиты и гембиотрофы. На семенах обнаружены *Trichothecium roseum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus glaucus*, *Penicillium cycloplum*, *Alternaria macrocarpa*, *Mucor sp.* В первую очередь данные виды поражают семена и проростки.

Установлена следующая локализация грибов: на семядолях — *Penicillium cycloplum*, *Aspergillus glaucus*, на корешках — *Aspergillus niger*, *Trichothecium roseum*, на проростке — *Alternaria macrocarpa* (табл. 4).

Установлено, что на сортах зерновой фасоли высокую степень распространенности и развития получили болезни в фазу проростков (корневые гнили,

загнивание и плесневение семян), которые возникали в I декаде июня. Снижению устойчивости сортов способствовали низкие ночные температуры воздуха (от 2,0 до 9,0 °С) при достаточно высоких нормах осадков.

Значительное развитие корневых гнилей выявлено у сорта овощной фасоли Креолка (8,75%). Сорта спаржевой фасоли проявили устойчивость к корневым гнилям, однако поразились пенициллезом и альтернариозом надземных органов. В годы исследований данные болезни возникали во II и III декадах августа, когда в 2021 и 2023 годах была отмечена влажная, дождливая погода.

Исследованные сорта разделены на группы по устойчивости к инфекции. В меньшей степени поразились семена и проростки сортов Рябушка и Lotos Spójna. Наиболее подвержены корневым гнилям сорта Ласточка и Креолка. Установлено, что наибольшую опасность при прорастании семян представляет гриб *Trichothecium roseum*, который вызывает полную гибель проростка.

Выявлено, что на посевах фасоли доминируют 2–3 вида грибов в виде комплексов. Поражение двумя видами приводит к снижению всхожести до 81,6%. Комплекс грибов в составе *Aspergillus niger*, *Penicillium cycloplum*, *Alternaria macrocarpa* способен снижать всхожесть семян фасоли в два раза (до 53,5%). Наибольшая степень поражения отмечена грибами *Trichothecium roseum*, *Aspergillus niger*, *Alternaria macrocarpa*, *Penicillium cycloplum*.

Таблица 4. Фитосанитарное состояние посевов фасоли в условиях опытного участка (2021–2023)

Table 4. Phytosanitary status of bean crops in the conditions of the pilot site (2021–2023)

Сорта фасоли	Болезни	Возбудитель	Распространенность, %	Развитие, %	Ранг по фитосанитарному риску
Группа: зерновая фасоль					
Гелиада	корневая гниль	<i>Aspergillus niger</i>	20,5 ± 1,6	3,25	II средний уровень риска
Кидни	загнивание семян	<i>Trichothecium roseum</i>	16,9 ± 1,6	3,42	II средний уровень риска
Ласточка	плесневение семян	<i>Aspergillus glaucus</i>	21,2 ± 1,6	8,39	III высокий уровень риска
Группа: овощная фасоль					
Креолка	корневая гниль	<i>Aspergillus niger</i>	19,5 ± 1,6	8,75	III высокий уровень риска
Lotos Spójna	пятнистость листьев	<i>Alternaria sp.</i>	15,4 ± 1,8	1,51	I низкий уровень риска
Группа: спаржевая фасоль					
Рябушка	гниль плодов	<i>Penicillium sp.</i>	17,6 ± 1,6	1,05	I низкий уровень риска
Черные глаза	пятнистость листьев	<i>Alternaria sp.</i>	18,5 ± 1,6	4,61	II средний уровень риска
Волга-матушка	гниль плодов	<i>Penicillium sp.</i>	18,4 ± 1,6	4,47	II средний уровень риска
НСР ₀₅				0,28	

Выводы/Conclusion

Таким образом, для дерново-подзолистых почв Центрального Нечерноземья фасоль является перспективной зернобобовой культурой. Значительные колебания погодных условий в период вегетации (особенно температурного режима и количества осадков) влияют на урожайность и фитосанитарное состояние посевов данной культуры.

Для рассматриваемого региона выявлен состав патогенной микофлоры посевов фасоли, вызывающий корневые гнили и пятнистости листьев. Сорта показали различную устойчивость к микозам. На основании исследования распространенности болезней, их развития вперед вегетации и плодоношения выделены два сорта с низким уровнем фитосанитарных рисков — Рябушка и Lotos Spójna, которые, по результатам исследований, наиболее перспективны для выращивания в промышленных посевах региона.

Установлено, что развитие болезней у сорта Рябушка ниже на 77%, у Lotos Spójna — на 67%, поэтому эти сорта имеют повышенную устойчивость к *Penicillium sp.*, *Alternaria sp.* Они отнесены к первой группе и являются наиболее перспективными сортами для возделывания на дерново-подзолистых почвах. Выявлено, что данные сорта меньше других реагируют на погодные условия Нечерноземной зоны, что сказывается на высокой урожайности.

Потенциальная урожайность у сорта Рябушка — 1,23 т/га, у Lotos Spójna — 0,92 т/га, что подтверждает их перспективность.

Установлено, что наибольшую опасность для фасоли на дерново-подзолистых почвах представляют *Trichothecium roseum*, *Aspergillus niger*, *Alternaria macrocarpa*, *Penicillium cycloplum*. Это необходимо учитывать при разработке систем защиты.

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. Isaev S.H., Safarova H.H., Najmiddinov M.M., Jumabaev F.N. Grain yield of repetitive mung bean variety marjon, after autumn wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 — Papers"*. IOP Publishing Ltd. 2021; 937: 022132. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022132>
2. Войцеховский В.И., Слободяник Г.Я., Ребезов М.Б., Сметанская И.Н. Оценка перспективных сортов картофеля. *Техника. Технологии. Инженерия*. 2017; 2(4): 90–92. <https://www.elibrary.ru/ykivizv>
3. Войцеховский В.И., Слободяник Г.Я., Токарь А.Е., Бережняк Е.М., Ребезов М.Б. Товарность разных гибридов перца сладкого. *Качество продукции, технологий и образования. Материалы XV Международной научно-практической конференции. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова*. 2020; 126–129. <https://www.elibrary.ru/sydpst>
4. Новикова Л.Ю., Берзегова А.А., Гуркина М.В., Буравцева Т.В. Стабильность продуктивности и периода вегетации фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в контрастных эколого-географических условиях. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023; 184(3): 105–115. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-3-105-115>
5. Porsev I.N., Polovnikova V.V., Subbotin I.A., Abylkanova A.O. Crop productivity and variety differences in the content of major nutrient elements in the seeds of garden bean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian conference on innovations in agricultural and rural development (AGROCON-2019)*. IOP Publishing Ltd. 2019; 341: 012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012090>
6. Бельшикина М.Е. Анализ изменения агроклиматических условий в Центральном районе Нечерноземной зоны и оценка возможности интродукции сои в новые регионы возделывания. *Природообустройство*. 2023; (4): 21–27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-4-21-27>
7. Берзегова А.А., Сапиев Ю.А. Результаты изучения коллекционных образцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в предгорной зоне Северо-Западного Кавказа. *Аграрная наука*. 2022; (6): 80–85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-80-85>
8. Жаркова С.В., Филиппова А.С. Результаты изучения сортообразцов фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) в условиях Приобской зоны Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2023; (3): 16–22. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-221-3-16-22>
9. Belyaev A.I., Petrov Yu.N., Pavlenko V.N., Pavlenko A.V., Aksenov M.P. Dependences of the yield of common beans on agrotechnical factors in the zone of chestnut soils of the astrakhan region. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex. 2023; 71: 1005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101005>
10. Mazhitova Zh.S., Khasenova Zh.O., Isayev A.U. Cultivation of fodder beans at the Zarechny state farm during the development of virgin lands in Kazakhstan. *II International scientific and practical conference "Improving energy efficiency, environmental safety and sustainable development in agriculture" (EESTE-II-2022)*. Bristol, UK. 2023; 1154: 12057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1154/1/012057>
11. Polyakova E.D., Safronova O.V., Pavlikova A.V., Strelnikova L.V., Evdokimova O.V., Lazareva T.N. The study of the mineral composition of seeds and bean flaps in order to use as ingredients of specialized food products. *International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021)*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1010: 012137. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012137>

REFERENCES

1. Isaev S.H., Safarova H.H., Najmiddinov M.M., Jumabaev F.N. Grain yield of repetitive mung bean variety marjon, after autumn wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East, AFE 2021 — Papers"*. IOP Publishing Ltd. 2021; 937: 022132. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/2/022132>
2. Wojciechowski V.I., Slobodyanik G.Ya., Rebezov M.B., Smetanskaya I.N. Evaluation of promising potato varieties. *Technic. Technologies. Engineering*. 2017; 2(4): 90–92. <https://www.elibrary.ru/ykivizv>
3. Wojciechowski V.I., Slobodyanik G.Ya., Tokar A.E., Berezhnyak E.M., Rebezov M.B. Marketability of different sweet pepper hybrids. *The quality of products, technologies and education. materials of the XV International Scientific and Practical Conference. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*. 2020; 126–129. <https://www.elibrary.ru/sydpst>
4. Novikova L.Yu., Berzegova A.A., Gurkina M.V., Buravtseva T.V. Productivity and growing-season stability in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under contrasting ecogeographic conditions. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2023; 184(3): 105–115 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-3-105-115>
5. Porsev I.N., Polovnikova V.V., Subbotin I.A., Abylkanova A.O. Crop productivity and variety differences in the content of major nutrient elements in the seeds of garden bean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian conference on innovations in agricultural and rural development (AGROCON-2019)*. IOP Publishing Ltd. 2019; 341: 012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012090>
6. Belyshkina M.E. Analysis of changes in agroclimatic conditions in the Central region of the Non-Chernozem zone and assessment of the possibility of introducing soybeans into new cultivation regions. *Prirodoobustrojstvo*. 2023; (4): 21–27 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-4-21-27>
7. Berzegova A.A., Sapiev Yu.A. Results of the study of collection specimens of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the foothill zone of the Northwestern Caucasus. *Agrarian science*. 2022; (6): 80–85 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-80-85>
8. Zharkova S.V., Filippova A.S. Results of studying common bean accessions (*Phaseolus vulgaris* L.) under the conditions of the Altai Region's Ob River Area. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2023; (3): 16–22 (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2023-221-3-16-22>
9. Belyaev A.I., Petrov Yu.N., Pavlenko V.N., Pavlenko A.V., Aksenov M.P. Dependences of the yield of common beans on agrotechnical factors in the zone of chestnut soils of the astrakhan region. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex. 2023; 71: 1005. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101005>
10. Mazhitova Zh.S., Khasenova Zh.O., Isayev A.U. Cultivation of fodder beans at the Zarechny state farm during the development of virgin lands in Kazakhstan. *II International scientific and practical conference "Improving energy efficiency, environmental safety and sustainable development in agriculture" (EESTE-II-2022)*. Bristol, UK. 2023; 1154: 12057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1154/1/012057>
11. Polyakova E.D., Safronova O.V., Pavlikova A.V., Strelnikova L.V., Evdokimova O.V., Lazareva T.N. The study of the mineral composition of seeds and bean flaps in order to use as ingredients of specialized food products. *International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science" (AEES 2021)*. IOP Publishing Ltd. 2022; 1010: 012137. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012137>

12. Левакова О.В. и др. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ. *Юг России: экология, развитие*. 2022; 17(1): 128–135.
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-128-135>

13. Nadezkin S.M., Ushakov V.A., Pronina E.P., Antoshkin A.A., Molchanova A.V. The effectiveness of applying mineral fertilizers in the cultivation of green bean for seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 International scientific conference on sustainable and innovative development in the digital age, SIDDA 2020*. IOP Publishing Ltd. 2021; 650: 012070.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012070>

14. Мазука Е.С., Анохина В.С., Янковская Г.П. Коллекционные образцы овощной фасоли по фенотипическому проявлению хозяйственно ценных признаков. *Аграрная наука*. 2005; (2): 13–15.
<https://www.elibrary.ru/pkrztx>

15. Садыхова Л.Г. О закономерностях роста плодов и семян фасоли. *Аграрная наука*. 2012; (11): 11.
<https://www.elibrary.ru/pkshyz>

16. Подковыров И.Ю., Сметанников А.П. Эффективность гербицидной борьбы с однодольными сорными растениями в посевах фасоли на дерново-подзолистой почве. *Биосфера*. 2022; 14(4): 367–369.
<https://www.elibrary.ru/cgvvqv>

17. Енгальчева И.А. и др. Особенности развития вируса обыкновенной мозаики фасоли (*Potyivirus, Potyviriidae*) в условиях Московского региона и исходный материал для селекции на устойчивость. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(5): 901–919.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.901rus>

18. Енгальчева И.А., Козарь Е.Г. Основные направления исследований вирусных болезней овощных культур в ФГБНУ ФНЦО (мониторинг, иммунитет, источники устойчивости). *Аграрная наука*. 2019; (S3): 79–85.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-79-85>

19. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (3): 34–39.
<https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-34-39>

20. Никифоров С.В., Кузнецова Е.И., Кузнецова И.П. Климатические условия при выращивании различных сельскохозяйственных культур на территории Московской области (монография) *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014; (6): 153.
<https://www.elibrary.ru/sbzokv>

12. Levakova O.V. et al. Influence of agrometeorological climate changes on grain productivity of spring barley in the Non-chernozem zone of the Russian Federation. *South of Russia: ecology, development*. 2022; 17(1): 128–135 (in Russian).
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-128-135>

13. Nadezkin S.M., Ushakov V.A., Pronina E.P., Antoshkin A.A., Molchanova A.V. The effectiveness of applying mineral fertilizers in the cultivation of green bean for seeds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020 International scientific conference on sustainable and innovative development in the digital age, SIDDA 2020*. IOP Publishing Ltd. 2021; 650: 012070.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012070>

14. Mazuka E.S., Anokhina V.S., Yankovskaya G.P. Collectible samples of vegetable beans according to the phenotypic manifestation of economically valuable signs. *Agrarian science*. 2005; (2): 13–15 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/pkrztx>

15. Sadyhova L.G. About natural growth of harison bean fruits and seeds. *Agrarian science*. 2012; (11): 11 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/pkshyz>

16. Podkovyrov I.Yu., Smetannikov A.P. Herbicides effectiveness against weeds in beans (*Phaseolus vulgaris*) crops on sod-podzol soils. *Biosphere*. 2022; 14(4): 367–369 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/cgvvqv>

17. Engalycheva I.A. et al. Development peculiarities of bean common mosaic virus (*Potyivirus, Potyviriidae*) in Moscow region and initial material for resistance breeding. *Agricultural Biology*. 2020; 55(5): 901–919.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.901eng>

18. Engalycheva I.A., Kozar E.G. Key research areas for vegetable crops in Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) (monitoring, immunity, resistance sources). *Agrarian science*. 2019; (S3): 79–85 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-3-79-85>

19. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E. Agroclimatic characteristics of regions of the Non-Black Soil Zone of the Russian Federation and suitability estimation for cultivation of modern early soybean varieties. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021; (3): 34–39 (in Russian).
<https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-34-39>

20. Nikiforov S.V., Kuznetsova E.I., Kuznetsova I.P. Climatic conditions in the cultivation of various crops in the Moscow region (monograph). *International journal of applied and fundamental research*. 2014; (6): 153 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/sbzokv>

ОБ АВТОРАХ

Игорь Юрьевич Подковыров

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
 заведующий лабораторией
 parmelia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0505-4094>

Александр Павлович Сметанников

аспирант
 smetannikov34@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0532-0199>

Всероссийский научно-исследовательский институт
 фитопатологии,
 ул. Институт, 5, раб. пос. Большие Вязёмы, Одинцовский р-н,
 Московская обл., 143050, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Igor Yurievich Podkovyrov

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
 Head of the laboratory
 parmelia@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0505-4094>

Alexander Pavlovich Smetannikov

Graduate Student
 smetannikov34@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0532-0199>

All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,
 5 Institute Str., Bolshye Vyazemy work settlement, Odintsovo district,
 Moscow region, 143050, Russia

УДК 632.4.01/.08

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153

С.Э. Некляев ✉

Г.Е. Ларина

Л.Г. Серая

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
раб. пос. Большие Вязёмы, Московская обл., Россия

✉ slava9167748107@yandex.ru

Поступила в редакцию: 27.08.2024

Одобрена после рецензирования: 13.09.2024

Принята к публикации: 27.09.2024

© Некляев С.Э., Ларина Г.Е., Серая Л.Г.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153

Svyatoslav E. Neklyayev ✉

Galina E. Larina

Lydia G. Seraya

All-Russian Scientific Research Institute
of Phytopathology, Bolshye Vyazemy,
Moscow region, Russia

✉ russad66@mail.ru

Received by the editorial office: 27.08.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Neklyayev S.E., Larina G.E., Seraya L.G.

Сукцессионные изменения афиллофоровых макромицетов на разных этапах ксилолиза хвойных пород

РЕЗЮМЕ

Состояние современных полезащитных насаждений в хвойно-широколиственных лесах Нечерноземной зоны характеризуется большой неоднородностью. В настоящее время управление как защитными лесными насаждениями, так и полезащитными древесными насаждениями ведется экстенсивным методом, часто без учета биологических связей в агрофитоценозе. Сукцессионные изменения афиллофоровых макромицетов (АФКС) на разных этапах ксилолиза крупного древесного отпада представляют собой сложный биохимический процесс. К лимитирующим условиям активного роста грибного мицелия внутри древесины относят свет, доступ к влаге и воздуху, нарушения в водном транспорте. По мере развития микогенного ксилолиза наблюдается рост биоразнообразия видов АФКС, которое достигает максимума на стадии III–IV. На большом массиве данных из 332 модельных деревьев и 3543 базидиом ксилотрофных базидиомицетов было установлено наличие корреляционных связей между поселением на субстрате различных экологических групп АФКС, участвующих в ксилолизе. Показано, что плодовые тела грибов активно формируются в условиях абиотического стресса и в последующие сезоны число их увеличивается. При использовании АФКС в качестве индикаторов стадии ксилолиза хвойных пород необходимо учитывать, что развитие мицелия зависит от особенностей строения древесины. Ход развития мицелия в поперечном сечении ствола сопряжен как с действием внешних факторов среды, так и процессов интерференции между видами. Вместе с этим большое значение при полевой идентификации имеют частота образования базидиом и их возраст.

Ключевые слова: ксилолиз, древесина, афиллофоровые грибы, хвойные породы

Для цитирования: Некляев С.Э., Ларина Г.Е., Серая Л.Г. Сукцессионные изменения афиллофоровых макромицетов на разных этапах ксилолиза хвойных пород. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 145–153. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153>

Successional changes in aphyllophorales macromycetes at different stages of coniferous xylolysis

ABSTRACT

The state of modern protective plantations in coniferous-deciduous forests of the Non-Chernozem zone is characterized by great heterogeneity. Currently, both protective forest plantations and protective tree plantations are managed by an extensive method, often without taking into account biological relationships in the agrophytocenosis. Successional changes in Aphyllophorales macromycetes (AFMM) at different stages of xylolysis of large tree debris represent a complex biochemical process. The limiting conditions for the active growth of fungal mycelium inside wood include light, access to moisture and air, violations in water transport. As mycogenic xylolysis develops, there is an increase in the biodiversity of AFMM species, which reaches a maximum at stage III–IV. On a large data set of 332 model trees and 3,543 basidiomes of xylophilic basidiomycetes, the presence of correlations between the settlement on the substrate of various ecological groups of AFMM involved in xylolysis was established. It has also been shown that the fruit bodies of fungi are actively formed under conditions of abiotic stress and their number increases in subsequent seasons. When using AFMM as indicators of the xylolysis stage of coniferous species, it is necessary to take into account that the development of mycelium depends on the structural features of the wood. The course of mycelium development in the trunk cross-section is associated with both the action of external environmental factors and interference processes between species. At the same time, the frequency of basidioma formation and their age are of great importance in field identification.

Key words: xylolysis, wood, Aphyllophorales fungi, conifers

For citation: Neklyayev S.E., Larina G.E., Seraya L.G. Successional changes in aphyllophorales macromycetes at different stages of coniferous xylolysis. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 145–153 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-145-153>

Введение/Introduction

Суммарное накопление разрушенных насаждений под воздействием ветровалов (буреломов) увеличилось за 2010–2021 гг. с 3198 до 78 501 га. Участки ветровалов и буреломов становятся местами накопления патогенов, споры которых с ветром и влагой свободно проникают в зеленые насаждения городских поселений, часто представленные зрелыми, старовозрастными деревьями [1–3]. Процесс ксилотрофии на протяжении уже почти двух столетий изучается многими исследователями [4, 5].

Консортиальная ассоциация сапроксильных организмов, формирующаяся на упавших стволах, объединяет бактерии, фитоплазмы, микро- и макромицеты [6]. Ведущую роль в процессе микогенного ксилотрофизма занимают афиллофоровые ксилотрофные макромицеты (АФКС) [6–10]. Их споры различными путями проникают в глубокие слои древесины под воздействием погодных условий или перфорации сапроксильными насекомыми, где они успешно прорастают, последовательно образуя мицелий [11, 12]. Активное освоение АФКС, доступных для питания веществ, истощает субстрат и стимулирует грибы к образованию базидиом [10–14].

Эта особенность особенно ценна для установления стадии ксилотрофии, так как описанные в действующей нормативно-правовой базе критерии данного процесса устанавливают несоразмерно укрупненные критерии разрушения древесины, что ограничивает своевременное проведение лесохозяйственных работ [15]. Хозяйственная и экологическая важность исследований участка АФКС в ксилотрофии остается актуальной для лесной фитопатологии, и, несмотря на огромное количество работ по деятельности афиллофоровых грибов, процессы развития их мицелия внутри древесины хвойных пород еще недостаточно изучены.

Цель исследования — изучить распределение и степень освоения субстрата дереворазрушающими грибами (ДРГ), в том числе ход развития мицелия в поперечном сечении ствола для ведущих АФКС, влияние факторов среды на интенсивность микогенного ксилотрофизма и взаимодействие между экологическими группами грибов при последовательном поселении на субстрате.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены в Московской области в 2015–2023 гг. в зоне хвойно-широколиственных лесов, в лесопарковых насаждениях и зеленых зонах городских поселений на 157 участках, где проводили закладку 332 модельных деревьев. Их отбирали по биологическим признакам дереворазрушающих стадий в соответствии со шкалой распределения стадий ксилотрофии [2, 5].

На основании анализа видовой разнообразия АФКС были определены в качестве объектов исследования 36 видов афиллофоровых макромицетов, имеющих наибольшее распространение при ксилотрофии, из них 21 вид грибов возбудителей белой гнили, 15 видов грибов возбудителей бурой гнили.

Модельные деревья отбирали со сломом ствола в комлевой части в результате воздействия ураганных ветров. Деревья по возрасту и толщине соответствовали среднему диаметру и возрасту насаждений согласно данным таксационных описаний лесоустройства 2015 и 2020 годов.

С целью полноты выборки была применена методика замены временных рядов пространственными, то есть в данном случае это подбор объектов разной давности усыхания¹. На них были проведены замеры длины ствола, высоты остолопа (пня) для буреломных экземпляров, диаметра ствола и индекса состояния древесины², отмечали сохранность ветвей и коры. Контроль влажности древесины проводили с помощью поверенного гигрометра СЕМ DT-129 (СЕМ, Китай) (диапазон влажности от 6 до 99,9%, диапазон температуры — от -35 °С до +85 °С)³.

С каждого модельного дерева отбирали образцы на высоте 1 м, 3 м, 6 м, 12 м, 18 м, 24 м, где оценивали повреждения, нанесенные ДРГ⁴. Для этого модельные деревья открывали с шагом разделки ствола в соответствии с требованиями товарного сортамента по ГОСТ 9463-2016⁵ и необходимостью оценки стадии разложения древесины по всей протяженности ствола [7].

Для определения доли гнили применяли формулы геометрического расчета объема усеченного конуса. Для взятия образцов со стволов с долей гнили более 90% применяли почвоотборник ручной (ботанический нож), 30 см (Россия). В связи с этим объем гнили образцов равен объему почвенного бура. С модельных деревьев были получены 1328 образцов для определения стадии и типа разложения. Величину объема ствола брали из региональных таблиц хода роста полных сосновых древостоев зоны смешанных лесов европейской части России⁶. Расчет доли гнили ствола проводили по формуле усеченного конуса как среднее геометрическое объемов гнили модельных отрубков:

$$V = \frac{1}{3}\pi h(r_1^2 + r_1 \times r_2 + r_2^2),$$

где: h — высота отрубка, см; r_1 и r_2 — радиусы гнили у основания и вершины конуса соответственно, см.

На образцах древесины были произведены замеры распространения гнилей относительно положения ствола на поперечном спиле. Упавшие стволы находились в горизонтальном положении, измерения проводили по восьми направлениям относительно комлевой части: верх, 1/8, правая сторона, 3/8, низ, 5/8, левая сторона, 7/8. Низом признавали сторону, обращенную к земле⁶.

С модельных деревьев были собраны 3543 базидиомы. Образцы базидиом афиллофоровых макромицетов отбирали и гербаризировали.

Идентификацию видовой принадлежности проводили по морфологическому строению с использованием определителей^{7, 8}.

¹ Веревкин А.Н., Кононов Г.Н., Сердюкова Ю.В. Биодegradация древесины ферментными комплексами дереворазрушающих грибов. Лесной вестник. 2019; 23(5): 95–100.

² ГОСТ 18610-82 Древесина. Метод полигонных испытаний стойкости к загниванию.

³ Boddy L., Frankland J., Van West P. Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes. Amsterdam: Academic Press. 2007; 386.

⁴ Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. М.: Лесная промышленность. 1984; 152.

⁵ ГОСТ 9463-2016 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия.

⁶ Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. М.: Федеральное агентство лесного хозяйства. 2008; 886.

⁷ Zabel R.A., Morrell J.J., Robinson S. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention. London: Academic Press. 2020; 556.

⁸ Стороженко В.Г., Крутов В.И., Руоколайнен А.В., Коткова В.М., Бондарцева М.А. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов Русской равнины. М.: КМК. 2014; 198.

Экспериментальные исследования АФКС на интенсивность разрушения древесины, моделирования процессов разложения и выведения базидиом проводили *in vitro* методом чистых культур^{9, 10}.

Методом прямого микроскопирования¹¹ исследовали интенсивность разрушения древесины АФКС с применением оптического микроскопа Nikon E200 (Nikon, Япония) (увеличение 40X-1500X) и бинокулярного стереоскопического МБС-9 (увеличение 3,3X-100X). Номенклатура грибов приведена в соответствии с Index Fungorum¹².

Статистическую обработку проводили в пакете Excel (2016 г.), Statistica 8.0 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При изучении видового состава АФКС наибольшее значение имеет определение видового состава экологических групп, участвующих в разрушении древесины, в частности биотрофов, первичных сапротрофов или ксилотрофов, вторичных сапротрофов или сапроксилофитов, третичных сапротрофов или сапроксилофитов-гумификаторов.

При анализе видового состава АФКС в среднем на одном дереве ели поселяются 3,3 вида грибов. Всего выявлены 27 ДРГ макромицетов, из них собственно к АФКС относятся 25 видов. Два вида представляют порядок *Agaricales* из рода *Armillaria* и рода *Mycena*. На всех модельных деревьях были отмечены процессы интерференции. При них виды, занимающие доминантное положение, благополучно начинали плодоносить, в то время как минорные виды образовывали небольшие участки плодоношения. При выделении их в чистую культуру развитие мицелия шло полноценно.

При анализе видового состава ДРГ при ксилотрофии сосны обыкновенной установлено, что среднее количество видов грибов на одном дереве совпадает с данными, полученными для ели европейской. Всего на модельных деревьях выявлены 24 ДРГ, из них собственно к АФКС относятся 22 вида. Два вида, так же как и на ели, представляют порядок *Agaricales*. Особенность строения ядровой древесины ограничивает доступный для расщепления энзимами субстрат, что уменьшает не только возможности поселения, но и вызывает выраженные процессы интерференции между видами.

Особенности развития мицелия внутри субстрата были прослежены на спилах с модельных деревьев ели европейской и сосны обыкновенной. В качестве объектов исследования были определены виды, имеющие высокую частоту встречаемости и формирующие плодовые тела, которые являются или многолетними, или сохраняются на протяжении нескольких сезонов.

Для ели европейской такими видами являются *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. 1881, *Trichaptum abietinum* (Pers. ex J.F. Gmel.) Ryvarden, *Rhodofomes roseus* (Alb. & Schwein.) Kotl. & Pouzar 1990, *Coniophora olivacea* (Fr.) P. Karst.

1882, *Gloeophyllum sepiarium* (Wulfen) P. Karst. 1882, для сосны обыкновенной — *Trichaptum fuscoviolaceum* (Ehrenb.) Ryvarden 1972, *Trichaptum abietinum*, *Fomitopsis pinicola*, *Coniophora olivacea*, *Coniophora arida* (Fr.) P. Karst. 1868, *Neoantrodia serialis* (Fr.) Audet 2017.

При анализе развития гнилей внутри ствола ели *Fomitopsis pinicola* и *Trichaptum abietinum* установлено, что оба гриба наиболее успешно формируют мицелий в древесине верхней части лежащего ствола, равномерно распространяясь по бокам. При этом *Trichaptum abietinum* стремится занять верхнюю поверхность ствола, хотя при отсутствии конкуренции с *Fomitopsis pinicola* на стволах на II стадии ксилотрофии может занимать и всю боковую поверхность, заходя на ветви первого порядка. Если *Fomitopsis pinicola* проникает на всю глубину ствола, увлажняя субстрат в пределах 61,9–68,9%, то *Trichaptum abietinum* развивается, не проникая глубже средней зоны флоэмы, с увлажнением субстрата в пределах 37–40,6% (рис. 1).

Сапроксилофиты имеют иной характер развития мицелия, что видно из диаграмм увлажнения субстрата. *Rhodofomes roseus* формирует мицелий относительно поперечного сечения ствола достаточно схожий с *Fomitopsis pinicola*, выбирая верхние поверхности для формирования плодовых тел, он увлажняет субстрат в пределах 57–65,5%.

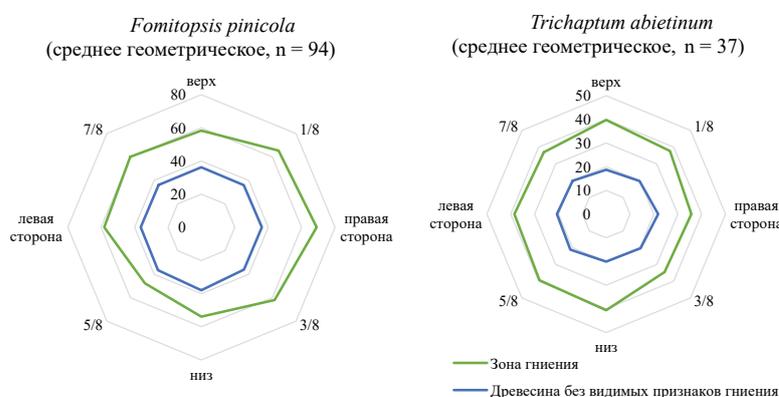
Это может говорить об освоении субстрата после первичных сапротрофов. При этом в направлении нижней части ствола его мицелий продвигается медленнее из-за возможной интерференции с *Coniophora olivacea*. *Coniophora olivacea*, наоборот, предпочитает занимать менее освещенные участки, охватывая ствол снизу, в среднем увлажняя субстрат до 79,7%. *Gloeophyllum sepiarium* предпочитает преимущественно наиболее освещенную поверхность, в то время как *Trichaptum abietinum* развивается во флоэме, незначительно увлажняя субстрат в пределах 37,5–54,4% (рис. 2).

Сравнительный анализ увлажнения субстрата показал, что АФКС хронологически неравномерно, но последовательно осваивают субстрат, вступая в интерференцию между собой.

При ксилотрофии сосны обыкновенной *Trichaptum fuscoviolaceum* и *Trichaptum abietinum* формируют

Рис. 1. Распределение влажности древесины в результате жизнедеятельности ксилотрофных грибов в плоскости сечения ствола ели европейской

Fig. 1. Distribution of wood moisture as a result of the vital activity of xylophilic fungi in the cross-sectional plane of the trunk of the European spruce



⁹ Красуцкий Б.В. Краткий атлас некоторых ксилофильных грибов Челябинской области. Челябинск: Издательство ЧелГУ. 2021; 192.

¹⁰ Там же.

¹¹ Ильина Г.В., Ильин Д.Ю. Ксилотрофные базидиомицеты в чистой культуре. Пенза: РИО ПГСХА. 2013; 222.

¹² Камзолкина О.В., Богданова А.Г. Методические пособие по микроскопии в исследованиях грибов и водорослей. М: Товарищество научных изданий КМК. 2017; 115.

¹³ <http://www.indexfungorum.org>

мицелий схожим образом, как на ели. Мицелий развивается в пределах кольца флоэмы. Однолетние плодовые тела развиваются на боковых и верхней поверхности ствола, при этом различие в увлажнении субстрата незначительное. Если в верхней части увлажнение находится в пределах 45,5–46,8% у *Trichaptum fuscoviolaceum*, 32,2–36,2% у *Trichaptum abietinum*, то в нижней части эти пределы, соответственно, 51,4–58,3% и 37,2–40,6%.

Характер увлажнения субстрата *Fomitopsis pinicola* при поселении на сосне иной, чем на ели. Гриб, так же как и представители рода *Trichaptum*, развивается во флоэме, предпочитая менее освещенную правую сторону ствола и в среднем увлажняя субстрат в 47,9%, что близко к показаниям, полученным на ели (рис. 3).

Сапроксилотрофы *Coniophora olivacea* и *Coniophora arida* предпочитают нижнюю часть ствола, что, возможно, связано как с особенностями физиологии грибов, так и с интерференцией с представителями рода *Trichaptum*. В отличие от обитания на ели, предельное увлажнение субстрата внизу ствола у *Coniophora olivacea* составляет 76,0%, а у *Coniophora arida* — 66,7%, что значительно ниже, чем на ели.

Neoantrodia serialis близок по характеру формирования мицелия в субстрате к *Fomitopsis pinicola*, но предпочитает более освещенную левую сторону ствола, где увлажняет субстрат до 67,1% (рис. 4).

Проведенный сравнительный анализ увлажнения субстрата на сосне показал, что АФКС, так же как и на ели, неравномерно хронологически осваивают

Рис. 2. Распределение влажности древесины в результате жизнедеятельности сапроксилотрофных грибов в плоскости сечения ствола ели европейской

Fig. 2. Distribution of wood moisture as a result of saproxytrophic fungi activity in the cross-sectional plane of the European spruce trunk

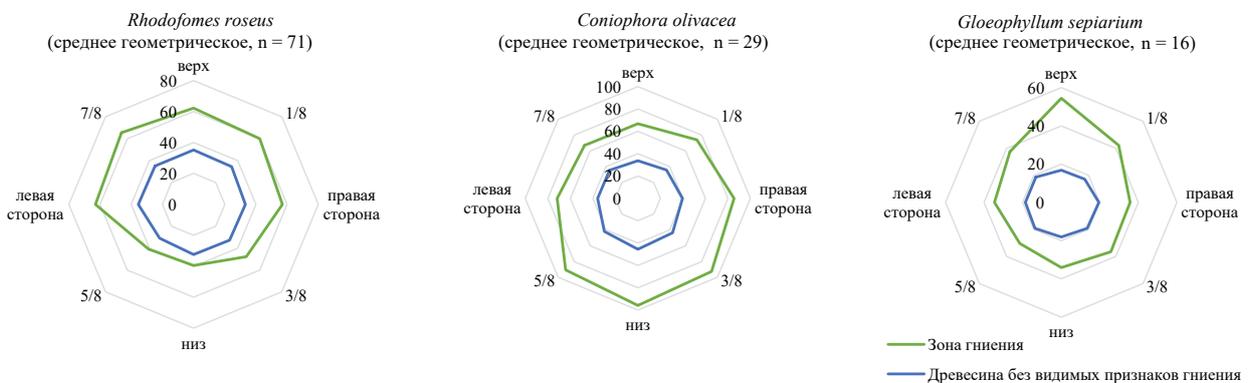


Рис. 3. Распределение влажности древесины в результате жизнедеятельности ксилотрофных грибов в плоскости сечения ствола сосны обыкновенной

Fig. 3. Distribution of wood moisture as a result of the vital activity of xylophilic fungi in the cross-sectional plane of the trunk of the Scots pine

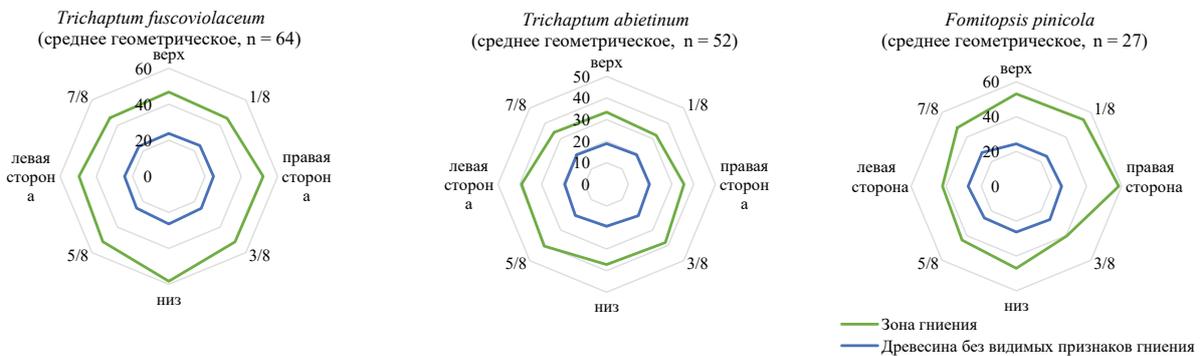


Рис. 4. Распределение влажности древесины в результате жизнедеятельности сапроксилотрофных грибов в плоскости сечения ствола сосны обыкновенной

Fig. 4. Distribution of wood moisture as a result of saproxytrophic fungi activity in the cross-sectional plane of the trunk of the Scots pine



субстрат, при этом имеют более острую интерференцию между друг другом, но АФКС не могут проникнуть в ксилему ядра, что видно на диаграмме.

Для решения вопроса о предпочтении АФКС той или иной части ствола были проведены измерения освещенности мест образования плодовых тел. Так, при ксилотрофии ели *Trichaptum abietinum* и *Gloeophyllum sepiarium* образуют плодовые тела на участках со средней освещенностью в 5128,8 ЛК и 5051,4 ЛК соответственно, что составляет 56–57% от дневного июльского максимума. В то время как *Fomitopsis pinicola* образует плодовые тела на участках со средней освещенностью 3079,4 ЛК, или 34% от светового максимума. К нему близок *Rhodofomes roseus*, образующий базидиомы на участках со средней освещенностью 2691,2 ЛК, что составляет 30% от максимума.

Coniophora olivacea может образовывать плодовые тела только в нижней части ствола, где освещенность составляет 1078,4 ЛК, что составляет только 11% от максимума. Промежуточное положение занимает *Pycnoporellus fulgens* (Fr.) Donk 1971, который образует базидиомы на участках со средней освещенностью в 1904,4 ЛК, что составляет 21% от максимума.

АФКС, участвующие в ксилотрофии сосны, показывают большую устойчивость к освещению. *Trichaptum fuscoviolaceum* и *Trichaptum abietinum* формируют базидиомы на участках со средней освещенностью 2425 ЛК, что составляет 27% от максимума, и 4234 ЛК (или 47%) от максимума.

Fomitopsis pinicola, так же как и на ели, избегает участков с высокой освещенностью, образуя базидиомы на местах со средней освещенностью 1558 ЛК, что составляет 17% от максимума. Сапроксилотрофы предпочитают менее освещенные участки. *Neoantrodia serialis* плодоносит на участках со средней освещенностью 2485 ЛК, что составляет 28% от максимума. *Coniophora olivacea*, как и на ели, предпочитает совсем слабоосвещенные участки (737 ЛК, или 8% от максимума).

Близкий по систематическому положению *Coniophora arida*, наоборот, образует базидиомы на участках со средней освещенностью 3423 ЛК (38% от максимума). *Fuscopostia fragilis* (Fr.) B.K. Cui, L.L. Shen & Y.C. Dai 2018 способен плодоносить на участках со средней освещенностью в 6657 ЛК (74% от максимума).

На основе анализа данных о видовом разнообразии и встречаемости АФКС на модельных деревьях ели установлена нелинейная последовательность смены видов на субстрате. Так, на I стадии ксилотрофии ели *Fomitopsis pinicola* поселяется на субстрате, находясь в конкуренции с доминирующим на нижней трети ствола *Heterobasidion parviporum* Niemelä & Korhonen 1998, который занимает в этой части 55% от общего объема доступного субстрата, вместе с этим на средней и верхней частях ствола он почти полностью доминирует.

На 3 м и 6 м на хорошо освещенных участках поселяется *Trichaptum abietinum*, занимая 75% и 29% субстрата соответственно. Это происходит из-за того, что *Fomitopsis pinicola* испытывает высокий стресс при нагревании на солнце.

На II стадии *Fomitopsis pinicola* вытесняет доминирующий ранее *Heterobasidion parviporum*. До 6 м он занимает 32–37% субстрата, на 12 м — 12–23%, вместе с этим на 6 м вдвое увеличивается видовое разнообразие. Происходит активное развитие как ксилотрофов, так и сапроксилотрофов. В I группе выделяется *Rhodofomes roseus*, который захватывает субстрат

на всем протяжении от 12–23%, уступая только комлевой части, на которой происходит интерференция между *Fomitopsis pinicola* и *Heterobasidion parviporum*.

Trichaptum abietinum наиболее активен на макушке, где занимает 29% субстрата, на нижележащих высотах он занимает верхнюю часть ствола с долей 2–11%.

В группе ксилотрофов необходимо отметить *Gloeophyllum sepiarium* — 8% субстрата, поселяясь на поверхности ствола, он обнаруживается на высоте 3–6 м. На этой стадии на субстрате начинают образовываться участки с поселением сапроксилотрофов, что говорит об активном изменении химической структуры древесины под действием энзимов ксилотрофов.

В группе сапроксилотрофов на уровне 6–18 м наибольшую активность показывают представители рода *Coniophora*: *Coniophora olivacea* и *Coniophora arida*, *Skeletocutis amorpha* (Fr.) Kotl. & Pouzar 1958.

Coniophora olivacea занимает 8–24% субстрата, *Coniophora arida* — 10–12%. Важно отметить, что представители рода *Coniophora* вызывают бурю гниль деструктивного типа, занимая в субстрате часть ствола ближе к земле. На боковых поверхностях и в местах прикрепления ветвей первого порядка на субстрате начинает развиваться *Skeletocutis amorpha* (8–18% субстрата).

Среди минорных видов *Pycnoporellus fulgens* (4–6%) и *Fuscopostia fragilis* (8–13%) наиболее активны в зоне 3–12 м, что обусловлено значительными запасами питательных веществ в субстрате. На этой стадии данная зона привлекает наибольшее число видов благодаря объему субстрата и привлекательности этого участка для поселения сапроксильных насекомых.

К III стадии на большей части ствола доминантное положение занимают *Fomitopsis pinicola* (19,3% всего субстрата) и *Rhodofomes roseus* (18,3% всего субстрата), притом что на данной стадии наблюдается и очень широкое видовое разнообразие.

Вместе с тем *Trichaptum abietinum* уступает свои позиции по всей протяженности ствола, сокращая свое присутствие до 7–9%, в то время как *Gloeophyllum sepiarium* наращивает свое присутствие, особенно на участке 6–12 м (11–12%). Так же как и на I стадии, представители рода *Coniophora*, сохраняют свое положение на субстрате: *Coniophora olivacea* — 5–12%, *Coniophora arida* — 9–12%.

При этом необходимо отметить, что представители *Coniophora* конкурируют за субстрат с представителями родов *Neoantrodia* и *Antrodia* (7–12% каждый), с *Skeletocutis amorpha*, *Fuscopostia fragilis* и *Pycnoporellus fulgens*. Если со *Skeletocutis amorpha* (4–12%) интерференция незначительная из-за различия в питании, то *Fuscopostia fragilis* (8–13%) и *Pycnoporellus fulgens* (5–9%) не только конкурируют с *Coniophora spp.*, но и с *Rhodofomes roseus*.

На IV стадии при схожем видовом разнообразии грибов, что обуславливается глубокой трансформацией древесины под воздействием энзимов ксилотрофов и сапроксилотрофов (в частности, регистрируется по бурой сухой гнили, возникающей из-за потребления целлюлозы), можно наблюдать затухание активной жизнедеятельности из-за лимитирующего фактора субстрата.

Из группы ксилотрофов на этой стадии продолжает развитие *Fomitopsis pinicola*, занимающий 32,7% субстрата, причем наиболее активен в комлевой части, где его доля достигает 69%.

Более стабильное положение показывают *Rhodofomes roseus* (13,5% всего субстрата) и *Trichaptum abietinum*

(9,6%). Вместе с этим *Trichaptum abietinum* почти не образует новых базидиом, что свидетельствует об отмирании мицелия. Представители сапроксилотрофов на этой стадии сохраняют активность. Если *Coniophora olivacea* присутствует на всех участках от 3–19 м, охватывая субстрат 9–33%, то *Coniophora arida* на этой стадии регистрируется на субстрате только на 3 м и 12 м, занимая 7% и 9% соответственно. При этом активность наблюдается и у представителей рода *Neoantrodia*, в котором выделяется *Neoantrodia serialis*, выявленный на участках 3–12 м, занимая 9–14%.

Высокую активность освоения модифицированного субстрата на участках 1–6 м показывает *Руснопореллус фульгенс*, занимая 8–18% субстрата. Сапроксилотрофы в ходе питания активно увлажняют субстрат, переводя его из сухой бурой гнили во влажную.

V стадия фактически является началом гумификации, когда в субстрат начинает проникать мицелий почвенных сапротрофов, при этом на освоенном субстрате остается только ограниченное число видов ДРГ. Так, выделены следующие виды: *Coniophora olivacea*, *Руснопореллус фульгенс* и *Gloeophyllum sepiarium*. Если два последних вида регистрируют на остатках плотной древесины ближе к поверхности ствола, то *Coniophora olivacea* занимает центральную часть (18,2%) всего субстрата, при этом в древесине постоянно наблюдаются сапроксилотрофы-гумификаторы — представители рода *Мусела*, выявленные на 63,6% субстрата (рис. 5).

Изучение ДРГ на модельных деревьях сосны обыкновенной позволило составить картину смены видов на субстрате по стадиям ксилолиза, которая отличается от ксилолиза ели. Так, на I стадии биотрофы занимают доминирующее положение только на высоте 1 м, где доминантом выступает *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. 1888, занимая 75% субстрата, при этом только один вид биотрофов — *Stereum sanguinolentum* (Alb. & Schwein.) Fr. 1838 (22–33% субстрата) — отмечается на остальных высотах в поверхностном слое древесины, так как является раневым паразитом, при этом ксилотрофы осваивают почти весь ствол.

Среди них доминантное положение у представителей рода *Trichaptum*. *Trichaptum fuscoviolaceum* охватывает субстрат от 6 до 18 м, занимая 38–56% субстрата. *Trichaptum abietinum* встречается на еще более широком участке, охватывая весь ствол (за исключением комлевой части), занимая 13–75% субстрата. *Fomitopsis pinicola*, активно развивающийся на ели, зарегистрирован на участке 6 м, занимая только 25% субстрата.

На II стадии *Trichaptum abietinum* и *Trichaptum fuscoviolaceum* становятся доминантными видами, осваивая 16% и 11,7% субстрата соответственно. На этой стадии отмечают увеличение видового разнообразия в 2,5 раза.

В группе ксилотрофов высокую активность начинают проявлять представители рода *Gloeophyllum*. *Gloeophyllum odoratum* поселяется от комлевой части до 12 м, охватывая 4–19%, а *Gloeophyllum sepiarium* выявляется на модельных деревьях с 3 до 18 м, где его доля составляет 4–10%.

Если ксилотрофы поселяются в верхней части ствола, то сапроксилотрофы осваивают боковую и нижнюю части. *Neoantrodia*

serialis, *Antrodia sinuosa* (Fr.) P. Karst. 1881, *Rigidoporus crocatus* (Pat.) Ryvarden 1983 охватывают 6,9% субстрата каждый, в то время как представители рода *Coniophora* охватывают 7,4% субстрата, в отличие от ксилолиза ели, где они являются ведущим видом.

K III стадии БТ не регистрируются на модельных деревьях, при этом активность других групп значительно возрастает, хотя и присутствует сходство с предыдущей стадией. Представители ксилотрофов показывают меньшую активность, а вот среди сапроксилотрофов возрастают процессы конкуренции за субстрат. Особенно остро она прослеживается между представителями родов *Neoantrodia* (9,9% всего субстрата), *Antrodia* (14,2%) и *Coniophora* (19,1%).

Необходимо отметить сапроксилотрофы, вызывающие белую гниль *Incrustoporia biguttulata* (Romell) Zmitr. 2018, отмечаемую на модельных деревьях с 3 м и до макушки, занимающую 3–20% субстрата, причем наибольшую долю именно на 24 м.

Fuscopostia fragilis и *Rigidoporus crocatus* являются минорными видами и на этой стадии проявляют активную жизнедеятельность, занимая 7–19% субстрата на разных высотах. На последующих стадиях они не регистрируются.

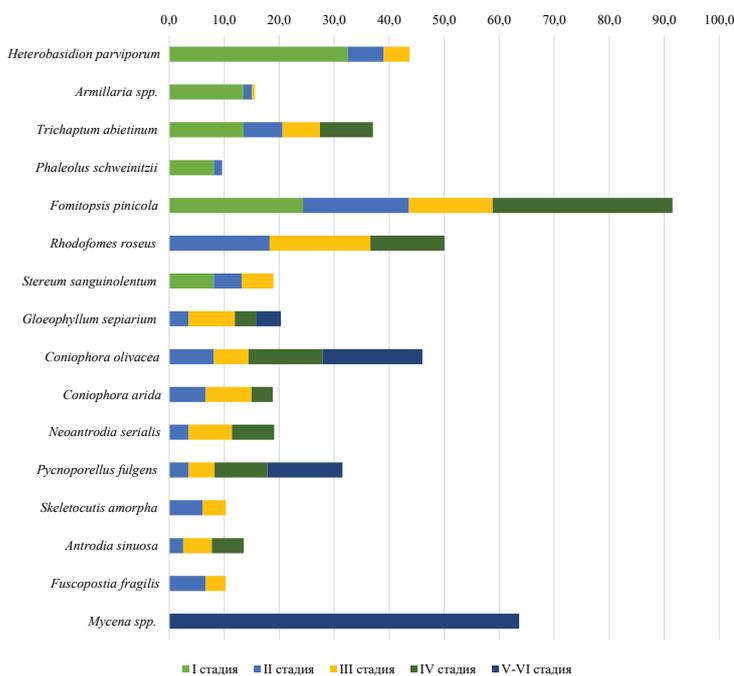
На IV стадии происходит значительное обеднение видов, что связано с ограниченностью доступного субстрата из-за фенолосодержащего ядра, недоступного для разрушения энзимам АФКС-макромицетам.

Из ксилотрофов продолжают свою деятельность *Trichaptum abietinum*, *Trichaptum fuscoviolaceum* и *Fomitopsis pinicola*. Первые два отмечены на уровне 3–6 м и 18 м, где доля занимаемого ими субстрата составляет 11–25%.

Fomitopsis pinicola (11,5%) на этой стадии в комлевой части активно конкурирует за субстрат с *Neoantrodia serialis* (15,4%) и представителями рода *Coniophora* (23,1%), которые доминируют среди сапроксилотрофов в освоении субстрата почти на всех высотах. В отличие

Рис. 5. Продолжительность участия ведущих дереворазрушающих грибов в ксилолизе ели

Fig. 5. Duration of participation of leading wood-destroying fungi in spruce xylolysis



от ели, уже на этой стадии регистрируются сапроксилотрофы-гумификаторы рода *Мусена*, которые занимают 9,6% субстрата на высоте 3 м и 12 м.

На V стадии значение *Мусена spp.* значительно возрастает, он занимает 77,8% субстрата, что показывает начало гумификации субстрата. Из представителей других групп регистрируется сапроксилотроф *Coniophora olivacea* на 22,2% субстрата (рис. 6).

Рассматривая ход ксилолиза по активности экологических групп, можно заметить явные отличия между ходом процесса на ели и сосне. На I стадии поселение ксилотрофов на ели охватывает среднюю часть ствола, в то время как на сосне только концевая часть занимается биотрофами. При этом на II–III стадиях биотрофы продолжают регистрироваться на модельных деревьях, а на сосне они развиваются не дальше II стадии.

Если на ели сапроксилотрофы, равномерно удерживая свою долю на II–IV стадиях, присутствуют на модельных деревьях выше 3 м, то при ксилолизе сосны на III стадии они охватывают большую часть субстрата на всей протяженности ствола.

К IV стадии на сосне отмечают поселение сапроксилотрофов-гумификаторов, что не происходит на стволах ели. Интересно, что на V стадии ксилолиза на ели еще продолжают сохраняться участки с поселением ксилотрофов на уровне 6 м, в то время как на сосне уже почти полностью властвуют сапроксилотрофы-гумификаторы (рис. 7).

Для выявления зависимостей поселения и возможной последовательности образования плодовых тел был проведен корреляционный анализ доли гнили, занимаемой АФКС, как внешнего признака интенсивности развития мицелия в субстрате и образования плодовых тел.

Корреляционный анализ доли гнили на ели выявил наличие связей как внутри отдельных групп, так и между группами. Внутри группы биотрофов были отмечены связи между поселением на субстрате: *Heterobasidion parviporum* и *Stereum sanguinolentum* ($r = 0,72$, $p \leq 0,05$), *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. 1900 ($r = 0,99$, $p \leq 0,05$), *Trichaptum abietinum* ($r = 0,8$, $p \leq 0,05$).

Между биотрофами и ксилотрофами выявлены связи: *Stereum sanguinolentum* и *Phaeolus schweinitzii* ($r = 0,7$, $p \leq 0,05$), *Fomitopsis pinicola* ($r = 0,86$, $p \leq 0,05$), между *Phaeolus schweinitzii* и *Trichaptum abietinum* ($r = 0,72$, $p \leq 0,05$).

При анализе отношений представителей ксилотрофов с другими АФКС было выявлено наличие зависимости поселения с сапроксилотрофами у *Rhodofomes roseus* и *Gloeophyllum sepiarium*. *Rhodofomes roseus* имеет связь почти со всеми видами в группе: *Coniophora arida* ($r = 0,97$, $p \leq 0,05$), *Neoantrodia serialis* ($r = 0,83$, $p \leq 0,05$), *Skeletocutis amorpha* ($r = 0,79$, $p \leq 0,05$), *Antrodia sinuosa* ($r = 0,82$, $p \leq 0,05$), *Fuscopostia fragilis* ($r = 0,76$, $p \leq 0,05$).

Среди сапроксилотрофов-гумификаторов наиболее широкую корреляцию с другими видами показал *Coniophora arida* с *Neoantrodia serialis* ($r = 0,79$, $p \leq 0,05$), *Skeletocutis amorpha* ($r = 0,83$, $p \leq 0,05$), *Antrodia sinuosa* ($r = 0,76$, $p \leq 0,05$), *Fuscopostia fragilis* ($r = 0,78$, $p \leq 0,05$).

Рис. 6. Продолжительность участия ведущих дереворазрушающих грибов в ксилолизе сосны

Fig. 6. Duration of participation of leading wood-destroying fungi in pine xylolysis

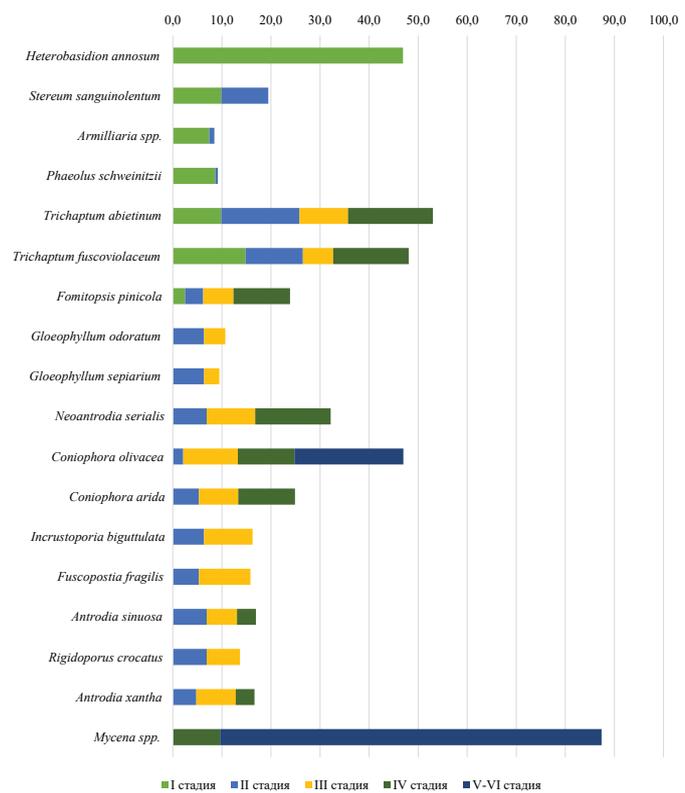
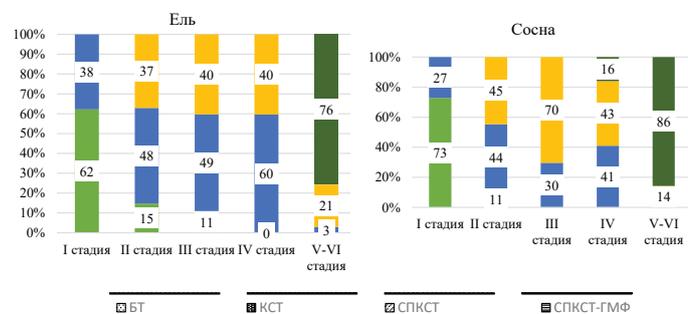


Рис. 7. Изменение доли гнили афиллофорных ксилотрофов по стадиям ксилолиза по экологическим группам на модельном дереве

Fig. 7. Change in the proportion of rot of Aphyllophorales xyloxytrophs by stages of xylolysis by ecological groups on the model tree



Корреляционный анализ доли гнили на сосне выявил наличие схожей картины с данными, полученными для ели. В группе биотрофов обнаружена взаимная корреляция между *Phaeolus schweinitzii* и *Heterobasidion annosum* ($r = 0,99$, $p \leq 0,05$), *Stereum sanguinolentum* ($r = 0,67$, $p \leq 0,05$), которую наблюдали и на ели.

Среди ксилотрофов широкие корреляционные связи выявлены у *Trichaptum abietinum* и представителей рода *Gloeophyllum*. Так, *Trichaptum abietinum* коррелирует с *Trichaptum fuscoviolaceum* ($r = 0,85$, $p \leq 0,05$), *Fomitopsis pinicola* ($r = 0,76$, $p \leq 0,05$), *Neoantrodia serialis* ($r = 0,74$, $p \leq 0,05$), *Coniophora arida* ($r = 0,72$, $p \leq 0,05$), *Antrodia sinuosa* ($r = 0,7$, $p \leq 0,05$). *Gloeophyllum odoratum* (Wulfen) Imazeki 1943 — с *Gloeophyllum sepiarium* ($r = 0,98$, $p \leq 0,05$), *Incrustoporia biguttulata* ($r = 0,87$, $p \leq 0,05$), *Fuscopostia fragilis* ($r = 0,8$, $p \leq 0,05$), *Antrodia sinuosa* ($r = 0,87$, $p \leq 0,05$), *Rigidoporus crocatus* ($r = 0,97$, $p \leq 0,05$), *Antrodia xantha* (Fr.) Ryvarden 1973 ($r = 0,72$, $p \leq 0,05$).

Таблица 1. Последовательность развития ДРГ и индикационные стадии развития базидиом на хвойных породах по стадиям ксилотрофа

Table 1. Sequence of development of DRG and indicative stages of development of basidiomes on coniferous species according to stages of xylolysis

Экологическая группа	Название вида	I стадия*	II стадия*	III стадия*	IV стадия*	V–VI стадии*
Ель						
Биотрофы	<i>Heterobasidion parviporum</i>	I–III	II–III	II–III		
	<i>Armillaria spp.</i>	I–IVb	I–IVb	I–IVb		
	<i>Stereum sanguinolentum</i>	I–II	I–II	II–III		
	<i>Phaeolus schweinitzii</i>	I–IVa	I–IVa	III–IVa		
Ксилотрофы	<i>Fomitopsis pinicola</i>	I	I–II	I–III	III–IVb	
	<i>Rhodofomes roseus</i>		I–II	I–III	III–IVa	
	<i>Trichaptum abietinum</i>	I–II	I–II	II–III	III–IVa	
	<i>Gloeophyllum sepiarium</i>		I–II	II–III	III–IVa	IVa
Сапроксилотрофы	<i>Coniophora olivacea</i>		I–III	II–III	II–III	II–IVa
	<i>Coniophora arida</i>		I–III	II–III	II–III	
	<i>Neantrodia serialis</i>		I–III	I–III	II–III	
	<i>Рычнопореллус фульгес</i>		I–IVb	I–IVb	I–IVb	I–IVb
	<i>Skeletocutis amorphia</i>		I–III	I–III		
	<i>Antrodia sinuosa</i>		I–III		II–III	
	<i>Fuscopostia fragilis</i>		I–IVb	I–IVb		
Сапроксилотрофы-гумификаторы	<i>Mycena spp.</i>					I–IVb
Сосна						
Биотрофы	<i>Heterobasidion annosum</i>	I–III				
	<i>Stereum sanguinolentum</i>	I–II	II–III			
	<i>Armillaria spp.</i>	I–IVb	I–IVb			
	<i>Phaeolus schweinitzii</i>	I–IVa	III–IVa			
Ксилотрофы	<i>Trichaptum abietinum</i>	I–IVa	I–IVa	II–IVa	III–IVa	
	<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i>	I–IVa	I–IVa	II–IVa	III–IVa	
	<i>Fomitopsis pinicola</i>	I–II	I–II	I–III	III–IVb	
	<i>Gloeophyllum odoratum</i>		I–III	II–IVa		
	<i>Gloeophyllum sepiarium</i>		I–III	II–IVa		
Сапроксилотрофы	<i>Neantrodia serialis</i>		I–III	I–III	II–III	
	<i>Coniophora olivacea</i>		I–III	II–III	II–IVa	II–IVa
	<i>Coniophora arida</i>		I–III	II–III	II–III	
	<i>Incrustoporia biguttulata</i>		I–III	I–III		
	<i>Fuscopostia fragilis</i>		I–IVb	I–IVb		
	<i>Antrodia sinuosa</i>		I–III	I–III	II–III	
	<i>Rigidoporus crocatus</i>		I–II	I–III		
Сапроксилотрофы-гумификаторы	<i>Antrodia xantha</i>		I–III	I–III	II–III	
Сапроксилотрофы-гумификаторы	<i>Mycena spp.</i>				I–IVb	I–IVb

Примечание: * шкала развития плодового тела гриба: I — незрелый, неразвитый гимениум; II — зрелый, способный продуцировать споры; III — недавно отмерший; IV — разлагающийся; IVa — сухой, иссушенный; IVb — влажная стадия гниения [1].

Gloeophyllum sepiarium показывает зависимость с последующим поселением сапроксилотрофов ($r = 0,7-0,91$, $p \leq 0,05$). *Fomitopsis pinicola* показывает большее разнообразие связей, чем на ели, с *Neantrodia serialis* ($r = 0,95$, $p \leq 0,05$) и *Coniophora arida* ($r = 0,94$, $p \leq 0,05$).

В группе сапроксилотрофов все виды показывают корреляционные связи между друг другом ($r = 0,7-0,99$, $p \leq 0,05$).

На основе данных, полученных в результате наблюдений и корреляционного анализа, можно составить последовательность развития ДРГ (табл. 1).

Выводы/Conclusions

При использовании АФКС в качестве индикаторов стадии ксилотрофа хвойных пород необходимо

учитывать, что развитие мицелия зависит от особенностей строения древесины.

Ход развития мицелия в поперечном сечении ствола сопряжен как с действием внешних факторов среды, так и процессов интерференции между видами, вместе с этим большое значение при полевой идентификации имеют частота образования базидиом и их возраст.

Грибы, имеющие многолетние плодовые тела, лучше подходят для индикации, при этом базидиомицеты, имеющие однолетние плодовые тела, могут выступать в качестве индикаторов стадий только с июля по ноябрь, когда плодоношение заметно.

Отдельно надо отметить ксилотрофы, образующие зимующие плодовые тела, которые сохраняются на стволе в течение 2–3 сезонов, развивая новые плодовые тела по краю колонии.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data. All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0598-2019-0004).

FUNDING

The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 0598-2019-0004).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Shorohova E., Kapitsa E., Vanha-Majamaa I. Decomposition of stumps 10 years after partial and complete harvesting in southern boreal forest in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*. 2008; 38(9): 2414–2421. <https://doi.org/10.1139/X08-083>
- Harmon M.E., Fasth B., Woodall C.W., Sexton J. Carbon concentration of standing and downed woody detritus: Effects of tree taxa, decay class, position, and tissue type. *Forest Ecology and Management*. 2013; 291: 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.046>

REFERENCES

- Shorohova E., Kapitsa E., Vanha-Majamaa I. Decomposition of stumps 10 years after partial and complete harvesting in southern boreal forest in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*. 2008; 38(9): 2414–2421. <https://doi.org/10.1139/X08-083>
- Harmon M.E., Fasth B., Woodall C.W., Sexton J. Carbon concentration of standing and downed woody detritus: Effects of tree taxa, decay class, position, and tissue type. *Forest Ecology and Management*. 2013; 291: 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.046>

3. Siitonen J. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*. 2001; 49: 11–41.
4. Schmidt O. Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use. Berlin; Heidelberg: *Springer*. 2006; xii: 334. ISBN 978-3-540-32138-5 <https://doi.org/10.1007/3-540-32139-X>
5. Zabel R.A., Morrell J.J. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention. 2nd ed. *Academic Press*. 2020; 556. ISBN 978-0-12-819465-2 <https://doi.org/10.1016/C2018-0-05117-8>
6. Boddy L., Frankland J., van West P. (eds.). Ecology of Saprotrrophic Basidiomycetes. *Academic Press*. 2007; xiii: 372. ISBN 978-0-12-374185-1
7. Капица Е.А., Трубицына Е.А., Шорохова Е.В. Биогенный ксилолиз стволов, ветвей и корней лесообразующих пород темнохвойных северотаежных лесов. *Лесоведение*. 2012; (3): 51–58. <https://elibrary.ru/pamjdf>
8. Dai Z. *et al.* Coarse woody debris decomposition assessment tool: Model development and sensitivity analysis. *PLoS ONE*. 2021; 16(6): e0251893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251893>
9. Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. Biodiversity in Dead Wood. *Cambridge University Press*. 2012; xiv: 509. ISBN 978-0-521-71703-8 <https://doi.org/10.1017/CBO9781139025843>
10. Hiscox J., O'Leary J., Boddy L. Fungus wars: basidiomycete battles in wood decay. *Studies in Mycology*. 2018; 89(1): 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.02.003>
11. Ulyshen M.D. (ed.). Saproxylic Insects. Diversity, Ecology and Conservation. Cham: *Springer*. 2018; ix: 904. ISBN 978-3-319-75936-4 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1>
12. Skelton J. *et al.* Relationships among wood-boring beetles, fungi, and the decomposition of forest biomass. *Molecular Ecology*. 2019; 28(22): 4971–4986. <https://doi.org/10.1111/mec.15263>
13. Hatakka A., Hammel K.E. Fungal biodegradation of lignocelluloses. Hofrichter M. (ed.). Industrial Applications. Berlin; Heidelberg: *Springer*. 2011; 319–340. https://doi.org/10.1007/978-3-642-11458-8_15
14. Mali T., Kuuskeri J., Shah F., Lundell T.K. Interactions affect hyphal growth and enzyme profiles in combinations of coniferous wood-decaying fungi of Agaricomycetes. *PLoS ONE*. 2017; 12(9): e0185171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185171>
15. Некляев С.Э., Серая Л.Г., Ларина Г.Е. Экологические последствия современных изменений климата, негативно влияющие на устойчивость хвойных растений к вредителям и афиллофоровым грибам. *Биосфера*. 2022; 14(3): 235–244. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i3.693>
3. Siitonen J. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*. 2001; 49: 11–41.
4. Schmidt O. Wood and Tree Fungi. Biology, Damage, Protection, and Use. Berlin; Heidelberg: *Springer*. 2006; xii: 334. ISBN 978-3-540-32138-5 <https://doi.org/10.1007/3-540-32139-X>
5. Zabel R.A., Morrell J.J. Wood Microbiology. Decay and Its Prevention. 2nd ed. *Academic Press*. 2020; 556. ISBN 978-0-12-819465-2 <https://doi.org/10.1016/C2018-0-05117-8>
6. Boddy L., Frankland J., van West P. (eds.). Ecology of Saprotrrophic Basidiomycetes. *Academic Press*. 2007; xiii: 372. ISBN 978-0-12-374185-1
7. Kapitsa E.A., Trubitsyna E.A., Shorokhova E.V. Biogenic xylolysis of trunks, branches, and roots of forest-forming species of dark coniferous forests in northern taiga. *Russian Journal of forest science*. 2012; (3): 51–58 (in Russian). <https://elibrary.ru/pamjdf>
8. Dai Z. *et al.* Coarse woody debris decomposition assessment tool: Model development and sensitivity analysis. *PLoS ONE*. 2021; 16(6): e0251893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251893>
9. Stokland J.N., Siitonen J., Jonsson B.G. Biodiversity in Dead Wood. *Cambridge University Press*. 2012; xiv: 509. ISBN 978-0-521-71703-8 <https://doi.org/10.1017/CBO9781139025843>
10. Hiscox J., O'Leary J., Boddy L. Fungus wars: basidiomycete battles in wood decay. *Studies in Mycology*. 2018; 89(1): 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.02.003>
11. Ulyshen M.D. (ed.). Saproxylic Insects. Diversity, Ecology and Conservation. Cham: *Springer*. 2018; ix: 904. ISBN 978-3-319-75936-4 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1>
12. Skelton J. *et al.* Relationships among wood-boring beetles, fungi, and the decomposition of forest biomass. *Molecular Ecology*. 2019; 28(22): 4971–4986. <https://doi.org/10.1111/mec.15263>
13. Hatakka A., Hammel K.E. Fungal biodegradation of lignocelluloses. Hofrichter M. (ed.). Industrial Applications. Berlin; Heidelberg: *Springer*. 2011; 319–340. https://doi.org/10.1007/978-3-642-11458-8_15
14. Mali T., Kuuskeri J., Shah F., Lundell T.K. Interactions affect hyphal growth and enzyme profiles in combinations of coniferous wood-decaying fungi of Agaricomycetes. *PLoS ONE*. 2017; 12(9): e0185171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185171>
15. Neklyayev S.E., Seraya L.G., Larina G.E. The ecological consequences of current climate changes that negatively affect the resistance of coniferous plants to pests and Aphyllophorales fungi. *Biosfera*. 2022; 14(3): 235–244 (in Russian). <https://doi.org/10.24855/biosfera.v14i3.693>

ОБ АВТОРАХ

Святослав Эдуардович Некляев

заведующий лабораторией диагностики вредных организмов, магистр лесного дела
slava9167748107@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4050-3564>

Галина Евгеньевна Ларина

заведующая лабораторией экспериментальных методов исследований, доктор биологических наук, профессор
galina.larina@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3248-1991>

Лидия Георгиевна Серая

заведующая отделом патологии декоративных и садовых культур, кандидат биологических наук
lgseraya@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4029-0359>

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
ул. Институт, вл. 5, раб. пос. Большие Вязёмы, Одинцовский р-н, Московская обл., 143050, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sviatoslav Eduardovich Neklyayev

Head of the Laboratory for the Diagnosis of Harmful Organisms, Master of Forestry
slava9167748107@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4050-3564>

Galina Evgenyevna Larina

Head of the Laboratory of Experimental Research Methods, Doctor of Biological Sciences, Professor
galina.larina@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3248-1991>

Lidiya Georgievna Seraya

Head of the Department of Pathology of Ornamental and Garden Crops, Candidate of Biological Sciences
lgseraya@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4029-0359>

All-Russian Scientific Research Institute of Phytopathology,
5 Institute Str., Bolshye Vyazemy work settlement, Odintsov district, Moscow region, 143050, Russia

С.А. Корнеева ✉
Е.Н. Седов
Т.В. Янчук
А.В. Пикунова
Н.Г. Лаврусевич

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, дер. Жилина, Орловская обл., Россия

✉ ksv81_57@bk.ru

Поступила в редакцию: 13.03.2024
Одобрена после рецензирования: 13.09.2024
Принята к публикации: 27.09.2024

© Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В., Пикунова А.В., Лаврусевич Н.Г.

Конструирование новых геномов колонновидной яблони во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье представлены данные по созданию новых генотипов колонновидной яблони на основе интервалентных скрещиваний типа $2x \times 4x$ с использованием методов традиционной селекции и элементов ускоренной оценки гибридных форм цитозембриологическими и молекулярно-генетическими методами.

Результаты. Цитологическая оценка сеянцев, полученных от изученных интервалентных скрещиваний шести колонновидных сортов яблони и отборной колонновидной формы 29-35-123 с тетраплоидными формами 30-47-88 и 25-37-45, являющимися донорами диплоидных гамет, показала, что сеянцы с тройным набором хромосом преобладают и их доля составляет 83,0%. На долю диплоидов приходится 17,0%. Сравнительная оценка пloidности потомства показала, что разница между показателями выхода триплоидных сеянцев в потомстве семей, где в качестве отцовских форм были взяты разные доноры диплоидных гамет (25-37-45 и 30-47-88), незначительна. От тетраплоида 30-47-88 получено 81,7% триплоидного потомства, от 25-37-45 — 91,3%.

Данные молекулярно-генетического анализа подтверждают, что в комбинациях, где оба родителя обладают геном *Rvi6* устойчивости к парше (Поззия \times 30-47-88, Приокское \times 30-47-88, Созвездие \times 30-47-8), выход иммунных сеянцев высокий (70,7%) и соответствует расщеплению по этому признаку в соотношении 3:1. В семьях, где только один из родителей несет в своем генотипе ген *Rvi6*, иммунные сеянцы встречались реже (52%). Уникальная комбинация в одном генотипе колонновидности, гена *Rvi6* и тройного набора хромосом характерна для 23,1% сеянцев.

Ключевые слова: колонновидный сорт, гибрид, полиплоидия, донор диплоидных гамет, интервалентные скрещивания, иммунитет

Для цитирования: Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В., Пикунова А.В., Лаврусевич Н.Г. Конструирование новых геномов колонновидной яблони во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 154–158.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-154-158>

Svetlana A. Korneeva ✉
Evgeny N. Sedov
Tatiana V. Yanchuk
Anna V. Pikunova
Natalya G. Lavrusevich

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, village Zhilina, Orel region, Russia

✉ ksv81_57@bk.ru

Received by the editorial office: 13.03.2024
Accepted in revised: 13.09.2024
Accepted for publication: 27.09.2024

© Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Lavrusevich N.G.

Construction of new genomes of columnar apple trees in the Russian research institute of fruit crop breeding

ABSTRACT

Relevance. The article presents data on the creation of new genotypes of columnar apple trees based on interval crossings of the $2x \times 4x$ type using traditional breeding methods and elements of accelerated assessment of hybrid forms using cytoembryological and molecular genetic methods.

Results. Cytological assessment of seedlings obtained from the studied interval crossings of six columnar apple varieties and the selected columnar form 29-35-123 with tetraploid forms 30-47-88 and 25-37-45, which are donors of diploid gametes, showed that seedlings with a triple set of chromosomes prevail and their share is 83.0%. The share of diploids accounts for 17.0%. A comparative assessment of the ploidy of offspring showed that the difference between the yield of triploid seedlings in the offspring of families where different donors of diploid gametes (25-37-45 and 30-47-88) were taken as paternal forms is insignificant. From the tetraploid 30-47-88, 81.7% of triploid offspring were obtained, from 25-37-45 — 91.3%.

The data of molecular genetic analysis confirm that in combinations where both parents have the scab immunity gene, the yield of immune seedlings is high (70,7%) and corresponds to the splitting on this basis in a ratio of 3:1. In families where only one of the parents carries the *Rvi6* gene in its genotype (Garland \times 25-37-45, 29-35-123 \times 25-37-45, Moscow necklace \times 30-47-88 and Constellation \times 25-37-45) immune seedlings were less common (52%). A unique combination of columnarity, the *Rvi6* gene and a triple set of chromosomes in one genotype is characteristic of 23.1% of seedlings.

Key words: columnar cultivar, hybrid, polyploidy, donor of diploid gametes, interval crosses, immunity

For citation: Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Lavrusevich N.G. Construction of new genomes of columnar apple trees in the Russian research institute of fruit crop breeding. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 154–158 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-154-158>

Введение/Introduction

Колонновидные сорта яблони характеризуются особым габитусом. Деревья растут преимущественно вверх, образуют очень мало боковых побегов, взрослое дерево в пространстве занимает очень мало места, что позволяет создавать сверхплотные насаждения порядка 20–22 тыс. растений на 1 га. Листья толстые, имеют дополнительный слой столбчатой ткани, темно-зеленого цвета, с большим количеством хлоропластов [1–3]. Первый колонновидный сорт Vijeik появился в результате спонтанной мутации на 50-летнем дереве сорта Мекинтош в Канаде в 1964 году. В Россию колонновидная форма яблони попала в виде пыльцы сорта Vijeik в 1972 году [1].

Скороплодность, ежегодное плодоношение и высокая урожайность с единицы площади обеспечивают высокую эффективность использования колонн для закладки производственных суперинтенсивных насаждений с быстрым возвратом инвестируемых средств [3, 4].

Колонновидная форма яблони — перспективный объект для селекционеров. Так, ген *Co*, отвечающий за особенности габитуса этой формы яблони, является доминантным, что позволяет прогнозировать результаты скрещиваний [5, 6].

Самым вредоносным заболеванием яблони, снижающим товарные качества плодов, ухудшающим ассимиляционную деятельность, ослабляющим общее состояние деревьев, снижающим зимостойкость и урожайность, является парша [7, 8]. В связи с этим одна из задач при создании новых колонновидных сортов — наличие у них устойчивости к парше. Для этого в селекционные программы включают доноры гена *Rvi6* [9, 10].

Повышенная плоидность ведет к увеличению размеров клеток и, как следствие, массы вегетативных и генеративных органов, что повышает хозяйственную ценность подобных генотипов. Известно, что полиплоиды характеризуются большей устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды, поэтому получение триплоидных форм колонновидной яблони является весьма актуальной задачей селекции [11–13].

Спонтанное возникновение полиплоидов происходит редко, поэтому целенаправленная работа по получению триплоидных сортов — одно из перспективных селекционных направлений [9]. Использование тетраплоидных форм в качестве доноров диплоидных гамет и колонновидных сортов в качестве доноров гена *Co* в интервалентных скрещиваниях типа $2x \times 4x$ позволяет создавать триплоидные сорта с колонновидным габитусом [11].

Цитологический контроль, сопровождающий данную работу, позволяет интенсифицировать и ускорить ее, так как еще на ранних этапах онтогенеза семян (на второй год жизни растений) лабораторными методами можно установить плоидность гибридного потомства и провести отбор нужных форм [14].

В ФНЦ им. И.В. Мичурина (г. Мичуринск) созданы 5 колонновидных сортов, из них колонновидный габитус с моногенной устойчивостью к парше сочетает один — сорт Каскад. В ФНЦ «Садоводства» (г. Москва) созданы 9 колонновидных сортов, иммунитетом к парше обладают сорта Валуа, Червонец, Лукомор, Триумф [15]. Во ВНИИСПК получены 5 колонновидных сортов, 4 из которых имеют ген *Rvi6* (Приокское, Восторг, Поэзия, Гирлянда) [16].

Колонновидные сорта Россошанской опытной станции Виктория, Корал, Михайловская, Натальяшка и сорт Белоснежка селекции Крымской опытной станции садоводства гена *Rvi6* не имеют [17].

В качестве родительских форм зарубежных колонновидных сортов часто используется Vijeik или первые гибридные формы, полученные от него. Все они характеризуются низким уровнем хозяйственно ценных признаков, передающихся потомству. В частности, посредственный вкус плодов, низкое содержание аскорбиновой кислоты, периодичность плодоношения, низкая зимостойкость [18, 19]. Триплоидных колонновидных сортов яблони и тем более сортов, сочетающих тройной набор хромосом, иммунитет к парше и колонновидный габитус кроны, нет. Целенаправленная селекционная работа в этом направлении ведется только во ВНИИСПК.

Цель исследования — создание новых генотипов колонновидной яблони с уникальным сочетанием в одном генотипе колонновидности, триплоидного набора хромосом и моногенной устойчивости к парше (ген *Rvi6*) на основе интервалентных скрещиваний типа $2x \times 4x$ с использованием методов традиционной селекции и элементов ускоренной оценки гибридных форм цитогенетическими и молекулярно-генетическими методами.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для получения гибридного фонда, из которого проводится отбор ценных генотипов, проведен ряд целенаправленных скрещиваний доноров колонновидности (гена *Co*), гена *Rvi6* и доноров диплоидных гамет.

Объектами исследования являются сеянцы 9 гибридных семей:

- колонновидный сорт яблони Поэзия \times тетраплоидная форма яблони селекции ВНИИСПК 30-47-88;
- колонновидный сорт яблони Московское ожерелье \times 30-47-88 (4x);
- колонновидный сорт Восторг \times тетраплоидная форма яблони селекции ВНИИСПК 25-37-45;
- колонновидный сорт Приокское \times 25-37-45 (4x);
- Приокское \times 30-47-88 (4x);
- колонновидный сорт Гирлянда \times 30-47-88 (4x);
- колонновидный сорт Созвездие \times 30-47-88 (4x);
- колонновидный сорт Гирлянда \times 25-37-45 (4x);
- отборный колонновидный гибрид 29-35-123 \times 25-37-45 (4x).

Сорта Поэзия, Приокское, Восторг, Гирлянда получены во ВНИИСПК. Они характеризуются высокой скороплодностью, высокими товарными и вкусовыми качествами плодов, стабильным плодоношением, высокой устойчивостью к парше, обусловленной геном *Rvi6*.

Сорт Московское ожерелье получен селекционером кандидатом с.-х. наук М.В. Качалкиным. Сорт скороплодный, высокоурожайный с плодами позднего срока созревания. Характеризуется частичной самоплодностью и регулярностью плодоношения.

29-35-123 — отборная колонновидная форма яблони селекции ВНИИСПК зимнего срока созревания.

Отцовские формы — тетраплоиды 30-47-88 и 25-37-45 селекции ВНИИСПК. Они являются донорами диплоидных гамет, а форма 30-47-88 еще и донором гена *Rvi6*. С их участием уже получен ряд триплоидных сортов яблони.

Для цитологического анализа плоидности гибридного потомства яблони использовался пропионово-

лакмоидный метод¹. Прямой подсчет числа хромосом осуществлялся на временных давленных препаратах, приготовленных из меристем и молодых листочков точек роста. Исследования проводили на микроскопе Nikon-80i (Nikon, Япония).

Наличие гена *Rvi6* у гибридов выявляли с помощью ПЦР (полимеразная цепная реакция) анализа *Vfc*-маркера². ДНК выделяли из молодых листьев по методике Plant DNA Extraction Protocol for DArT³. Продукты ПЦР визуализировали в 1,7% агарозном геле.

Плоидность, колонновидный габитус и наличие гена *Rvi6* при отборе гибридов определяются еще в школке у однолетних сеянцев. Оценка набора хозяйственно ценных признаков в саду первичного сортоизучения — согласно общепринятой методике⁴. Колонновидный габитус оценивали по показателю степени компактности (отношение длины междоузлия к толщине однолетнего побега), отбору подлежат гибриды с коэффициентом не более 2,5 [1].

Математическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа⁵ с использованием компьютерной программы Excel (США). Существенность различий в степени вариации выхода триплоидных сеянцев оценивалась по критерию *F*. Оценка соответствия между теоретическими и практическими результатами скрещивания по признаку колонновидности и наличия гена *Rvi6* представлена данными критерия χ^2 при уровне значимости 0,05.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для получения нужных генотипов с 2010 по 2014 г. были проведены целенаправленные скрещивания с использованием доноров колонновидного габитуса кроны, гена *Rvi6* и диплоидных гамет.

Гибридологический анализ 559 сеянцев, полученных от колонновидных сортов, показал, что фактическое расщепление между колонновидными фенотипами и неколонновидными соответствует теоретически ожидаемому (1:1), что подтверждается данными статистической обработки результатов. Значения χ^2 по всем изученным семьям значительно меньше критического значения (3,84) при уровне значимости 0,05 (табл. 1). В среднем 54,4% гибридного потомства характеризуются колонновидным габитусом.

Молекулярно-генетический анализ показал, что из 160 образцов в комбинации скрещивания Поэзия × 30-47-88 ген *Rvi6* обнаружен у 118 из них. В комбинации скрещивания Приокское × 30-47-88 ген *Rvi6* обнаружен у 48 сеянцев из 70 проанализированных. В гибридной семье Созвездие × 30-47-88 из 53 сеянцев 37 имеют ген *Rvi6*.

Оценка наследования гена *Rvi6* в гибридных семьях, полученных на основе колонновидных сортов селекции ВНИИСПК (Приокское, Поэзия, Созвездие), имеющих ген *Rvi6* и тетраплоидной формы 30-47-88 (в свою очередь обладающей геном *Rvi6*), свидетельствует о гетерозиготном состоянии изучаемого гена у обоих родителей. Полученные значения χ^2 меньше критического при уровне значимости 0,05, что подтверждает расщепление по этому признаку 3:1.

В семьях Гирлянда × 25-37-45, 29-35-123 × 25-37-45, Московское ожерелье × 30-47-88, Созвездие × 25-37-45 сеянцы с геном *Rvi6* встречались реже: в 44 случаях из 81, в 17 из 30, 47 из 91, 10 из 18 соответственно. В данных семьях только один из родителей обладает геном *Rvi6*, и теоретическое расщепление 1:1 по этому признаку подтверждается анализом и статистической обработкой полученных данных (значение χ^2 колеблется в пределах 1,2–0,2 и меньше критического (3,84) при уровне значимости 0,05).

Ряд гибридов сочетают в своем генотипе тройной набор хромосом, колонновидный габитус и ген *Rvi6*. В комбинации скрещивания Поэзия × 30-47-88 подобных сеянцев 20,6% (33 шт. из 160 проанализированных), в семьях Приокское × 30-47-88 — 27,1% (19 из 70), Гирлянда × 25-37-45 — 40,7% (33 из 81), 29-35-123 × 25-37-45 — 40,0% (12 из 30). Созвездие × 30-47-88 (4х) — 18,9% (10 из 53), Московское ожерелье × 30-47-88 (4х) — 24,2% (22 из 91). В семьях Восторг × 25-37-45 (4х) и Созвездие × 25-37-45 (4х) подобных генотипов не обнаружено.

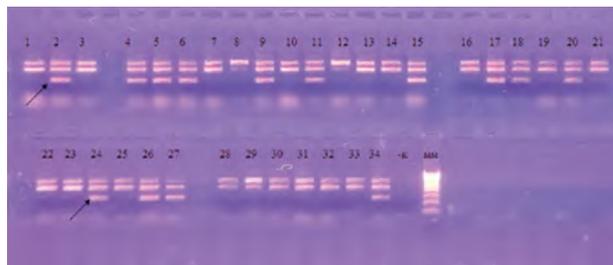
Цитологический анализ плоидности полученных гибридных сеянцев показал, что из 559 сеянцев диплоидов ($2n = 2x = 34$) 95 шт., триплоидов ($2n = 2x = 51$) 464 шт., тетраплоидов ($2n = 4x = 68$) 0 шт. (табл. 1).

Сравнительная оценка доноров диплоидных гамет 25-37-45 и 30-47-88 в скрещиваниях с колонновидными сортами по всем комбинациям скрещивания показала, что в семьях, где в качестве отцовской формы использовался тетраплоид 30-47-88 81,7% гибридных сеянцев имеют тройной набор хромосом, что всего на 9,6% меньше, чем в семьях тетраплоидной формы 25-37-45, что является несущественным различием ($F_{\phi} < F_{\tau}$). В семье Приокское × 25-37-45 100% сеянцев являются триплоидными. Наименьшая доля новых генотипов с тройным набором хромосом отмечена в семье Поэзия × 30-47-88, но и это значение большое — 70%.

В среднем по всем проанализированным семьям большая доля триплоидных сеянцев — 83,0%, это подтверждает перспективность тетраплоидных форм

Рис. 1. Фрагмент электрофореграммы продуктов амплификации с *Vfc*-праймерами в 1,7% агарозном геле: стрелкой указаны фрагменты размером 286 п. н., которые свидетельствуют о наличии *Vfc*-маркера гена *Rvi6*; 1-34 — условные обозначения гибридов; -к — минус контроль амплификации без добавления ДНК; мм — маркер молекулярного веса с фрагментами размером 100, 200, 300, 400, 500... 1000 п. н.

Fig. 1. Fragment of the electrophoregram of amplification products with *Vfc* primers in 1.7% agarose gel: the arrow indicates fragments with a size of 286 bp, which indicate the presence of the *Vfc* marker of the *Rvi6* gene; 1-34 are the symbols of hybrids; -k — minus amplification control without DNA addition; mm — molecular weight marker with fragments of size 100, 200, 300, 400, 500... 1000 P. n.



¹ Руденко И.С., Дудукал Г.Д. Простой и быстрый метод приготовления временных препаратов для цитологических исследований плодовых. Цитология и генетика. 1972; 6(3): 266–268.

² Afunian M.R., Goodwin P.H., Hunter D.M. Linkage *Vfa4* in *Malus domestica* and *Malus floribunda* with *Vf* resistance to the apple scab pathogen *Venturia inaequalis*. Plant Pathology. 2004; 53: 461–467.

³ Diversity Array Technology, Australia. https://ordering.diversityarrays.com/files/DArT_DNA_isolation.pdf

⁴ Седов Е.Н., Красова Н.Г., Жданов В.В., Долматов Е.А., Можар Н.В. Особенности сортоизучения семечковых культур. В программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК. 1999; 253–259.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

Таблица 1. Оценка плоидности, иммунитета и колонновидности гибридных сеянцев яблони
Table 1. Assessment of ploidy, immunity and columnarity of hybrid apple seedlings

Комбинация скрещивания	Всего растений, шт.	С геном иммунитета к парше (Rvi6)			Колонновидные			3x		С тремя признаками	
		шт.	%	$\chi^2_{1:1}$	шт.	%	$\chi^2_{1:1}$	шт.	%	шт.	%
Восторг × 25-37-45 (4x)	56,0	24,0	42,9	1,2	26,0	46,4	0,3	51,0	91,1	0	0
Созвездие × 25-37-45 (4x)	18,0	10,0	55,6	0,2	8,0	44,4	0,2	18,0	100,0	0	0
Гирлянда × 25-37-45 (4x)	81,0	44,0	54,3	0,3	55,0	67,9	0,3	79,0	97,5	33,0	40,7
29-35-123 × 25-37-45 (4x)	30,0	17,0	56,7	0,3	21,0	70,0	0,3	23,0	76,7	12,0	40,0
Среднее значение	46,3	23,8	52,4		27,5	57,2		42,8	91,3	11,3	20,2
Московское ожерелье × 30-47-88 (4x)	91,0	47,0	51,6	0,6	48,0	52,7	0,3	71,0	78,0	22,0	24,2
Поэзия × 30-47-88 (4x)	160,0	118,0	73,8	0,1*	83,0	51,9	0,2	112,0	70,0	33,0	20,6
Приокское × 30-47-88 (4x)	70,0	48,0	68,6	1,2*	33,0	47,1	0,2	63,0	90,0	19,0	27,1
Созвездие × 30-47-88 (4x)	53,0	37,0	69,8	0,8*	30,0	56,6	1,0	47,0	88,7	10,0	18,9
Среднее значение	93,5	62,5	66,0		48,5	65,1		73,3	81,7	21,0	22,7
HCP _{0,5}								$F_{\phi} < F_T$		$F_{\phi} < F_T$	
Итого по всем комбинациям	559	345	59,2		304	54,4		464	83,0	129	21,5

Примечание: * значение χ^2 при теоретическом расщеплении 3:1.

30-47-88 и 25-37-45 как доноров качественных диплоидных гамет. Полученные данные свидетельствуют о высокой ценности этих тетраплоидных форм для селекционных программ по созданию новых сортов яблони.

Лучшие сеянцы (получившие высокую оценку степени культурности) селекционерами перенесены в сад для дальнейших наблюдений и изучения колонновидного габитуса, набора хозяйственно ценных признаков и уровня адаптивности.

Из этих гибридных сеянцев на основе полевых наблюдений и результатов лабораторных исследований выделены отборные и элитные формы.

35-1-74 [Созвездие × 25-37-45 (4x) (Орловская гирлянда × Уэлси тетраплоидный)] — сеянец колонновидного габитуса с геном Rvi6.

35-1-105 {Поэзия × 30-47-88 (4x) [Либерти × 13-6-106 (сеянец Суворовца)]} — триплоидный колонновидный гибридный сеянец.

35-1-106 {Поэзия × 30-47-88 (4x) [Либерти × 13-6-106 (сеянец Суворовца)]} — триплоидный колонновидный гибридный сеянец.

35-1-109 {Поэзия × 30-47-88 (4x) [Либерти × 13-6-106 (сеянец Суворовца)]} — триплоидный колонновидный гибридный сеянец.

Элитный сеянец 35-2-28 [Гирлянда × 25-37-45 (4x) (Орловская гирлянда × Уэлси тетраплоидный)] — триплоидный с геном Rvi6 сеянец колонновидного габитуса.

Элитный сеянец № 295 {Поэзия × 30-47-88 (4x) [Либерти × 13-6-106 (сеянец Суворовца)]} — триплоидный

колонновидный (Co), обладающий моногенной устойчивостью к парше (Rvi6) сеянец зимнего срока созревания плодов. Такие сорта составят основу будущего суперинтенсивного садоводства и обеспечат высокую конкурентоспособность отечественного плододоводства.

Выводы/Conclusions

Из 559 сеянцев восьми гибридных семей выявлены 464 триплоидных растения. В среднем по всем семьям соотношение количества сеянцев по плоидности следующее: диплоиды составляют 17,0%, триплоиды — 83,0%.

Доля гибридов с геном Rvi6 в изученных семьях составила 61,7% от общего количества сеянцев.

Более высокий выход таких сеянцев в комбинациях Поэзия × 30-47-88 (4x), Приокское × 30-47-88 (4x), Созвездие × 30-47-88 (4x) (от 69,8 до 73,8%) обусловлен наличием гена Rvi6 как у материнской, так и у отцовской родительской формы. Сочетание в одном генотипе трех признаков — колонновидности, триплоидного набора хромосом, гена Rvi6 — отмечено у 23,0% сеянцев.

Гибридологический анализ потомства показывает, что все сорта колонновидной формы яблони, взятые в рамках исследования в качестве родительских форм в целенаправленных скрещиваниях, имеют гетерозиготный генотип по гену колонновидности (Coco), их использование в селекции обеспечит большой выход колонновидных сеянцев.

Сравнительная селекционная оценка изученных гибридных семей показала, что выдающейся по выходу отборных и элитных сеянцев является семья Поэзия × 30-47-88 (4x), от этой комбинации скрещивания получены 3 отборные формы и 1 элитный сеянец.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности привлечения тетраплоидных форм 30-48-88, 25-37-45 и колонновидных сортов в селекцию яблони для получения уникальных генотипов, характеризующихся колонновидным габитусом, высоким потенциалом хозяйственно ценных признаков, адаптивностью. Подобные сорта составят основу современного и суперинтенсивного садоводства и сыграют значительную роль в реализации программы по импортозамещению плодовой продукции.

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 по теме «Создание новых конкурентоспособных, адаптивных сортов семечковых культур с использованием инновационных методов селекции и разработка экологически безопасных элементов технологии выращивания, переработки и хранения» (FGZS-2022-0008).

FUNDING

The Research completed as part of a security assignment on the topic "Creation of new competitive, adapted varieties of pome crops using innovative methods of selection and development of environmentally friendly elements, technologies for cultivation, processing and storage" (FGZS-2022-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Качалкин М.В. Яблоня XXI века. Колонны, которые плодоносят. Москва. 2013; 64.
2. Talwara S., Grout B.W.W., Toldam-Andersen T.B. Modification of leaf morphology and anatomy as a consequence of columnar architecture in domestic apple (*Malus × domestica* Borkh.) trees. *Scientia Horticulturae*. 2013; 164: 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.025>

REFERENCES

1. Kachalkin M.V. Apples of the 21st century. Columnars that bear fruit. Moscow. 2013; 64 (in Russian).
2. Talwara S., Grout B.W.W., Toldam-Andersen T.B. Modification of leaf morphology and anatomy as a consequence of columnar architecture in domestic apple (*Malus × domestica* Borkh.) trees. *Scientia Horticulturae*. 2013; 164: 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.025>

3. Vávra R., Vejil P., Blažek J. Growth characteristics of columnar apple tree genotype. *ISHS Acta Horticulturae*. 2021; 1307: 83–90. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2021.1307.13>
4. Шибзухов З.Г.С., Кумахов А.А., Кишев А.Ю., Езиев М.И., Ханцев М.М. Продуктивность колонновидных сортов яблони в условиях КБР. *International Agricultural Journal*. 2021; 64(6): 53. <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10437>
5. Blažek J., Křelínová J. Tree growth and some other characteristics of new columnar apple cultivars bred in Holovousy, Czech Republic. *Horticultural Science (Prague)*. 2011; 38(1): 11–20.
6. Otto D., Petersen R., Brauksiepe B., Braun P., Schmidt E.R. The columnar mutation ("Co gene") of apple (*Malus × domestica*) is associated with an integration of a Gypsy-like retrotransposon. *Molecular Breeding*. 2014; 33(4): 863–880. <https://doi.org/10.1007/s11032-013-0001-3>
7. Dar J.A., Zargar S.M., Rather R.N., Wani A.A. Mining new scab resistance alleles in apple (*Malus × domestica* Borkh.) germplasm of Kashmir: Towards breeding scab free apple cultivars. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2020; 80(01): 112–114.
8. Zelmene K., Kārklīna K., Ikase L., Lācis G. Inheritance of Apple (*Malus × domestica* (L.) Borkh.) Resistance against Apple Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.) in Hybrid Breeding Material Obtained by Gene Pyramiding. *Horticulturae*. 2022; 8(9): 772. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090772>
9. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортаменты яблони в России. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; 4: 17–19. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>
10. Ikase L., Drudze I., Lācis G. Current achievements of the Latvian apple breeding programme. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B: Natural Exact and Applied Sciences*. 2022; 76(4): 424–431. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0066>
11. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Продолжительность периода создания сортов яблони и задачи по его сокращению. *Аграрная наука*. 2021; 7–8: 104–108. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-104-108>
12. Podwyszyńska M., Markiewicz M., Klamkowski K., Broniarek A., Marasek-Ciołakowska A. The genetic background of the phenotypic variability observed in apple autotetraploids. *ISHS Acta Horticulturae*. 2021; 1307: 177–186. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.28>
13. Švara A., Ilnikar K., Carpentier S., De Storme N., De Conincke B., Keulemansab W. Polyploidy affects the development of *Venturia inaequalis* in scab-resistant and -susceptible apple cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2021; 290: 110436. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110436>
14. Горбачева Н.Г., Седов Е.Н., Клименко М.А. Цитологический контроль в селекции яблони на полиплоидном уровне. *Современное садоводство*. 2018; 1: 18–23. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10103>
15. Савельева Н.Н., Земисов А.С. Успехи селекции яблони колонновидной в ФГБНУ ФНЦ им. И.В. Мичурина. *Селекция и сортоведение садовых культур*. 2020; 7(1–2): 134–137. <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11235>
16. Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В. Селекция колонновидных сортов яблони на суперкомпактный габитус. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022; 183(2): 129–136. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-2-129-136>
17. Есичев С.Т. Оценка сортов и гибридов колонновидных форм яблони. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2012; 32(1): 132–138. <https://elibrary.ru/owgwww>
18. Petersen R., Krost C. Tracing a key player in the regulation of plant architecture: the columnar growth habit of apple trees (*Malus × domestica*). *Planta*. 2013; 238(1): 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1898-9>
19. Baldi P., Wolters P.J., Komjanc M., Viola R., Velasco R., Salvi S. Genetic and physical characterisation of the locus controlling columnar habit in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*. 2013; 31(2): 429–440. <https://doi.org/10.1007/s11032-012-9800-1>
3. Vávra R., Vejil P., Blažek J. Growth characteristics of columnar apple tree genotype. *ISHS Acta Horticulturae*. 2021; 1307: 83–90. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2021.1307.13>
4. Шибзухов З.Г.С., Кумахов А.А., Кишев А.Ю., Езиев М.И., Ханцев М.М. Productivity of columnar apple varieties in CBD conditions. *International Agricultural Journal*. 2021; 64(6): 53 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2588-0209-2021-10437>
5. Blažek J., Křelínová J. Tree growth and some other characteristics of new columnar apple cultivars bred in Holovousy, Czech Republic. *Horticultural Science (Prague)*. 2011; 38(1): 11–20.
6. Otto D., Petersen R., Brauksiepe B., Braun P., Schmidt E.R. The columnar mutation ("Co gene") of apple (*Malus × domestica*) is associated with an integration of a Gypsy-like retrotransposon. *Molecular Breeding*. 2014; 33(4): 863–880. <https://doi.org/10.1007/s11032-013-0001-3>
7. Dar J.A., Zargar S.M., Rather R.N., Wani A.A. Mining new scab resistance alleles in apple (*Malus × domestica* Borkh.) germplasm of Kashmir: Towards breeding scab free apple cultivars. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2020; 80(01): 112–114.
8. Zelmene K., Kārklīna K., Ikase L., Lācis G. Inheritance of Apple (*Malus × domestica* (L.) Borkh.) Resistance against Apple Scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.) in Hybrid Breeding Material Obtained by Gene Pyramiding. *Horticulturae*. 2022; 8(9): 772. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090772>
9. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. The role of domestic breeding in improving the apple assortment in Russia. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; 4: 17–19 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>
10. Ikase L., Drudze I., Lācis G. Current achievements of the Latvian apple breeding programme. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B: Natural Exact and Applied Sciences*. 2022; 76(4): 424–431. <https://doi.org/10.2478/prolas-2022-0066>
11. Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. Duration of the period for creating apple cultivars and tasks on reducing it. *Agrarian science*. 2021; 7–8: 104–108 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-104-108>
12. Podwyszyńska M., Markiewicz M., Klamkowski K., Broniarek A., Marasek-Ciołakowska A. The genetic background of the phenotypic variability observed in apple autotetraploids. *ISHS Acta Horticulturae*. 2021; 1307: 177–186. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1307.28>
13. Švara A., Ilnikar K., Carpentier S., De Storme N., De Conincke B., Keulemansab W. Polyploidy affects the development of *Venturia inaequalis* in scab-resistant and -susceptible apple cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2021; 290: 110436. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110436>
14. Gorbacheva N.G., Sedov E.N., Klimenko M.A. Cytological control in apple breeding with polyploidy using. *Contemporary horticulture*. 2018; 1: 18–23 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10103>
15. Saveleva N.N., Zemisov A.S. The success of selection of columnar apple trees in FSSI I.V. Michurin FSC. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*. 2020; 7(1–2): 134–137 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2500-0454-2020-11235>
16. Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V. Breeding columnar apple-tree cultivars for supercompact growth habit. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022; 183(2): 129–136 (in Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-2-129-136>
17. Esichev S.T. Evaluation of varieties and hybrids of columnar apple trees. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2012; 32(1): 132–138 (in Russian). <https://elibrary.ru/owgwww>
18. Petersen R., Krost C. Tracing a key player in the regulation of plant architecture: the columnar growth habit of apple trees (*Malus × domestica*). *Planta*. 2013; 238(1): 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1898-9>
19. Baldi P., Wolters P.J., Komjanc M., Viola R., Velasco R., Salvi S. Genetic and physical characterisation of the locus controlling columnar habit in apple (*Malus × domestica* Borkh.). *Molecular Breeding*. 2013; 31(2): 429–440. <https://doi.org/10.1007/s11032-012-9800-1>

ОБ АВТОРАХ

Светлана Александровна Корнеева

кандидат сельскохозяйственных наук

ksv81_57@bk.ru

orcid:0000-0003-2772-5311

Евгений Николаевич Седов

академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,

профессор

sedov@orel.vniispk.ru

orcid:0000-0002-2067-1894

Татьяна Владимировна Янчук

кандидат сельскохозяйственных наук

yanchuk@orel.vniispk.ru

orcid: 0000-0003-4077-7095

Анна Викторовна Пикунцова

кандидат биологических наук

pikuanna84@mail.ru

orcid: 0000-0003-4269-4250.

Наталья Геннадьевна Лаврусевиц

кандидат сельскохозяйственных наук

lavrusevich@orel.vniispk.ru

orcid: 0000-0001-8985-8967

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,

дер. Жилина, Орловская обл., 302530, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Aleksandrovna Korneeva

Candidate of Agricultural Sciences

ksv81_57@bk.ru

orcid:0000-0003-2772-5311

Evgeny Nikolaevich Sedov

Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor

of Agricultural Sciences, Professor

sedov@orel.vniispk.ru

orcid:0000-0002-2067-1894

Tatyana Vladimirovna Yanchuk

Candidate of Agricultural Sciences

yanchuk@orel.vniispk.ru

orcid: 0000-0003-4077-7095

Anna Viktorovna Pikunova

Candidate of Biological Sciences

pikuanna84@mail.ru

orcid: 0000-0003-4269-4250

Natalya Gennadievna Lavrusevich

Candidate of Agricultural Sciences

lavrusevich@orel.vniispk.ru

orcid: 0000-0001-8985-8967

All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding, village Zhilina, Orel region, 302530, Russia

УДК 634.8:631.471

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-159-164

В.А. Орлов ✉

А.А. Лукьянов

О.И. Михайловская

Анапская зональная опытная станция
виноградарства и виноделия — филиал
Федерального государственного
бюджетного научного учреждения «Северо-
Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия»,
Анапа, Россия

✉ vitorl@yandex.ru

Поступила в редакцию: 15.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Орлов В.А., Лукьянов А.А., Михайловская О.И.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-159-164

Vitaly A. Orlov ✉

Alexey A. Lukyanov

Olesya I. Mikhailovskaya

Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture
and Winemaking — Branch of the North Cauca-
sian Federal Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Wine-making, Anapa, Russia

✉ vitorl@yandex.ru

Received by the editorial office: 15.07.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Orlov V.A., Lukyanov A.A., Mikhailovskaya O.I.

Определение морфометрических показателей почвенной поверхности виноградного насаждения по спектральным каналам спутниковых изображений

РЕЗЮМЕ

Введение. Почвы играют важную роль примерно в 30-летнем периоде эксплуатации виноградного насаждения, влияя на рост растений, их урожайность и качество винограда. В данном исследовании изучались морфометрические показатели поверхностного слоя почвы виноградного насаждения с использованием спектральных каналов спутниковых изображений.

Методология. Методология включала применение алгоритма «случайного леса» для классификации почвенного покрова по спектральным каналам и нормализованным индексам спутниковых изображений и анализа основных физико-химических свойств почв.

Результаты. В ходе исследования были выявлены значительные различия в спектральной отражательной способности различных вариантов участков, что было обусловлено содержанием карбонатов, уровнем влажности и количеством гумуса. Участки с высоким содержанием карбонатов и влаги показали более высокие значения стандартного отклонения в спектральных каналах. Изучение спектральных характеристик почвенной поверхности позволяет эффективно классифицировать различные участки на основе данных дистанционного зондирования. Анализ комбинаций спектральных каналов выявил оптимальный набор из трех каналов (B12, B11, B8A) с минимальным среднеквадратичным отклонением при классификации изображения по шести почвенным вариантам участков. Для классификации можно использовать и композицию из пяти нормализованных индексов, но в этом случае значительно возрастает время вычисления при большем значении среднеквадратичного отклонения и диапазоне доверительного интервала. С помощью машинного обучения были сегментированы шесть различных типов почвенной поверхности, что продемонстрировало сложность почвенной мозаики поля. Эти результаты имеют решающее значение для улучшения управления виноградниками и повышения их продуктивности.

Ключевые слова: виноградное насаждение, почва, спектральные каналы, нормализованные индексы, спутниковые данные, Sentinel-2, отражательная способность, распознавание изображений, машинное обучение

Для цитирования: Орлов В.А., Лукьянов А.А., Михайловская О.И. Определение морфометрических показателей почвенной поверхности виноградного насаждения по спектральным каналам спутниковых изображений. *Аграрная наука.* 2024; 387(10): 159–164.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-159-164>

Detection of morphometric indicators of the soil surface of a grape plantation using spectral bands of satellite images

ABSTRACT

Introduction. Soils play an important role in the approximately 30-year period of operation of a grape planting, influencing plant growth, their yield and the quality of the grapes. In this study, the morphometric parameters of the surface soil layer of a grape plantation were studied using spectral channels of satellite images.

Methodology. The methodology included the use of a “random forest” algorithm to classify soil cover using spectral channels and normalized satellite image indices and analyze the main physicochemical properties of soils. Accuracy was assessed using RMSD and confidence intervals calculated via bootstrapping.

Results. The study revealed significant differences in the spectral reflectivity of different site options, which was due to carbonate content, humidity levels and the amount of humus. Areas with high carbonate and moisture content showed higher standard deviation values in the spectral channels. Studying the spectral characteristics of the soil surface makes it possible to effectively classify different areas based on remote sensing data. Analysis of combinations of spectral channels revealed an optimal set of three channels (B12, B11, B8A) with a minimum standard deviation when classifying an image into six soil variants of areas. For classification, a composition of five normalized indices can also be used, but in this case the calculation time increases significantly with a larger standard deviation and a larger confidence interval range. Using machine learning, six distinct soil surface types were segmented, demonstrating the complexity of the field's soil mosaic. These results are critical for improving vineyard management and productivity.

Key words: grape planting, soil, spectral channels, normalized indices, satellite data, Sentinel-2, reflectivity, image classification, machine learning

For citation: Orlov V.A., Lukyanov A.A., Mikhailovskaya O.I. Detection of morphometric indicators of the soil surface of a grape plantation using spectral bands of satellite images. *Agrarian science.* 2024; 387(10): 159–164 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-159-164>

Введение/Introduction

Почва в совокупности с климатом и рельефом играют важную роль для виноградарства, влияя на рост растений и качество урожая. В условиях климатического изменения и повышения значимости рационального использования земельных ресурсов возникает необходимость в получении объективной и актуальной информации о неоднородности почвенного покрова по морфологическим признакам [1].

Полноценное обследование участков для определения свойств почв и ее плодородия позволяет получить объективную оценку потенциальной продуктивности виноградного насаждения. Актуальным параметром в создании и эксплуатации виноградных насаждений является бонитировка почв в баллах: 71–93 — у черноземов, 64–73 — у дерново-карбонатных, 59–65 — у щепчатых [2].

Исследование высокопродуктивных земель позволяет интенсифицировать виноградарство на небольших, но оптимальных по плодородию земельных участках с выделением микрзон приоритетного развития [3]. Для определения таких участков требуется достоверное и актуальное детектирование почвенных показателей (содержание гумуса, влажность, цвет, текстура) виноградного насаждения по их морфометрическим характеристикам [4].

При оценке и выборе земель для закладки виноградных насаждений определяющими свойствами участка являются уровень грунтовых вод, солевой состав, содержание активных карбонатов, гранулометрический состав и плотность почвы, запасы гумуса, экспозиция, длина и крутизна склонов [5–7]. В число определяемых характеристик почв входят органические вещества, соединения железа, оксиды марганца, некоторые простые соли белого цвета [8].

Неоднородность почвенного покрова определяется гранулометрическим составом, влажностью, плотностью и окраской. Темные почвы содержат наибольшее количество питательных веществ, почвы с бурым цветом — среднее, а светлые — наименьшее. Красные, желтые и бурые тона проявляются при наличии водных оксидов железа. Белесые оттенки свидетельствуют о наличии в почве солей карбонатов кальция, сульфатов, гипса. Оподзоленные, солонцеватые и особенно осолоделые почвы в верхних горизонтах имеют белесоватость за счет накопления SiO_2 . Сизая окраска почвы свидетельствует о ее заболоченности. Гумус придает почвам темную окраску (в зависимости от его содержания) — черную или темновато-серую.

Существует система CIE-L*a*b* для характеристики почв, созданной Международным оптическим комитетом. В данной системе величина показателя L* (светлота) характеризует содержание в почве темного пигмента — гумуса, величина показателя a* (краснота) отражает содержание в почве красноцветного пигмента, а величина показателя b* (желтизна) соответствует содержанию в почве желтоцветного пигмента. В системе CIE-L*a*b* могут решаться задачи оценки влияния агрегации, размера и состава гранулометрических фракций на цвет почв [9–12].

Гранулометрический состав почвы во многом определяет тепловой градиент в течение суток. Песчаные почвы быстрее нагреваются, а глинистые лучше

удерживают тепло. В структурной почве происходит максимальное накопление воды и воздуха (до 40% от общего количества). В более плотных почвах наблюдаются более высокие концентрации химических элементов. «Белые щелочные» почвы с преобладающим содержанием катионов кальция и магния обычно имеют видимые солевые отложения на поверхности. Соли способствуют перемещению воды из областей с более низкой концентрацией соли в почву, где концентрация соли выше. «Черными щелочами» (или «солевыми пятнами») называют натриевые почвы, которые имеют черный цвет из-за рассеивания органического вещества и жирно-маслянистую поверхность с небольшим или отсутствующим вегетативным ростом.

Почвы из-за воздействия натрия и других солей на виноградное растение можно разделить по степени относительного риска для виноградарства растения на низкий, умеренный и сильный. Низкий уровень солености не препятствует росту корней или общему здоровью растений. Умеренно засоленные почвы существенно влияют на корневую систему виноградного растения, однако еще остается устойчивость к неблагоприятному воздействию засоления. Сильнозасоленные почвы оказывают негативное воздействие на корневую систему и развитие растения. Присутствие высокого уровня соли серьезно затрудняет рост корней и общую жизнеспособность растения, что приводит к задержке в развитии и снижению урожайности виноградных кустов [13].

В современном виноградарстве внедряются технологии дистанционного мониторинга вегетирующих растений с различными почвенно-климатическими особенностями местности [14]. Неоднородность почвенного покрова влияет на фенологию и силу развития виноградного растения одного виноградного насаждения.

При оценке участков с разным плодородием почвы виноградного насаждения можно использовать контур почвенного паттерна (образца для сравнения) виноградного насаждения с оптимальной продуктивностью и качеством урожая на контрольных участках, а методами геоинформатики можно сегментировать почвенный покров по его морфометрическим признакам.

Цель исследования — оценить техническую возможность определения морфометрических показателей почвы виноградного насаждения по спектральным каналам спутниковых изображений для машинного определения контуров почвенных разностей.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводилось на виноградном насаждении площадью 23 га сорта Шардоне 2019 г. посадки.

Для оценки разнообразия поверхностного слоя почв использовались «Технологическая инструкция по подбору и оценке почв для культуры винограда» и «База данных виноградопригодных почв Таманского полуострова Краснодарского края Российской Федерации» (2011–2021 гг.)¹.

Почвенные картограммы вегетационных индексов создавались методами машинного детектирования с использованием программ SAGA и SNAP [15]. Распознавание контуров почвенных массивов выполнено с использованием алгоритма машинного обучения «случайного леса» (Random Forest)². Тренировочные данные

¹ Лукьянов АА. Итоги научно-исследовательской деятельности Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» за 2021 год. Плодоводство и виноградарство юга России. 2022; (78): 39–48. DOI: 10.30679/2219-5335-2022-6-78-39-48, EDN: OMOMHQ

² Мюллер А., Гвидо С. Машинное обучение и глубокое обучение с использованием Python и R. М.: ДМК Пресс. 2021; 432.

были собраны на основе известных точек, представляющих почвы различных типов: глинистая, суглинистая, песчаная, супесчаная.

В качестве дополнительных признаков были рассчитаны текстурные признаки, такие как энтропия и контраст, с использованием GLCM (Gray-Level Co-occurrence Matrix).

Геостатистический метод использовался при количественной оценке почвенной неоднородности по цветовым и спектральным признакам [16–18]. Для машинного обучения распознавания почвенного покрова была использована коллекция изображений в открытом доступе Sentinel-2 (<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus/sentinel-2>) за 2022–2024 годы при облачности менее 10%.

Изображения были отобраны для изучения отражательной способности в каналах:

1) B2 — синий, разрешение — 10 м/пиксель, центральная длина волны — 490 нм, полоса пропускания — 65 нм, используется для распознавания почв и растительности, выявления антропогенных объектов; 2) B4 — красный (Red), разрешение — 10 м/пиксель, центральная длина волны — 665 нм, пропускная способность — 30 нм, используется для определения типов растительности, почв, городских и поселковых территорий; 3) B8 и B8A — ближний инфракрасный диапазон (NIR), разрешение — 10 м/пиксель и 20 м/пиксель, центральная длина волны — 842 нм и 865 нм, полоса пропускания — 115 нм и 20 нм соответственно, используется для картирования береговой линии, содержания биомассы и анализа растительности; 4) B11 и B12 — SWIR1 и SWIR2, разрешение — 20 м/пиксель, центральная длина волны — 1610 нм и 2190 нм, полоса пропускания — 90 нм и 180 нм соответственно, используется для измерения влажности почвы и растительности, обеспечивает хороший контраст между различными типами почвенной поверхности.

Комбинации инфракрасных диапазонов (SWIR2, NIR, Red) обычно используются для мониторинга дренажа и структуры почвы (<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/bands/>).

Каждому набору каналов присваивались значения для шести вариантов почвенной поверхности. Для оценки точности машинного распознавания почвенного покрова по спектральным полосам Sentinel-2 и шести вариантам участков почвенной поверхности использовались квадратичные отклонения и доверительные интервалы, рассчитанные с помощью статистического метода — бутстреппинга³.

Обработка данных временных рядов изображений методом машинного обучения распознавания изображений по шести вариантам почвенных проб выполнена в интернет-сервисе Google Earth Engine⁴ (Google LLC).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На основе коллекции изображений Sentinel-2 и технологии интернет-сервиса Google Earth Engine проведено машинное распознавание изображений по шести паттернам участков с учетом показателей почвенных проб.

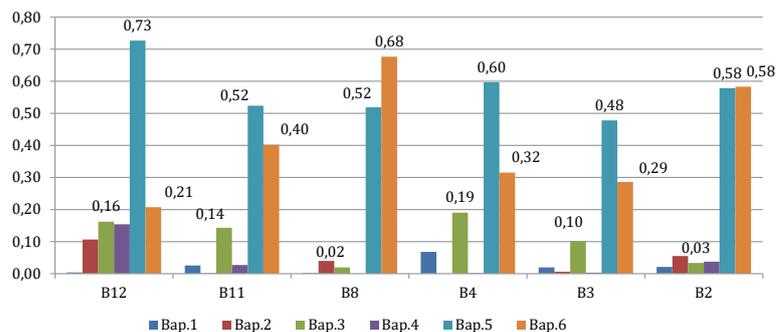
В данной работе проведен анализ различных комбинаций спектральных каналов, обеспечивающих наименьшее квадратичное отклонение при машинном распознавании изображений по вариантам почв. На основе космического изображения от 06.11.2019 Google Earth Pro (37°21'44.93"В, 44°55'46.44"С) были выделены шесть различных участков по визуально отличимому тону. Каждый участок представлен точкой с известными координатами, в которой была взята почвенная проба. Для каждой точки из шести почвенных участков были рассчитаны средние значения и стандартные отклонения отражательной способности в каналах спектра. Значения стандартного отклонения в каналах B8A, B11 и B12 позволяют различать почвенные участки в шести вариантах по их физико-химическим характеристикам. Так, например, участки с высоким содержанием карбонатов и влажностью демонстрируют более высокие значения стандартного отклонения в спектральных каналах, что может быть связано с изменениями в отражательной способности из-за содержания влаги и органического вещества.

Диаграммы стандартного отклонения по каналам (рис. 1) показали значительные различия между участками, что свидетельствует о разнообразии почвенных условий в исследуемой области. Это означает, что отражательная способность может значительно варьироваться в зависимости от различных микроусловий в пределах участка, что приводит к большему разбросу значений.

В таблице 1 приводятся показатели почвы по шести вариантам почвенных анализов. Эти данные включают содержание карбонатов, оксида фосфора (P_2O_5), оксида калия (K_2O), гигроскопическую влажность и содержание гумуса. Для понимания взаимосвязи между спектральными параметрами и физико-химическими характеристиками почвенной поверхности был проведен корреляционный анализ.

Для каналов B11, B12, B8A получили высокую положительную корреляцию между собой (0,85, 0,90, 0,80), то есть они измеряют схожие свойства поверхности. Сильная отрицательная корреляция с содержанием карбонатов (-0,70, -0,60, -0,75) указывает на то, что с увеличением их содержания в почвенном покрове отражательная способность уменьшается, то есть содержание карбонатов в поверхностном почвенном слое существенно влияет на ее отражательную способность. Оксид фосфора имеет слабую корреляцию с B11, B12 и B8A. Калий хотя и оказывает влияние на отражательную способность, но в значительно меньшей степени по

Рис. 1. Вариабельность каналов спектрального отражения по вариантам
Fig. 1. Variability of spectral reflection bands by variant



³ Efron B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife. The Annals of Statistics. 1979; 7(1): 1–26.

⁴ <https://earthengine.google.com/>

Таблица 1. Характеристики почвенных проб в шести вариантах опыта виноградного насаждения

Table 1. Characteristics of soil samples in six variants of the grape planting experiment

Вариант №, название почвы, слой почвы: 0–20 см	Карбонаты	P ₂ O ₅		K ₂ O	Гигроскопическая влажность почвы, г/см ³	Гумус
		%	МГ-экв. / 100 г почвы			
1. Чернозем обыкновенный, мощный, глубокосолощеватый, тяжелосуглинистый, сформированный на гипсовых глинах	0	11,1	32	7,5	2,1	
2. Чернозем южный, карбонатный, маломощный, гранулометрический состав — супесь, сформированный на приморских песках	2,0	3,8	10	6,0	1,5	
3. Чернозем обыкновенный, мощный, карбонатный, тяжелосуглинистый, сформированный на тяжелых суглинках и глинах	4,0	1,6	22	2,0	1,8	
4. Чернозем южный, выщелоченный, мощный, среднесуглинистый, сформированный на лессовидных суглинках	0	5,1	12	3,4	1,8	
5. Чернозем южный, карбонатный, мощный, среднесуглинистый, суглинистый, глубокосолощеватый, сформированный на лессовидных глинах	2,1	2,9	16	6,9	1,8	
6. Чернозем южный глубокосолощеватый	7,6	3,4	37	11,0	2,1	

сравнению с карбонатами. Спектральные каналы B11, B12, B8A показывают:

отрицательную корреляцию с гигроскопической влажностью (-0,65, -0,70, -0,60 соответственно). Это означает, что с увеличением гигроскопической влажности отражательная способность в этих спектральных каналах уменьшается. Высокая влажность почвы, как правило, снижает отражательную способность, так как вода поглощает больше света;

положительную корреляцию с содержанием гумуса (0,45, 0,50, 0,55 соответственно). Это указывает на то, что увеличение содержания гумуса ведет к увеличению отражательной способности в этих каналах. Гумус, богатый органическими веществами, может увеличивать отражательную способность почвы за счет своей структуры и цвета.

На рисунке 2 представлены снимки поля в различных спектральных индексах каналов Sentinel 2. На изображении RGB визуально были определены контуры шести областей виноградного насаждения с различным тоном, яркостью, цветом, определены их площади. Изображения в индексах SAVI, BRI и NDVI (рис. 2) отражают виноградное насаждение на контрасте отражательной способности почвы и растительности.

Индекс SAVI учитывает дифференциальное затухание красного B4 и ближнего инфракрасного B8-диапазона и сводит к минимуму влияние яркости почвы от спектральных индексов растительности. Изображения в индексах SAVI и NDVI коррелируют друг с другом. Индекс SAVI лучше подходит для участков, где влияние почвенного фона оказывается выше: имеются междурядные проезды шириной 2,5–3,5 м и длиной 200–300 м.

Обычно SAVI минимизирует вклад отраженного света от почвы и позволяет получить более точные данные о состоянии растительности, но за счет корректировки параметра L можно усилить яркость почвы. В результате остались только три основных цвета: белый (очень влажная почва), зеленый (средняя влажность), черный (сухая почва). Индекс BRI (Bare Soil Index) позволяет выявлять и анализировать показатели почвы на виноградниках в период покоя растений.

На изображении BRI (27.02.2024, рис. 2) участки почвы с высоким содержанием влаги показаны черным цветом, а более сухие участки — красным. Изображение в индексе NDVI (24.05.2024, рис. 2) отражает в оттенках зеленого цвета участки с различной степенью развития виноградных растений — пятна темного цвета характеризуют более развитый зеленый покров.

Изображение в индексе SWIR (24.05.2024, рис. 2) позволяет оценить запасы воды в почве, поскольку вода поглощает волны в коротковолновом инфракрасном диапазоне (полосы B12, B8, B4). На изображении SWIR растительность окрашена в оттенки зеленого, почвы и оголенные участки окрашены в различные оттенки коричневого, который наилучшим образом обозначает контур почвенных участков.

Изображение индекса SWIR по цвету контуров соответствует границам насыщенности влагой растений и почвы, но в разных цветах. Растительность окрашена в оттенки зеленого, почвы — в различные оттенки коричневого, а вода кажется черной. Сухая почва сильнее отражает коротковолновый инфракрасный свет в диапазоне канала SWIR B12, что показано ярко-желтыми пятнами.

На основе композиции снимков SAVI, BRI, NDVI, SWIR проведена цветовая классификация с машинным обучением по алгоритму Random Forest почвенного покрова виноградного насаждения по шести паттернам почвенных вариантов (изображение Random Forest, рис. 2).

В таблице 2 приведены рассчитанные площади участков с различными показателями в соответствии с шестью паттернами почв на основе машинной классификации. Результаты классификации показали четкое

Рис. 2. Картограммы поля в значениях вегетационных индексов: RGB, SAVI, BRI, NDVI, SWIR и машинной классификации изображения — Random Forest; по спектральным каналам: «B12, B11, B8»; «B12, B11, B8A»; «B12, B11, B8, B8A, B4»; «B12, B11, B8, B4, B2»

Fig. 2. Field cartograms in the values of vegetation indices: RGB, SAVI, BRI, NDVI, SWIR and machine image classification Random Forest; by spectral bands: «B12, B11, B8»; «B12, B11, B8A»; «B12, B11, B8, B8A, B4»; «B12, B11, B8, B4, B2».

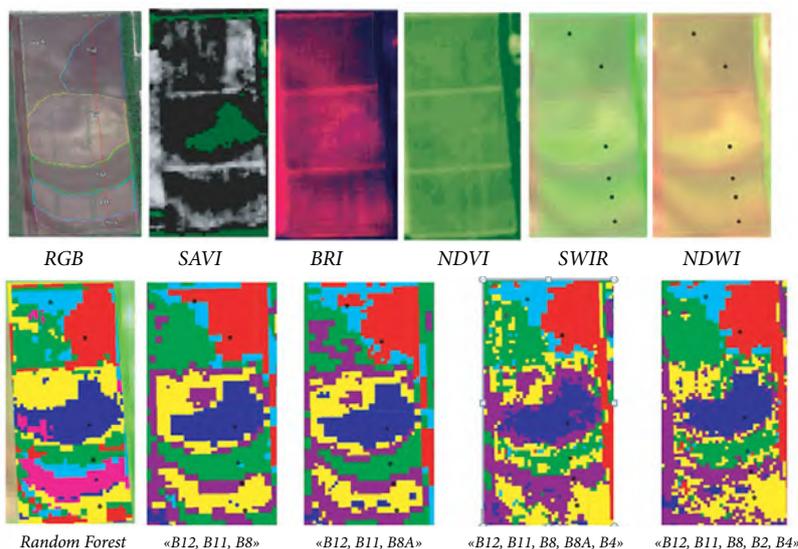


Таблица 2. Машинное распознавание изображения почвенной поверхности по набору спектральных каналов и композиции индексов

Table 2. Comparison of machine classification of soil surface images according to a set of spectral channels and composition of indices

Варианты почв (цвет на картограмме, рис. 2)	Набор каналов и нормализованных индексов					
	B12, B11, B8	B12, B11, B8A	B12, B11, B8, B8A	B12, B11, B8, B8A, B4	B12, B11, B8, B4, B2	Композит индексов RGB, NDVI, SAVI, BRI, SWIR. Визуальное определение
	Площадь почвенного участка, га					
1. Чернозем обыкновенный, мощный, глубоководный, тяжелосуглинистый, сформированный на гипсовых глинах (красный)	3,4	3,1	3,8	2,9	3,8	4,8/3,6
2. Чернозем южный, карбонатный, маломощный, гранулометрический, состав — супесь, сформированный на приморских песках (синий)	3,8	3,9	3,7	5,2	2,9	3,9/6,2
3. Чернозем обыкновенный, мощный, карбонатный, тяжелосуглинистый, сформированный на тяжелых суглинках и глинах (зеленый)	5,2	5,1	7,5	5,6	5,4	5,3/3,6
4. Чернозем южный, выщелоченный, мощный, среднесуглинистый, сформированный на лессовидных суглинках (сиреневый и фиолетовый)	6,1	5,0	4,2	5,4	7,1	3,0/2,8
5. Чернозем южный, карбонатный, мощный, среднесуглинистый, суглинистый, глубоко солонцеватый, сформированный на лессовидных глинах (желтый)	5,1	5,1	4,9	3,6	4,7	5,9/2,4
6. Чернозем южный глубоководный (голубой)	1,7	2,1	1,3	2,7	1,5	2,7/4,3
Квадратичное отклонение (RMSD)	1,49	1,15	1,31	1,66	1,91	1,82/2,01
Доверительный интервал (95%)	2,9–5,3	3,1–4,8	2,8–5,8	3,2–5,1	2,9–5,6	3,4–5,2/ 4,3–6,9

разделение между различными типами почвенной поверхности. На карте классификации были выделены следующие классы: глинистая почва (более 80% глины) расположена в южной части; суглинок (50% песка, 50% глины) преобладает в центральной части; песчаная почва (90% песка) встречается в северной части; супесчаная почва (50–70% песка) распределена равномерно по всей области. Контурные границы увлажненных участков поля могут меняться в зависимости от содержания солей, что отражается на одновременных снимках в изменении почвенных контуров и появлении переходных зон.

Почвы, имеющие характерную окраску из-за содержания гумуса, часто имеют пятнистую текстуру в общей картине почвенного покрова спектральных изображений. Гигроскопическая влажность почвы и содержание гумуса — основные отличительные цветовые признаки для выделения участков с разной почвенной структурой на основе нормализованных спектральных индексов

при использовании изображений Sentinel-2. Они являются достоверно различимыми характеристиками при детектировании морфометрических признаков поверхностного слоя почвы виноградного насаждения при использовании композиции спектральных индексов.

Для каждого набора спектральных каналов были рассчитаны квадратичное отклонение (RMSD) и доверительные интервалы с уровнем значимости 95% относительно композиции нормализованных индексов и визуального дешифрирования площадей участков с вариантами почв (табл. 2).

Наименьшее значение квадратичного отклонения (RMSD) среди всех рассмотренных наборов спектральных каналов было достигнуто при использовании комбинации спектральных каналов B11, B12, B8A. Доверительные интервалы подтверждают надежность данного набора каналов. Их комбинация является оптимальной для оценки плодородности почвенного покрова виноградных насаждений на основе данных дистанционного зондирования.

Выводы/Conclusions

Проведенное исследование наглядно показало техническую возможность эффективного использования спектральных данных спутниковых каналов Sentinel-2 для определения различий в почвенной поверхности виноградного насаждения. Анализ показал, что использование набора спектральных каналов B11, B12, B8A обеспечивает наилучшую точность выделения массивов участков по почвенному контуру, что подтверждается наименьшим значением квадратичного отклонения.

Эти результаты могут быть использованы для улучшения методов дистанционного мониторинга почв виноградных насаждений. Дальнейшие исследования могут быть направлены на повышение точности определения морфометрических показателей почв путем использования дополнительных спектральных и текстурных признаков, на проверку метода машинного распознавания по спектральным изображениям почвенной поверхности на более масштабных территориях.

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

- Магомедов Г.Г., Магомедова Е.С. Оценка состояния почв плодородных виноградников Дагестана, находящихся в длительной эксплуатации. *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2022; 24(3): 242–247. <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.007>
- Усков И.Б., Кононенко О.В., Суханов П.А., Усков А.О. Анализ методик бонитировки почв и оценки продуктивности земель. *Агрохимический вестник*. 2023; (5): 81–89. <https://www.elibrary.ru/wfdmnd>
- Орлов В.А., Лукьянов А.А. Микрозонирование виноградных насаждений на основе разностных нормализованных индексов по космическим снимкам. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2022; (6): 248–262. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-6-78-248-262>

REFERENCES

- Magomedov G.G., Magomedova E.S. The estimation of soil conditions of fruit-bearing vineyards in Dagestan under long-term exploitation. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022; 24(3): 242–247 (in Russian). <https://doi.org/10.34919/IM.2022.24.3.007>
- Uskov I.B., Kononenko O.V., Suhanov P.A., Uskov A.O. Analysis of methods for assessing soils and assessing land productivity. *Agrochem herald*. 2023; (5): 81–89 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/wfdmnd>
- Orlov V.A., Lukyanov A.A. Microzoning of grape plantations on the basis of difference normalized indices from satellite images. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2022; (6): 248–262 (in Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2022-6-78-248-262>

4. Быкова М.В., Власенко В.П. Лимитирующие почвенные характеристики, определяющие развитие и качество виноградников. *Мировые исследования в области естественных и технических наук. Материалы VI Международной научно-практической конференции*. Ставрополь: Параграф. 2023; 105–107. <https://www.elibrary.ru/vlgrfdj>
5. Глазунов Г.П., Афонченко Н.В., Двойных В.В. Оценка влияния морфометрических показателей рельефа на плодородие черноземных почв. *Достижения науки и техники АПК*. 2020; 34(7): 10–18. <https://www.elibrary.ru/yujiru>
6. Незнаева А.М. Почвенно-экологические факторы, определяющие рост, развитие и качество винограда. *Научный журнал КубГАУ*. 2007; 32: 118–124. <https://www.elibrary.ru/jxulbp>
7. Власенко В.П., Быкова М.В. Методология оценки виноградопригодности почв (земель) и способы отображения их в градостроительной документации на примере земель Анапа-Таманской зоны Краснодарского края. *Московский экономический журнал*. 2022; 7(9): 12. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_9_553
8. Седых В.А., Савич В.И., Сукар Л., Мисюрева Е.В. Цветовая гамма почв, оцениваемая методами компьютерной диагностики, как индикатор генезиса и плодородия почв. *Плодородие*. 2020; (2): 40–43. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.12>
9. Кириллова Н.П., Силева Т.М. Анализ цвета почв с использованием цифровой фотокамеры. *Вестник Московского университета*. Серия 17: Почвоведение. 2017; (1): 16–23. <https://www.elibrary.ru/xhrccd>
10. Мишин Б.С., Некрасова Т.А. Цвет и диагностика почв. *Наука и образование*. 2019; 2(4): 294. <https://www.elibrary.ru/sutdba>
11. Савич В.И., Крутилина В.С., Егоров Д.Н., Кашанский А.Д. Использование компьютерной диагностики для объективной характеристики цвета почв. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2004; (4): 38–51. <https://www.elibrary.ru/vtibvj>
12. Хомяков Д.М., Жулидова Д.А. К вопросу создания универсального алгоритма анализа и диагностики почв по цвету. *Агрофизика*. 2022; (3): 19–25. <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.03.03>
13. Doğan B., Gülsel C. Assessment of soil quality for vineyard fields: A case study in Menderes District of Izmir, Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2019; 8(2): 176–183. <https://doi.org/10.18393/ejss.551874>
14. Рыбалко Е.А. и др. Организация работы с данными наземных и дистанционных наблюдений для решения задач дистанционного мониторинга виноградников. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2016; 13(1): 79–92. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2016-13-1-79-92>
15. Sassu A., Gambella F., Ghiani L., Mercenaro L., Caria M., Pazzona A.L. Advances in Unmanned Aerial System Remote Sensing for Precision Viticulture. *Sensors*. 2021; 21(3): 956. <https://doi.org/10.3390/s21030956>
16. Чурсин В.В., Кузевская И.В., Мерзляков О.Э., Валевиц Т.О., Ручкина К.В. Разработка алгоритма классификации данных спутникового зондирования на основе машинного обучения на примере гранулометрического состава почв агроландшафтов Западной Сибири. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021; 18(2): 39–50. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-2-39-50>
17. Михеева И.В. Вероятностно-статистическая и информационная оценка современных процессов в природных объектах на основе данных почвенного мониторинга. *Вестник СГУиТ*. 2017; 22(4): 220–236. <https://www.elibrary.ru/ytzdyo>
18. Кириллова Н.П., Хомяков Д.М., Караванова Е.И., Азиков Д.А., Жулидова Д.А. Спектральные почвенные базы данных. *Вестник Московского университета*. Серия 17: Почвоведение. 2021; (2): 11–17. <https://www.elibrary.ru/upczzh>
4. Bykova M.V., Vlasenko V.P. Limiting soil characteristics that determine the development and quality of vineyards. *World Research in the Field of Natural and Technical Sciences. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. Stavropol: Paragraph. 2023; 105–107 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vlgrfdj>
5. Glazunov G.P., Afonchenko N.V., Dvoynikh V.V. Influence of morphometric terrain indicators on the fertility of chernozem soils. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2020; 34(7): 10–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yujiru>
6. Neznaeva A.M. Soil-ecological factors, determining growth, development and quality of grape. *Scientific Journal of KubSAU*. 2007; 32: 118–124 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jxulbp>
7. Vlasenko V.P., Bykova M.V. Methodology for assessing the viticultural suitability of soils (lands) and ways to display them in urban planning documentation on the example of lands of the Anapa-Taman zone of the Краснодар Territory. *Moscow economic journal*. 2022; 7(9): 12 (in Russian). https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_9_553
8. Sedykh V.A., Savich V.I., Sukkar L., Misyureva E.V. Color soil spectrum assessed by computer diagnostic methods as an indicator of soil genesis and fertility. *Plodorodie*. 2020; (2): 40–43 (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.12>
9. Kirillova N.P., Sileva T.M. Colorimetric analysis of soils using digital cameras. *Lomonosov Soil Science Journal*. 2017; (1): 16–23 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xhrccd>
10. Mishin B.S., Nekrasova T.A. Color and diagnostics of soils. *Nauka i Obrazovaniye*. 2019; 2(4): 294 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/sutdba>
11. Savich V.I., Krutina V.S., Egorov D.N., Kashansky A.D. Use of computer diagnostics for objective soil color characterization. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2004; (4): 38–51 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vtibvj>
12. Khomyakov D.M., Zhulidova D.A. On the issue of creating a universal algorithm for analyzing and diagnosing soils by color. *Agrofizika*. 2022; (3): 19–25 (in Russian). <https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.03.03>
13. Doğan B., Gülsel C. Assessment of soil quality for vineyard fields: A case study in Menderes District of Izmir, Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2019; 8(2): 176–183. <https://doi.org/10.18393/ejss.551874>
14. Rybalko E.A. et al. Management of ground data and remote observations data processing aimed at vineyards remote monitoring. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2016; 13(1): 79–92 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2016-13-1-79-92>
15. Sassu A., Gambella F., Ghiani L., Mercenaro L., Caria M., Pazzona A.L. Advances in Unmanned Aerial System Remote Sensing for Precision Viticulture. *Sensors*. 2021; 21(3): 956. <https://doi.org/10.3390/s21030956>
16. Chursin V.V., Kuzhevskaya I.V., Merzlyakov O.E., Valevich T.O., Ruchkina K.V. Design of satellite sensing data classification algorithm based on machine learning using the example of granulometric composition of soils in agricultural landscapes of Western Siberia. *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2021; 18(2): 39–50 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2021-18-2-39-50>
17. Mikheeva I.V. Probabilistic-statistical and information assessment of contemporary processes in natural objects on the basis of data of soil monitoring. *Vestnik SSUGT*. 2017; 22(4): 220–236 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ytzdyo>
18. Kirillova N.P., Khomyakov D.M., Karavanova E.I., Azikov D.A., Zhulidova D.A. Soil spectral databases. *Lomonosov Soil Science Journal*. 2021; (2): 11–17 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/upczzh>

ОБ АВТОРАХ

Виталий Александрович Орлов

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
vitorl@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3337-2970>

Алексей Александрович Лукьянов

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-7317-9150>

Олеся Ивановна Михайловская

младший научный сотрудник
azosviv@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-1948-2041>

Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северокавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия»,
Пионерский пр-т, 36, Анапа, 353456, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Vitaly Alexandrovich Orlov

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Research
vitorl@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3337-2970>

Alexey Alexandrovich Lukyanov

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Research
<https://orcid.org/0000-0001-7317-9150>

Olesya Ivanovna Mikhailovskaya

Junior Researcher
azosviv@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-1948-2041>

Anapa Zonal Experimental Station of Viticulture and Winemaking is a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture and Winemaking”,
36 Pionersky Ave., Anapa, 353456, Russia

УДК 637.112.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-165-170

А.Р. Хакимов ✉

С.С. Юрочка

С.С. Рузин

Ф.Е. Владимиров

Федеральный научный агроинженерный
центр ВИМ, Москва, Россия

✉ arty.hv@gmail.com

Поступила в редакцию: 26.07.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Хакимов А.Р., Юрочка С.С., Рузин С.С.,
Владимиров Ф.Е.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-165-170

Artyom R. Khakimov ✉

Sergey S. Yurochka

Sergey S. Ruzin

Fedor E. Vladimirov

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ arty.hv@gmail.com

Received by the editorial office: 26.07.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Khakimov A.R., Yurochka S.S., Ruzin S.S.,
Vladimirov F.E.

Разработка и испытания измерительной камеры для устройства экспресс-анализа качества молока в потоке

РЕЗЮМЕ

Механизация и роботизация молочных ферм требуют развития технологий оценки качества производимой продукции. 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. В первой версии скаттерометрического устройства экспресс-анализа качества молока использовалась стеклянная измерительная камера с простым круглым сечением, однако она не обеспечивала приведение турбулентного потока молоковоздушной смеси к ламинарному. В данном исследовании представлены разработка и испытания прототипа измерительной камеры, обеспечивающей замедление и ламинаризацию потока молоковоздушной смеси. Устройство работает при производительности доения от 1 до 6 л/мин, скорость потока — от 0,2 до 1,8 м/с. В разрабатываемой измерительной камере создан специальный отвод под углом отклонения 45° так, чтобы он имел общую прорезь с основной трубкой. В отводе происходит замедление потока молоковоздушной смеси для уменьшения завихрений и количества пузырьков воздуха, мешающих работе скаттерометрических устройств. Область проведения измерений устройством находится в верхней части отвода. В результате разработанная измерительная камера имеет внутренний диаметр основной части в 15 мм, отвода — в 11 мм, обеспечивает в момент прохода молочной пробки близкое к 100% заполнение отвода жидкостью. Разработанная измерительная камера позволила новой версии устройства экспресс-анализа качества молока добиться увеличения точности и стабильности измерений.

Ключевые слова: молочное животноводство, цифровизация, молоко, качество молока, спектроскопия

Для цитирования: Хакимов А.Р., Юрочка С.С., Рузин С.С., Владимиров Ф.Е. Разработка и испытания измерительной камеры для устройства экспресс-анализа качества молока в потоке. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 165–170.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-165-170>

Development and testing of a measuring chamber for a device for express analysis of milk quality in a flow

ABSTRACT

Mechanization and robotization of dairy farms require the development of technologies for assessing the quality of manufactured products. Monitoring milk composition and milking duration in real time is especially important for prompt response to deviations in animal physiological state parameters and timely adjustment of rations when milk yields decrease. The first version of the scatterometric device for express analysis of milk quality used a glass measuring chamber with a simple round cross-section, but it did not ensure the reduction of the turbulent flow of the milk-air mixture to laminar. This study presents the development and testing of a prototype of a measuring chamber that provides deceleration and laminarization of the milk-air mixture flow. The device operates at a milking capacity of 1 to 6 l/min, flow speed from 0.2 to 1.8 m/s. In the developed measuring chamber, a special bypass is created at an angle of 45° so that it has a common slot with the main tube. In this bypass, the flow of the milk-air mixture is slowed down to reduce turbulence and the number of air bubbles that interfere with the operation of scatterometric devices. The measurement area of the device is located in the upper part of the bypass. As a result, the developed measuring chamber has an internal diameter of the main part of 15 mm, the bypass of 11 mm, and provides close to 100% filling of the branch with liquid at the moment of the milk plug passage. The developed measuring chamber allowed the new version of the express milk quality analysis device to achieve increased accuracy and stability of measurements.

Key words: dairy farming, digitalization, milk, milk quality, spectroscopy

For citation: Khakimov A.R., Yurochka S.S., Ruzin S.S., Vladimirov F.E. Development and testing of a measuring chamber for a device for express analysis of milk quality in a flow. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 165–170 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-165-170>

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 [2–5]. В сфере молочного животноводства развитие автоматизации является особенно наукоемким процессом из-за необходимости прямого взаимодействия с животными.

Механизация и роботизация молочных ферм требуют развития технологий оценки качества производимой продукции [6, 7]. Так, для контроля качества молока актуально поточное измерение его компонентного состава в процессе доения.

Получение информации о содержании компонентов молока (жира, белков, лактозы, соматических клеток, прогестерона, аминокислот и др.) лежит в основе оценки пригодности молока к употреблению, диагностики баланса питания и клинического состояния коров [8, 9]. В частности, процентная концентрация жира считается основным критерием, определяющим рыночную стоимость молока.

Для обеспечения контроля качества продукции фермы расширяют использование высокотехнологичных систем экспресс-анализа, которые постепенно заменяют классические дорогостоящие и трудоемкие инвазивные химические методы [10]. 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 [11].

Из-за необходимости использовать устройства 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 актуальны оптические методы диагностики [12, 13].

Во встраиваемых в молочные шланги поточных устройствах контроля качества молока наиболее перспективными являются спектральные методы диагностики, работающие в ближнем инфракрасном диапазоне (БИК-спектроскопия) [14].

Применение БИК-спектроскопии в молочной промышленности привело к повышению качества анализа параметров молока [15]. Скаттерометрические 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 [16]. Из практики известно, что реальное заполнение молочного шланга никогда не является полным и обычно составляет 30–60% его объема.

Для соблюдения условий работы устройства, использующего метод пропускания света, необходимо, чтобы при любых параметрах доения происходило полное заполнение измерительной камеры молоком и было как можно меньше пузырьков воздуха. Присутствие излишков воды в молоке, наличие микро- и макропузырьков газов усложняет БИК-спектроскопический анализ, что снижает точность анализа молока [17].

Для работы оптических устройств необходимы измерительные камеры с прозрачными стенками для

обеспечения пропускания света сквозь поток молоко-воздушной смеси.

Принцип работы скаттерометрического устройства поточного анализа полидисперсных жидкостей подробно описан в уже опубликованных научных работах [18, 19].

В скаттерометрическом устройстве экспресс-анализа качества молока, разработанном Агроинженерным центром ВИМ совместно с ИОФ РАН (Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва, Россия) использовалась стеклянная измерительная камера с простым круглым сечением. Однако в таком случае поток молоковоздушной смеси, который анализируется устройством в измерительной камере, имеет скорость, сходную с потоком в молочном шланге, что усложняет процесс анализа. В нем присутствует большое количество пузырьков воздуха.

Цель исследования — разработать новую измерительную камеру устройства экспресс-анализа качества молока, обеспечивающую ламинарный поток молоко-воздушной смеси в зоне измерения.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Разработка и испытания измерительной камеры проводились в июне — октябре 2023 года в Агроинженерном центре ВИМ.

В соответствии с требованиями ГОСТ 34496¹ максимально возможным перепадом давления в доильной системе является 3 кПа, недопуск перепада давления является принципиальным условием разработки устройства экспресс-анализа качества молока. Изменение давления в молочном шланге доильной системы оценивается с использованием вакуумметра (ЧВМЗ, Россия).

Объект исследования — устройство экспресс-анализа качества молока, разработанное Агроинженерным центром ВИМ совместно с ИОФ РАН².

Модернизируемое устройство состоит из двух модулей — 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.

Разработка новой измерительной камеры должна затрагивать только модуль измерений, при этом должны сохраниться и сходные параметры подключения устройства в молочный шланг с использованием штуцеров, а именно возможность подключения к молочному шлангу с внутренним диаметром 14 мм.

У устройства экспресс-анализа качества молока внутренний диаметр измерительной камеры должен соответствовать производительности доильной системы (до 6 л/мин).

В исследовании использовался шланг молочный прозрачный ПВХ 14 x 24 мм (Terraflex, Израиль). Прокачка жидкости в рабочем режиме в молочных шлангах испытательного стенда проводилась с производительностью от 2,5 до 3,5 л/мин, достигала 6 л/мин для тестов максимальной производительности, минимальный поток был равен 1 л/мин.

В уже разработанном варианте устройства использовалась измерительная камера с круглым сечением, повторяющим форму внутреннего сечения молочного

¹ ГОСТ 34496-2018 Установки и аппараты доильные для коров. Методы испытаний.

² Патент на изобретение RU 2790807 C1 «Способ и проточное устройство для определения процентных концентраций компонентов молока в потоке» от 28.02.2023, заявка № 2022109279. Правообладатель: ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ».

шланга, где не было участков со стабильным ламинарным потоком молоковоздушной смеси [20].

При разработке измерительной камеры устройства испытания будут проводиться в условиях, приближенных к производственным (будет использоваться лабораторная установка на основе распространенной в России доильной системы «Елочка», адаптированная к замкнутому циклу прокачки жидкости).

В предыдущих работах были описаны влияние условий эксплуатации доильной системы на точность измерения жирности молока устройством и влияние на загрязнение измерительной камеры [21].

Единственным отличием в данной работе — проведение испытаний с использованием воды вместо молока в качестве рабочей жидкости для упрощения визуальной оценки потока и уменьшения налипания на стенки измерительной камеры. Это допустимо ввиду схожей плотности молока и воды (плотность воды при 20 °C составляет 998 кг/м³, а плотность молока — 1027 кг/м³), поэтому заполнение жидкостью отвода измерительной камеры будет практически идентичным.

В существующем устройстве измерительная камера имеет небольшое уменьшение внутреннего диаметра, но при этом ту же цилиндрическую форму (рис. 1).

В разрабатываемой измерительной камере будет создан специальный отвод, в котором будет происходить замедление потока. Важнейшими условиями разработки остаются уменьшение количества пузырьков воздуха и полное заполнение жидкостью области проведения измерений.

Разработка новой измерительной камеры с отводом будет проводиться в программе «Компас-3D» на основе стандартов ЕСКД, изготовление корпуса устройства — на 3D-принтере из термостойкого пластика (PETG Geek Fil/lament, Китай). Для большей устойчивости измерительная камера и штуцеры будут напечатаны из нейлона (ERYONE Nylon Clear, Китай).

Прозрачная вставка в отводе измерительной камеры, обеспечивающая проведение скаттерометрического анализа, изготавливается из кварцевого стекла.

Из литературного исследования известно, что для применения оптического метода поток молока должен быть 10–15 мм в диаметре, поскольку в этом случае выполняется условие преобладания многократного рассеяния и возможно проводить исследования методами спектроскопии рассеяния и пропускания [22]. Поэтому внутренний диаметр рабочей части отвода измерительной камеры, где будет осуществляться измерение параметров качества молока, должен быть не более 15 мм, при этом внутренний диаметр основной части измерительной камеры должен быть большего диаметра.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Чтобы добиться ламинарного потока молока в измерительной камере, но при этом сохранить способность измерительной камеры к пассивной промывке одновременно со всей доильной системой, к основной трубке добавили цилиндрический отвод под углом ответвления 45°, так чтобы он имел общую прорезь с основной трубкой.

Для определения параметров протекания жидкости было проведено имитационное моделирование завихренного потока молоковоздушной смеси в среде SolidWorks.

Рис. 1. Вид измерительной камеры первой версии устройства

Fig. 1. Image of the measuring chamber of the first version of the device

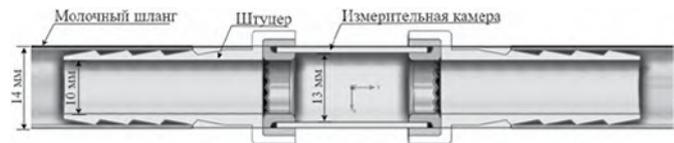


Рис. 2. Моделирование завихрений в отводе измерительной камеры устройства

Fig. 2. Modeling of vortices in the measuring chamber branch of the device

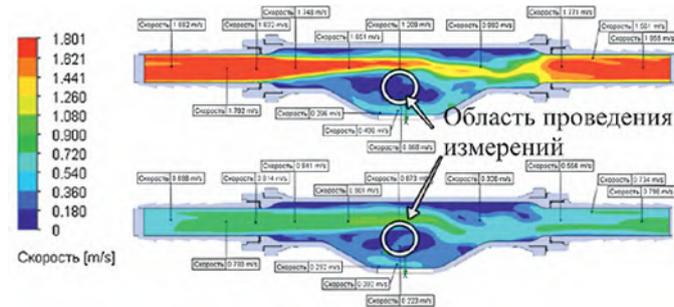
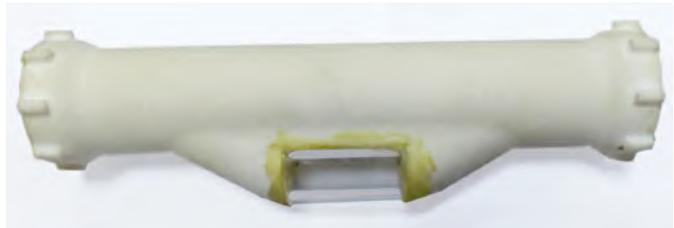


Рис. 3. Изображение разработанной измерительной камеры. Фото авторов

Fig. 3. Image of the developed measuring chamber. Photo by the authors



В разработанной модели внутренний диаметр основной части измерительной камеры был равен 14 мм, а отвода, в котором и производится процесс измерения параметров качества молока, — 11 мм. Моделирование проводилось с потоком 6 л/мин. Скорость движения потока в измерительной камере составляла от 0,2 до 1,8 м/с (рис. 2).

Для лабораторного эксперимента, оценивающего результат исследования по созданию отвода в измерительной камере, был создан опытный образец измерительной камеры (рис. 3).

В этом отводе поток молоковоздушной смеси должен становиться ламинарным с меньшим количеством пузырьков воздуха. Сама измерительная камера с отводом изготовлена методом 3D-печати из полиамидного пластика (материал ERYONE Nylon Clear, Китай; принтер Total Z AnyForm 250-G3, Россия), а отвод сделан из кварцевого стекла толщиной 1 мм, чтобы обеспечить измерительной камере прозрачность для лазерного излучения.

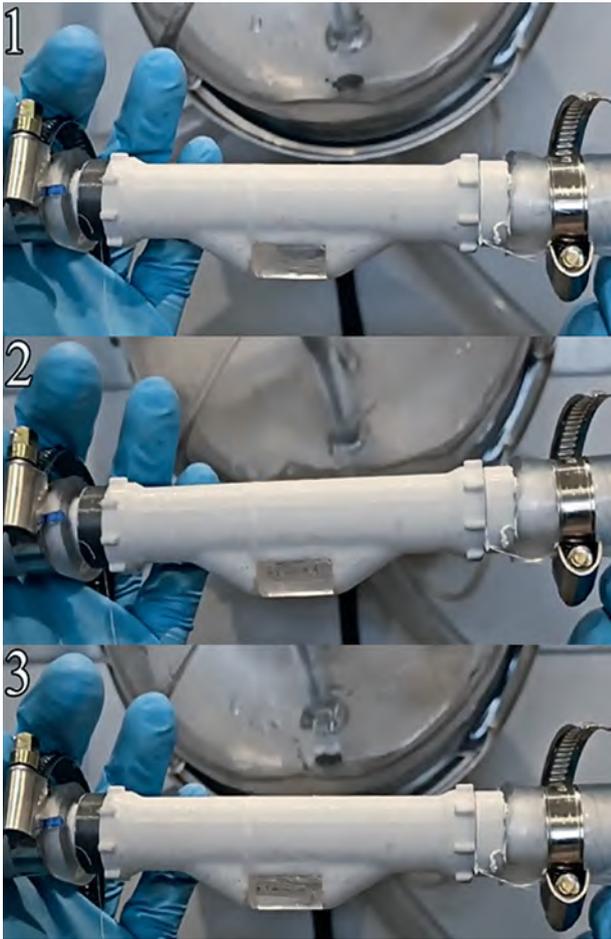
Фактически цилиндрический кварцевый отвод, встроенный в измерительную камеру, служит оптической ячейкой для наблюдения углового распределения рассеянного света с помощью полукруглого массива фотодетекторов, установленного концентрично с отводом измерительной камеры.

Жидкость в измерительной камере постоянно обновляется во время работы доильного аппарата. Штуцеры на концах основного канала являются съемными и могут выбираться в зависимости от диаметра используемого молочного шланга.

Были проведены испытания измерительной камеры в лабораторных условиях, результаты которых

Рис. 4. Результаты первого испытания: 1–3 — завихрения при протекании воздушных и молочных пробок. Фото авторов

Fig. 4. The results of the first test: 1–3 — turbulence during the flow of air and milk plugs. Photos of the authors



фиксируют камерой с частотой записи 480 к/сек (OnePlus 8 Pro, Китай). Для первоначального исследования объем протекающей жидкости выставили равным 4 л/мин.

Результаты представлены на рисунке 4. Цифрами 1–3 обозначены моменты протекания воздушных и молочных пробок в молочном шланге доильной системы.

Как видно на рисунках, при таких параметрах измерительной камеры не происходит достаточного заполнения измерительной камеры жидкостью, измерения параметров качества молока скаттерометрическим способом не могут производиться.

По результатам моделирования предполагалось наличие спокойного ламинарного потока в области проведения измерений, а наибольших завихрений — в основной части измерительной камеры. Недостаточное заполнение отвода жидкостью приводит к тому, что завихрения оказываются в области измерений устройством, что приводит к нарушению работы скаттерометрического устройства. При этом можно отметить постоянное обновление жидкости в отводе измерительной камеры и сделать вывод о применимости использования угла перехода к отводу измерительной камеры в 45°.

На основании этих наблюдений было принято решение уменьшить длину отвода измерительной камеры на 35%, при этом был сохранен исходный внутренний диаметр отвода, равный 11 мм. Толщина стеклянных стенок отвода была увеличена до 2 мм для повышения

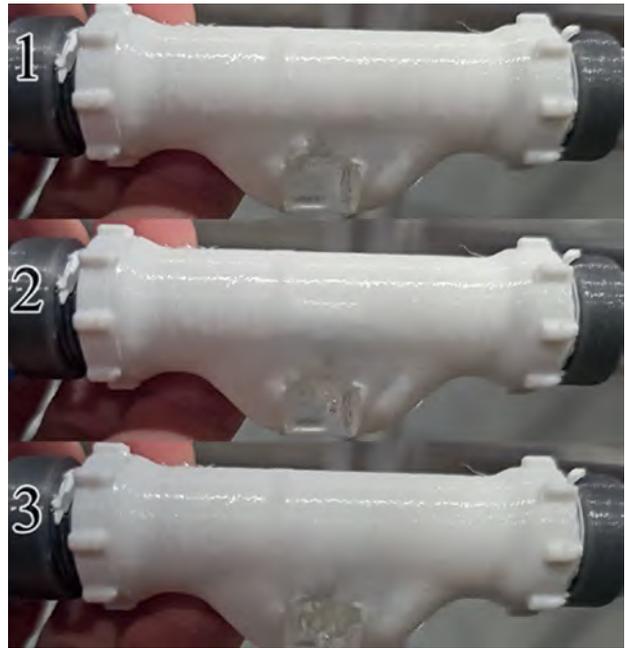
Рис. 5. Изображение доработанной измерительной камеры. Фото авторов

Fig. 5. Image of the modified measuring chamber. Photo by the authors



Рис. 6. Результаты второго испытания: 1–3 — завихрения при протекании воздушных и молочных пробок. Фото авторов

Fig. 6. Results of the second test: 1–3 — turbulence during the flow of air and milk plugs. Photos of the authors



устойчивости крепления в измерительной камере и общей прочности конструкции.

Изображение доработанной измерительной камеры после печати представлено на рисунке 5.

Были сохранены исходные пропорции ответвления, но уменьшен объем отвода измерительной камеры (примерно на 40%). В результате при сохранении объема протекающего в молочном шланге потока молоковоздушной смеси потребуется меньше жидкости для заполнения отвода, но сохранятся параметры завихрений.

Результаты испытаний представлены на рисунке 6. Цифрами 1–3 обозначены моменты работы протекания воздушных и молочных пробок в молочном шланге доильной системы.

Как видно на рисунке 6, в случае доработанного отвода измерительной камеры между тактами работы доильной системы есть периоды ламинарного потока, необходимого для работы скаттерометрического устройства экспресс-анализа качества молока. При этом в области проведения измерений практически отсутствуют пузырьки воздуха, а заполнение отвода жидкостью близко к 100%. Даже в момент прохождения воздушной пробки в отвод попадают пузырьки воздуха, но не происходит его осушения.

Данный результат был признан удовлетворительным, а разработанная измерительная камера была использована при создании нового образца устройства экспресс-анализа качества молока в потоке молоковоздушной смеси.

Выводы/Conclusions

В данном исследовании была разработана модернизированная измерительная камера, обеспечивающая преобразование турбулентного потока молоковоздушной смеси в ламинарный с сохранением объема протекающего потока.

Изменение структуры потока обеспечивается специальным цилиндрическим отводом под углом ответвления 45°, имеющим общую прорезь с основной трубкой измерительной камеры. Внутренний диаметр отвода

составляет 11 мм, стенки изготовлены из стекла толщиной 2 мм. Разработка испытана при различных объемах протекающего потока — от 1 до 6 л/мин.

Структура отвода позволяет добиться ламинарного потока в области проведения измерений устройством, при этом обеспечивается заполнение жидкостью всего объема отвода.

В ходе дальнейшей работы измерительная камера была успешно использована при создании устройства экспресс-анализа качества молока в процессе 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. Научнотехнический 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. Zagidullin L.R., Khisamov R.R., Kayumov R.R., Shaidullin R.R., Zinnatov F.F., Sadykov N.F. Dairy robotic milking system. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex A. 2023; 71: 1004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101004>
4. Trezubov K., Avksentieva E., Luzhnyak V., Shulgin I.K. Analysis of technologies for visual tracking of physiological condition of cattle. *Agriculture Digitalization and Organic Production. Proceedings of the Second International Conference. Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2023; 331: 259–270. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7780-0_23
5. Kokieva G., Kurochkin B., Ivanova M., Fedorova A., Timofeeva K., Borisova I. Conditions for the effective use of milking machines. *E3S web of conferences. XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2022"*. EDP Sciences. 2022; 363: 03056. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236303056>
6. Kolokolova L., Kimura H., Ziegler K., Mann I. Light-scattering properties of random-oriented aggregates: Do they represent the properties of an ensemble of aggregates? *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2006; 100(1–3): 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2005.11.038>
7. Mengüç M., Manickavasagam S. Characterization of size and structure of agglomerates and inhomogeneous particles via polarized light. *International Journal of Engineering Science*. 1998; 36(12–14): 1569–1593. [https://doi.org/10.1016/S0020-7225\(98\)00049-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7225(98)00049-4)
8. 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>
9. Баеринас М.Н., Неверова О.П., Горелик О.В., Грищенко 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. 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>
11. Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dvlatov 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>
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. Evangelista C., Basiricò L., Bernabucci U. An Overview on the Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) on Farms for the Management of Dairy Cows. *Agriculture*. 2021; 11(4): 296. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040296>
15. 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>
16. Kirsanov V.V. *et al.* Laser Fluorescence and Extinction Methods for Measuring the Flow and Composition of Milk in a Milking Machine. *Photonics*. 2021; 8(9): 390. <https://doi.org/10.3390/photonics8090390>

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. Zagidullin L.R., Khisamov R.R., Kayumov R.R., Shaidullin R.R., Zinnatov F.F., Sadykov N.F. Dairy robotic milking system. *II International Conference on Current Issues of Breeding, Technology and Processing of Agricultural Crops, and Environment (CIBTA-II-2023)*. Les Ulis Cedex A. 2023; 71: 1004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101004>
4. Trezubov K., Avksentieva E., Luzhnyak V., Shulgin I.K. Analysis of technologies for visual tracking of physiological condition of cattle. *Agriculture Digitalization and Organic Production. Proceedings of the Second International Conference. Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2023; 331: 259–270. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7780-0_23
5. Kokieva G., Kurochkin B., Ivanova M., Fedorova A., Timofeeva K., Borisova I. Conditions for the effective use of milking machines. *E3S web of conferences. XV International Scientific Conference on Precision Agriculture and Agricultural Machinery Industry "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2022"*. EDP Sciences. 2022; 363: 03056. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236303056>
6. Kolokolova L., Kimura H., Ziegler K., Mann I. Light-scattering properties of random-oriented aggregates: Do they represent the properties of an ensemble of aggregates? *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2006; 100(1–3): 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2005.11.038>
7. Mengüç M., Manickavasagam S. Characterization of size and structure of agglomerates and inhomogeneous particles via polarized light. *International Journal of Engineering Science*. 1998; 36(12–14): 1569–1593. [https://doi.org/10.1016/S0020-7225\(98\)00049-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7225(98)00049-4)
8. 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>
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. 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>
11. Khakimov A.R., Pavkin D.Yu., Yurochka S.S., Astashev M.E., Dvlatov 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>
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. Evangelista C., Basiricò L., Bernabucci U. An Overview on the Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) on Farms for the Management of Dairy Cows. *Agriculture*. 2021; 11(4): 296. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040296>
15. 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>
16. Kirsanov V.V. *et al.* Laser Fluorescence and Extinction Methods for Measuring the Flow and Composition of Milk in a Milking Machine. *Photonics*. 2021; 8(9): 390. <https://doi.org/10.3390/photonics8090390>

17. Ageev A.I., Osipov A.N. Сдвиговое течение вязкой жидкости над каверной, содержащей пульсирующий пузырек газа. *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*. 2020; 493(1): 38–41. <https://doi.org/10.31857/S2686740020030037>

18. 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>

19. Shkirin A.V., Ignatenko D.N., Chirikov S.N., Bunkin N.F., Astashev M.E., Gudkov S.V. Analysis of Fat and Protein Content in Milk Using Laser Polarimetric Scatterometry. *Agriculture*. 2021; 11(11): 1028. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111028>

20. Павкин Д.Ю., Хахимов А.Р., Шкирин А.В., Юрочка С.С., Игнатенко Д.Н. Моделирование влияния проточного устройства анализа качества молока на поток в доильной установке. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023; 17(1): 70–75. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-70-75>

21. 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>

22. Liu T. *et al.* Comparative study of the imaging contrasts of Mueller matrix derived parameters between transmission and backscattering polarimetry. *Biomedical Optics Express*. 2018; 9(9): 4413–4428. <https://doi.org/10.1364/BOE.9.004413>

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. 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>

19. Shkirin A.V., Ignatenko D.N., Chirikov S.N., Bunkin N.F., Astashev M.E., Gudkov S.V. Analysis of Fat and Protein Content in Milk Using Laser Polarimetric Scatterometry. *Agriculture*. 2021; 11(11): 1028. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111028>

20. Pavkin D.Yu., Khakimov A.R., Shkirin A.V., Yurochka S.S., Ignatenko D.N. Simulating the Influence of a Flow-Through Device for Milk Quality Analysis on The Flow Rate in the Milking Machine. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2023; 17(1): 70–75 (in Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2023-17-1-70-75>

21. 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>

22. Liu T. *et al.* Comparative study of the imaging contrasts of Mueller matrix derived parameters between transmission and backscattering polarimetry. *Biomedical Optics Express*. 2018; 9(9): 4413–4428. <https://doi.org/10.1364/BOE.9.004413>

ОБ АВТОРАХ

Артём Рустамович Хахимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Сергей Сергеевич Юрочка

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Семен Сергеевич Рузин

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
ruzin.s.s@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Artyom Rustamovich Khakimov

Junior Researcher
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Sergey Sergeevich Yurochka

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
yssvim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Semen Sergeevich Ruzin

Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher
ruzin.s.s@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6870-5486>

Fedor Evgenievich Vladimirov

Research Associate
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

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

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

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



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



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



УДК 631.9 631/635

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176

И.М. Довлатов

И.В. Комков ✉

С.О. Базаев

Ф.Е. Владимиров

А.Р. Хакимов

Федеральный научный агроинженерный
центр ВИМ, Москва, Россия✉ ilyakomkov10@yandex.ru

Поступила в редакцию: 25.06.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Довлатов И.М., Комков И.В., Базаев С.О.,
Владимиров Ф.Е., Хакимов А.Р.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176

Igor M. Dovatov

Ilya V. Komkov ✉

Savr O. Bazaev

Fedor E. Vladimirov

Artyom R. Khakimov

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia✉ ilyakomkov10@yandex.ru

Received by the editorial office: 25.06.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Dovatov I.M., Komkov I.V., Bazaev S.O.,
Vladimirov F.E., Khakimov A.R.

Влияние теплового стресса, определение температурно-влажностного индекса

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Повышенные значения температуры и уровня относительной влажности внешней среды приводят к негативным последствиям для организма животных, вынуждая включать процессы терморегуляции. Эти механизмы позволяют организму животных адаптироваться к новым условиям среды в убыток продуктивным показателям. В данных случаях наблюдается тепловой стресс. Установлено, что по прошествии 17 часов, отмечается возможное снижение продуктивности на 35–40%. Для выявления влияния теплового стресса необходимо точное определение температурно-влажностного индекса (ТНІ).

Методы. В материалах и методах приведены наиболее распространенные формулы для определения температурно-влажностного индекса. Представлены оборудование и пакет программ, используемых для проведения исследования.

Результаты. Представлен график результатов южнокорейских исследований для сравнения влияния теплового стресса на продуктивность. В результатах и обсуждениях отображены модернизированная формула определения индекса теплового стресса и рисунки, отображающие уровень теплового стресса при разных значениях температуры и уровня относительной влажности.

Ключевые слова: тепловой стресс, температурно-влажностный индекс (ТНІ), молочный скот, пороговые значения

Для цитирования: Довлатов И.М., Комков И.В., Базаев С.О., Владимиров Ф.Е., Хакимов А.Р. Влияние теплового стресса, определение температурно-влажностного индекса. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 171–176.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176>

Effect of heat stress, determination of temperature-humidity index

ABSTRACT

Relevance. Increased values of temperature and relative humidity of the external environment lead to negative consequences for the animal body, forcing the thermoregulation processes to be turned on. These mechanisms allow the animal organism to adapt to new environmental conditions at the expense of productivity. In these cases heat stress is observed. It is established that its manifestation is observed after 17 hours and there is a possible decrease in productivity by 35–40%. To identify the effect of heat stress, accurate determination of temperature-humidity index (THI) is necessary.

Methods. The materials and methods contain the most common formulas for determining the temperature and humidity index. The equipment and software package used for the research are presented.

Results. A graph of the results of South Korean studies is presented to compare the effects of heat stress on productivity. The results and discussions display a modernized formula for determining the heat stress index and figures showing the level of heat stress at different temperature and relative humidity levels.

Key words: thermal stress, temperature-humidity index (THI), dairy cattle, threshold values

For citation: Dovatov I.M., Komkov I.V., Bazaev S.O., Vladimirov F.E., Khakimov A.R. Effect of heat stress, determination of temperature-humidity index. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 171–176 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-171-176>

Введение/Introduction

В данный период наблюдается рост средней температуры планеты, из-за этого отмечено увеличение значения теплового стресса, который оказывает пагубное влияние на жизнь и здоровье [1–4]. Один из способов борьбы с его последствиями — использование фармакологических средств [5–8].

Для точного определения дозировки средства необходимо определить степень влияния температурного стресса. Это достигается за счет определения температурно-влажностного индекса (ТНІ) [9].

При изменении температуры окружающей среды животные осуществляют процесс терморегуляции. Это процесс регулирования температуры организма за счет использования различных эфферентных вегетативных путей (например, изменение диаметра сосудов или изменение положения внешнего покрова животных).

Стресс — событие, которое провоцирует напряженное функционирование организма [10–13]. К таковым относится изменение скорости метаболизма, механизмов терморегуляции и прочих процессов. Под тепловым стрессом подразумевается изменение температуры окружающей среды, провоцирующее мобилизацию внутренних средств организма для борьбы с ним [14].

Наиболее комфортный диапазон температур для крупного рогатого скота — от 0 до +22 °С. При превышении верхней границы диапазона наблюдается нарушение гомеостаза. Это может приводить к различным нарушениям внутри организма и в конечном итоге к снижению продуктивных качеств. Указывается, что на возникновение теплового стресса влияет уровень относительной влажности. Так, при повышении значений влажности наблюдается затруднение теплоотдачи, что увеличивает негативное влияние теплового стресса [15].

Известно, что проявление влияния теплового стресса становится явным спустя 17 часов воздействия. Согласно одному из исследований, наступление теплового стресса определяется при температурно-влажностном индексе (ТНІ), равном 68. Его проявление заключается в увеличении температуры организма животного, учащении частоты сердечных сокращений и одышки, снижении резистентности организма, процента оплодотворяемости и падения уровня продуктивности. В связи с этим становится понятна необходимость снижения влияния теплового стресса на организм животного [16–18].

При высоких показателях температурно-влажностного индекса наблюдается снижение удоев. Например, в исследованиях Jeon и др. наступление теплового стресса определяют со значения индекса 72. При увеличении ТНІ (с 82 до 95) надои падали на 3 кг, или на 9,02%. Значения индекса 72–79 признаны такими, что вызывают умеренный стресс, при 80–89 возникает умеренный стресс со снижением продуктивных показателей [19].

В условиях теплового стресса наблюдается снижение удоев на 35–40%. При этом существует разделение на легкий, умеренный, средний, сильный, высокий и критичный. В зависимости от типа теплового стресса осуществляется разная степень влияния — от снижения метаболизма и усвоения питательных веществ до падения удоев или учащения частоты сердечных сокращений и летального исхода [20, 21].

Помимо снижения продуктивности животных, тепловой стресс влияет и на репродуктивные функции крупного рогатого скота. Установлено, что при высоких значениях температуры наблюдается гипофункция яичников. До 40,6% пригодных к оплодотворению коров и

телок могут обладать гипофункцией яичников в жаркий период [22].

Отмечается, что тепловой стресс оказывает неодинаковое влияние на разные породы крупного рогатого скота. Так, скот породы Сахивал имеет особенное морфологическое строение кожного покрова, которые позволяют осуществлять отток тепла. В связи с этим некоторые породы имеют повышенную толерантность к тепловому стрессу (например, Оригинальный Браунвиех, Голштинская, Херенс и др.). Уровень толерантности определяется предельным значением температурно-влажностного индекса, при котором не наблюдается снижения продуктивности [23].

Отмечается, что при повышении значения ТНІ изменяются поведенческие признаки крупного рогатого скота. Наблюдаются снижение времени питья, количества пережевываний в минуту, потеря аппетита. Это приводит к неудовлетворению в плане энергетических потребностей, что особенно сильно отражается на высокопродуктивных коровах — приводит к снижению удоя [24].

Своевременное определение теплового индекса необходимо для выявления нарушений, связанных с содержанием скота и предполагаемых снижениях количества товарной продукции. Термин «индекс тепла» имеет название «температурно-влажностный индекс (ТНІ)». Использование индекса позволяет осуществлять корректную регулировку микроклиматических показателей внутри помещения. Это позволяет увеличивать срок хозяйственного использования скота и продуктивные показатели [14, 25, 27].

На появление и изменение теплового стресса влияют высокие значения температуры и уровня относительной влажности. В зависимости от значений ТНІ определяются тип теплового стресса и разное влияние. На основе определенных значений становится понятно, какую мощность оборудования стоит использовать для снижения пагубного влияния [28, 29].

С ростом значения индекса наблюдается увеличение пагубного влияния. Так, производство молока при увеличении ТНІ на 4–9 снижается на 6,7–11,8%. Следовательно, необходимо точно проводить определение индекса для последующего изменения значений показателей микроклимата [30].

Цель исследования — уточнить диапазон значений теплового стресса, оказывающий негативное влияние на продуктивность скота при увеличении температурно-влажностного индекса на основе модернизации формулы определения последнего.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Аналитическое исследование выполняли на базе лаборатории цифровых систем мониторинга для животноводства в Федеральном научном аграрном центре ВИМ в 2023–2024 годах, оно включало совокупность определенных сведений, имеющих отношение к тепловому стрессу КРС.

Поиск исследований проводили по базе данных eLibrary, MDPI, Elsevier, Web Of Science, в Google Scholar.

В расширенном поиске рассматривались источники до 14 лет, и приведены основные источники информации до 5–6 лет. В частности, изучали опубликованные описания к охраняемым документам, опубликованные заявки на изобретение; российские (советские) издания, депонированные рукописи статей, обзоров, монографий и других материалов; отчеты и научно-исследовательские

работы, пояснительные записки к опытно-конструкторским работам и другую конструкторскую, технологическую и проектную документацию, находящуюся в органах научно-технической информации, с момента поступления в эти органы; материалы диссертаций и авторефератов, изданные на правах рукописи, с момента поступления в библиотеку; сведения о техническом средстве, ставшие известными в результате его использования в производственном процессе, в изготовляемой или эксплуатируемой продукции, либо при ином введении в хозяйственный оборот.

Одной из наиболее распространенных формул¹ определения температурно-влажностного индекса является (1). Для ее вычисления используется уровень относительной влажности и температуру (в °C):

$$THI = 0,8 \times T + RH \times (T - 14,4) + 46,4, \quad (1)$$

где: T — температура окружающей среды, °C; RH — относительная влажность, выраженная в пропорции 75% = 0,75.

Согласно исследованиям Rosemarie и др., для определения данного индекса возможно использовать формулу (2) из исследований Buffington и др. [31]:

$$Tdb = (0,55 - (0,55 \times RH / 100) \times (Tdb - 58)), \quad (2)$$

где: Tdb — температура, °F; RH — относительная влажность, %.

В других исследованиях используется формула (3), которая принята согласно национальному исследовательскому совету (NRC) [25]:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - [(0,55 - 0,0055 \times H) \times (1,8 \times T - 26,8)], \quad (3)$$

где: T — среднесуточная температура, °C; H — среднее значение относительной влажности, %.

В зарубежных исследованиях можно встретить формулы определения температурно-влажностного индекса (4) и эквивалентного температурного индекса для молочного скотоводства (5)² [32]:

$$THI = (1,8 \times T + 32) - 0,0055 \times (100 - H) \times (1,8 \times T - 26), \quad (4)$$

$$ETIC = T_{DB} - 0,0038 \times T_{DB} \times (100 - RH) - 0,1173 \times u^{0,707} \times (39,20 - T_{DB}) + 1,86 \times 10^{-4} \times T_{DB} \times q_{sun} \quad (5)$$

Для обработки полученных данных был использован пакет программ Microsoft Office, в частности Microsoft Excel (США).

В исследованиях Eunjeong и др. приведен график связи значения теплового стресса и молочного удоя у корейских голштинских коров (рис. 1) [19].

Исходя из данных ранее проведенных исследований, установлено, что в большинстве случаев при использовании стандартного метода вычисления температурно-влажностного индекса границы значений, при которых фиксируется уровень теплового стресса, имеют явные отличия (рис. 2) [21].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исходя из данных, представленных в исследованиях Jeon и др., установлено, что значения THI, при которых наступает тепловой стресс, вызывающий негативные последствия в виде снижения удоев, — 30 °C и 70% относительной влажности. Но на протяжении увеличения индекса наблюдались колебания уровня удоев [33, 34].

Установлено, что на территории Южной Кореи индекс теплового стресса, при котором наблюдается снижение продуктивных показателей, значительно отличается от значений в иных исследованиях. Это обусловлено формулой, используемой для определения индекса, породной принадлежностью скота и климатическими условиями данного региона.

Основываясь на данных аналитических и экспериментальных исследований, проведенных ранее, установлены значения, при которых наблюдается тепловой стресс [21, 23, 24].

На основе наиболее распространенной формулы¹ определения температурно-влажностного (теплового) индекса была модернизирована формула для более точного определения теплового индекса:

$$THI = 0,8 \times T + K \times RH \times (T - 14,4) \quad (6)$$

где: T — температура окружающей среды, °C; RH — относительная влажность, выраженная в пропорции 50% = 0,50; K — поправочный коэффициент влияния влажности кормов (находится в диапазоне 0,95–1,05

Рис. 1. График взаимосвязи значения температурно-влажностного индекса и ежедневного удоя молока: Milk yield — молочный удой, кг/д; THI_max — максимальный температурно-влажностный индекс; BP — точка перелома [19]

Fig. 1. Graph of the relationship between the temperature and humidity index and daily milk yield: Milk yield — milk yield, kg/d; THI_max — maximum temperature and humidity index; BP — breaking point [19]

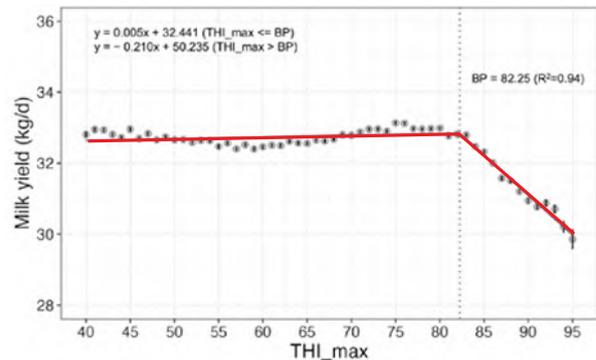


Рис. 2. Значение индекса теплового стресса в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха

Fig. 2. Value of heat stress index depending on temperature and relative air humidity

φ / °C	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35
50%	0,82	0,93	1,02	1,17	1,33	1,49	1,63	1,79
55%	0,83	1	1,16	1,25	1,39	1,56	1,72	1,83
60%	0,86	1,04	1,18	1,31	1,46	1,6	1,76	1,88
65%	0,88	1,09	1,21	1,39	1,56	1,82	1,86	1,98
70%	0,92	1,12	1,26	1,46	1,69	1,97	2,01	2,09
75%	0,96	1,12	1,28	1,61	1,92	2,06	2,18	2,28
80%	1	1,18	1,34	1,68	1,98	2,25	2,33	2,46

¹ Agrovent: official website. — URL: <https://agrovent.ru/blog/poleznaya-informatsiya/sistemy-tumanoobrazovaniya-i-nizkogo-davleniya-v-korovnikakh/> (circulation date: 29.04.2024).

² Erdman R.A., Weiss W.P., Allen M.S. National Academies of Sciences Engineering and Medicine. In Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. The National Academies Press: Washington, DC. 2021; 502. ISBN 978-0309677776. DOI: 10.17226/25806

в зависимости от вида корма: 0,95 — молотое зерно; 1,00 — гранулированные комбикорма; 1,05 — сочные корма с высоким содержанием влажности).

Модернизация наиболее часто используемой формулы определения THI позволит получать более точные значения за счет учитывания такого фактора, как корма, которые находятся на кормовом столе.

В зависимости от типа корма и его состояния может наблюдаться как поглощение влаги в помещении, так и его выработка. В числовых значениях это занимает незначительную часть — около 5%, но при больших количествах значения могут изменяться.

Изменение индекса теплового стресса в зависимости от значений температуры и уровня относительной влажности в помещении для содержания крупного рогатого скота представлено на рисунках 3, 4. На рисунке 4 приведена легенда изменения цвета в зависимости от уровня теплового стресса крупного рогатого скота.

На рисунке 5 приведено цветовое разделение по уровню теплового стресса для крупного рогатого скота.

Исходя из данных, представленных на рисунках 3, 4, установлено, что легкий тепловой стресс наступает при 21,5 °C и 75% относительной влажности, умеренный — при 23 °C и 65% относительной влажности, средний — при 25 °C и 55% относительной влажности, сильный — при 27,5 °C и 60% относительной влажности, критичный — при 30 °C и 60% относительной влажности.

Следует отметить, что по мере изменения значений температуры и уровня относительной влажности затруднительно определить четкие границы того или иного уровня теплового стресса. Данное наблюдение свидетельствует о том, что в отсутствие мониторинга и своевременной идентификации индекса THI возможно допущение ситуации, когда животные будут испытывать тепловой стресс.

Например, было установлено, что у коров голштинской породы в Волгоградской области снижается уровень оплодотворяемости при THI с значением 73. Данные исследования подтверждают необходимость использования современных способов точного определения значения температурно-влажностного индекса для своевременного принятия мер по снижению температурного стресса [35].

На основе данных, полученных в проведенных ранее исследованиях [21, 23, 24] и представленных на рисунке 2, было выявлено, что легкий тепловой стресс наступает при 22,5 °C и 55% относительной влажности, умеренный — при 25 °C и 65% относительной влажности, средний — при 25 °C и 75% относительной влажности, сильный — при 27,5 °C и 75% относительной влажности,

Рис. 3. Температурно-влажностный индекс, легкий, умеренный
Fig. 3. Temperature-humidity index, mild, moderate

°C \ φ	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0
0,50												
0,55												
0,60												
0,65												
0,70												
0,75												
0,80												
0,85												
0,90												

Рис. 4. Температурно-влажностный индекс, средний, сильный, высокий, критичный тип
Fig. 4. Temperature-humidity index, medium, strong, high, critical type

23,5	24,0	24,5	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	

Рис. 5. Цветовое отображение уровня теплового стресса
Fig. 5. Color representation of heat stress level

	Нет теплового стресса
	Легкий тепловой стресс
	Умеренный тепловой стресс
	Средний тепловой стресс
	Сильный тепловой стресс
	Тяжелый тепловой стресс

критичный — при 30 °C и 80% относительной влажности. При этом важно отметить, что, исходя из данных других исследований, такие значения температуры и уровня относительной влажности оказывают сильное влияние на организм животного и явно не совпадают с установленным уровнем [19, 20].

Выводы/Conclusions

В результате исследования введен поправочный коэффициент влияния влажности кормов, который варьируется от 0,95 до 1,05 (в зависимости от кормовой смеси для животных).

Уточнен диапазон значений теплового стресса при увеличении THI на 4–9 единиц от значений теплового стресса, оказывающий негативное влияние, продуктивность скота снижается на 6,7–11,8%.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Авторы внесли вклад в эту научную работу (И.М. Довлатов — 30%, И.В. Комков — 25%, С.О. Базаев — 20%, Ф.Е. Владимиров — 10%, А.Р. Хахимов — 15%). 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. The authors contributed to this scientific work (I.M. Dovatov — 30%, I.V. Komkov — 25%, S.O. Bazaev — 20%, F.E. Vladimirov — 10%, A.R. Hakimov — 15%). 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

- Rashid D., Khalimat T. Climate change, greenhouse gases and the bioeconomy. *BIO Web of Conferences. 1 International Conference "Biotechnologies in the Context of Human Development" (BCHD-2023)*. Les Ulis. 2023; 76: 07008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237607008>
- Pawar S.S. et al. Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2016; 4(6): 332–341. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.6.332.341>
- Явников Н.В. Стратегия борьбы с тепловым стрессом в птицеводстве. *Аграрная наука*. 2020; (6): 25–28. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-25-28>

REFERENCES

- Rashid D., Khalimat T. Climate change, greenhouse gases and the bioeconomy. *BIO Web of Conferences. 1 International Conference "Biotechnologies in the Context of Human Development" (BCHD-2023)*. Les Ulis. 2023; 76: 07008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237607008>
- Pawar S.S. et al. Assessing and mitigating the impact of heat stress in poultry. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2016; 4(6): 332–341. <https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.6.332.341>
- Yavnikov N.V. The strategy for dealing with heat stress in poultry. *Agrarian science*. 2020; (6): 25–28 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-339-6-25-28>

4. Бабин Г.Ю., Полуночкина Т.В., Дорофеева С.Г., Александрова С.С., Мифтахутдинов А.В. Сохранение производственных показателей у цыплят-бройлеров в условиях теплового стресса. *Аграрная наука*. 2022; (1): 19–23. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-19-23>
5. Мифтахутдинов А.В., Сайфульмулюков Э.Р., Дорофеева С.Г., Аносов Д.Е. Коррекция развития теплового стресса у цыплят-бройлеров в комплексе ветеринарно-санитарных мероприятий, применяемых на птицефабрике промышленного типа. *Аграрная наука*. 2022; 1(7–8): 49–54. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-54>
6. Chaplynskikh A.Ya., Nikulin I.A. Pharmacological correction of technological stress in bulls and assessment of the influence of stress factors on semen quality. *III International Scientific and Practical Conference "Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions" 2021*. EDP Sciences. 2021; 32: 04008. <https://www.elibrary.ru/rildui>
7. Сайфульмулюков Э.Р., Мифтахутдинов А.В., Ноговицина Е.А., Ребезов М.Б. Биохимический профиль крови и химический состав мяса птицы в условиях развития транспортного и теплового стрессов у цыплят-бройлеров на фоне применения фармакологических средств. *АПК России*. 2022; 29(1): 78–82. <https://www.elibrary.ru/gqtxrr>
8. Мифтахутдинов А.В., Диктярук И.Н. Влияние антистрессового фармакологического комплекса «СПАО» на эффективность профилактической иммунизации кур против болезни Ньюкасла. *Аграрная наука*. 2020; 3(3): 13–16. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-13-16>
9. Рудь Е.Н., Кузьмина Е.В., Семенов М.П., Абрамов А.А., Наталенко В.А. Фармакокоррекция теплового стресса у крупного рогатого скота. *Ветеринария Кубани*. 2022; (5): 16–18. <https://www.elibrary.ru/dnkhdp>
10. Некрасов Р.В., Чабаяев М.Г., Боголюбова Н.В., Цис Е.Ю., Рыков Р.А., Семенова А.А. Влияние алиментарных факторов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях технологических стрессов. *Аграрная наука*. 2019; (10): 49–55. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54>
11. Gorelik O.V. et al. Dynamics of hematological indicators of chickens under stress-inducing influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. https://doi.org/10.15421/2020_94
12. Gorelik O.V. et al. Influence of transport stress on the adaptation potential of chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. https://doi.org/10.15421/2020_93
13. Харлап С.Ю., Лореттс О.Г., Горелик О.В., Ребезов М.Б., Максимюк Н.Н. Изменение лейкоцитарных индексов при оценке воздействия стресс-фактора. *Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского*. 2017; 419–429. <https://www.elibrary.ru/xzgjkl>
14. Collier J.R., Baumgard H.L., Zimbelman B.R., Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*. 2018; 9(1): 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
15. Юшкова О.С., Лоушкина Е.В. Тепловой стресс у крупного рогатого скота. *Наука в исследованиях молодежи. Сборник статей по материалам Студенческой научной конференции*. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 2: 185–189. <https://www.elibrary.ru/ppwwze>
16. Zimbelman R.B., Collier R.J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. 2011; 111–122.
17. Beshpamiatnykh E.N., Isaeva A.G., Sokolova O.V., Zubareva V.D., Krivonogova A.S. Hormonal panel of various breeds of cattle under the conditions of temperature stress. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02041. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202041>
18. Rud E., Kuzminova E., Semenenko M., Semenenko K., Abramov A. The role of endogenous intoxication in pathogenetic mechanisms of heat stress in cattle. *E3S Web of Conferences. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021*. Rostov-on-Don. 2021; 273: 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127302017>
19. Jeon E., Jang S., Yeo J.-M., Kim D.-W., Cho K. Impact of Climate Change and Heat Stress on Milk Production in Korean Holstein Cows: A Large-Scale Data Analysis. *Animals*. 2023; 13(18): 2946. <https://doi.org/10.3390/ani13182946>
20. Jiang M. et al. Effect of Slow-Release Urea Partial Replacement of Soybean Meal on Lactation Performance, Heat Shock Signal Molecules, and Rumen Fermentation in Heat-Stressed Mid-Lactation Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(17): 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
21. Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Pavkin D.Y., Polikanova A.A. Technology of Forced Ventilation of Livestock Premises Based on Flexible PVC Ducts. Vasant P. et al. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2023 (ICO2023)*. Cham: Springer. 2023; 2: 353–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50330-6_34
22. Ковалева Г.П., Лапина М.Н., Сулыга Н.В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции. *Сельскохозяйственный журнал*. 2022; (2): 58–65. <https://www.elibrary.ru/becepp>
23. Fathoni A., Boonkum W., Chankitisakul V., Duangjinda M. An Appropriate Genetic Approach for Improving Reproductive Traits in Crossbred Thai–Holstein Cattle under Heat Stress Conditions. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(4): 163. <https://doi.org/10.3390/vetsci9040163>
4. Babin G.Yu., Polunochkina T.V., Dorofeeva S.G., Alexandrova S.S., Miftakhutdinov A.V. Preservation of production indicators in broiler chickens under heat stress. *Agrarian science*. 2022; (1): 19–23 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-19-23>
5. Miftakhutdinov A.V., Sayfulmulyukov E.R., Dorofeeva S.G., Anosov D.E. Correction of the development of heat stress in broiler chickens in the complex of veterinary and sanitary measures used in an industrial-type poultry farm. *Agrarian science*. 2022; 1(7–8): 49–54 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-54>
6. Chaplynskikh A.Ya., Nikulin I.A. Pharmacological correction of technological stress in bulls and assessment of the influence of stress factors on semen quality. *III International Scientific and Practical Conference "Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions" 2021*. EDP Sciences. 2021; 32: 04008. <https://www.elibrary.ru/rildui>
7. Saifulmulyukov E.R., Miftakhutdinov A.V., Nogovitsina E.A., Rebezov M.B. Biochemical profile of blood and chemical composition of poultry meat in the conditions of development of transport and heat stresses in broiler chickens against the background of the use of pharmacological agents. *Agro-industrial complex of Russia*. 2022; 29(1): 78–82 (in Russian). EDN: gqtxrr
8. Miftakhutdinov A.V., Dikhtyaruk I.N. The influence of the anti-stress pharmacological complex "SPAO" on the effectiveness of preventive immunization of chickens against Newcastle disease. *Agrarian science*. 2020; 3(3): 13–16 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-13-16>
9. Rud E.N., Kuzminova E.V., Semenenko M.P., Abramov A.A., Natalenko V.A. Pharmacotherapy of heat stress in large horned cattle. *Veterinaria Kubani*. 2022; (5): 16–18 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/dnkhdp>
10. Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Bogolyubova N.V., Tsis E.Yu., Rykov R.A., Semenova A.A. The influence of nutritional factors on metabolism of growing fattening pigs in conditions of technological stress. *Agrarian science*. 2019; (10): 49–55 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54>
11. Gorelik O.V. et al. Dynamics of hematological indicators of chickens under stress-inducing influence. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 264–267. https://doi.org/10.15421/2020_94
12. Gorelik O.V. et al. Influence of transport stress on the adaptation potential of chicken. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(2): 260–263. https://doi.org/10.15421/2020_93
13. Kharlap S.Yu., Loretts O.G., Gorelik O.V., Rebezov M.B., Maksimyuk N.N. Changes in leukocyte indices when assessing the impact of a stress factor. *Actual problems of biotechnology and veterinary medicine. Proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists. Molodezhnyy: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky*. 2017; 419–429 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xzgjkl>
14. Collier J.R., Baumgard H.L., Zimbelman B.R., Xiao Y. Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. *Animal Frontiers*. 2018; 9(1): 12–19. <https://doi.org/10.1093/af/vfy031>
15. Yushkova O.S., Loushkina E.V. Heat stress in cattle. *Science in Youth Research. Collection of articles based on the materials of the Student scientific conference*. Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy. 2022; 2: 185–189 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ppwwze>
16. Zimbelman R.B., Collier R.J. Feeding Strategies for High-Producing Dairy Cows During Periods of Elevated Heat and Humidity. *Tri-State Dairy Nutrition Conference*. 2011; 111–122.
17. Beshpamiatnykh E.N., Isaeva A.G., Sokolova O.V., Zubareva V.D., Krivonogova A.S. Hormonal panel of various breeds of cattle under the conditions of temperature stress. *BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Methods for Synthesis of New Biologically Active Substances and Their Application in Various Industries of the World Economy – 2023" (MSNBAS2023)*. Les Ulis. 2024; 82: 02041. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248202041>
18. Rud E., Kuzminova E., Semenenko M., Semenenko K., Abramov A. The role of endogenous intoxication in pathogenetic mechanisms of heat stress in cattle. *E3S Web of Conferences. 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021*. Rostov-on-Don. 2021; 273: 02017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127302017>
19. Jeon E., Jang S., Yeo J.-M., Kim D.-W., Cho K. Impact of Climate Change and Heat Stress on Milk Production in Korean Holstein Cows: A Large-Scale Data Analysis. *Animals*. 2023; 13(18): 2946. <https://doi.org/10.3390/ani13182946>
20. Jiang M. et al. Effect of Slow-Release Urea Partial Replacement of Soybean Meal on Lactation Performance, Heat Shock Signal Molecules, and Rumen Fermentation in Heat-Stressed Mid-Lactation Dairy Cows. *Animals*. 2023; 13(17): 2771. <https://doi.org/10.3390/ani13172771>
21. Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Pavkin D.Y., Polikanova A.A. Technology of Forced Ventilation of Livestock Premises Based on Flexible PVC Ducts. Vasant P. et al. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2023 (ICO2023)*. Cham: Springer. 2023; 2: 353–360. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50330-6_34
22. Kovaleva G.P., Lapina M.N., Sulyga N.V. Effect of heat stress on the reproductive capacity of dairy cows and the method for its improvement. *Agricultural journal*. 2022; (2): 58–65 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/becepp>
23. Fathoni A., Boonkum W., Chankitisakul V., Duangjinda M. An Appropriate Genetic Approach for Improving Reproductive Traits in Crossbred Thai–Holstein Cattle under Heat Stress Conditions. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(4): 163. <https://doi.org/10.3390/vetsci9040163>

24. Antanaitis R. *et al.* Assessment of Ruminating, Eating, and Locomotion Behavior during Heat Stress in Dairy Cattle by Using Advanced Technological Monitoring. *Animals*. 2023; 13(18): 2825. <https://doi.org/10.3390/ani13182825>
25. Stojković B., Stojanović B., Đorđević N., Davidović V. Effect of elevated heat and humidity on chewing activity, yield and chemical composition of milk in lactating cows. *1st International Symposium on Biotechnology. Proceedings. Čačak, Serbia*. 2023; 195–203. <https://doi.org/10.46793/SBT28.195S>
26. Ivanov Yu., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences. "13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020"*. EDP Sciences. 2020; 175: 11012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511012>
27. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International scientific conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies*. IOP Publishing Ltd. 2021; 839: 32030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
28. Kic P. Influence of External Thermal Conditions on Temperature-Humidity Parameters of Indoor Air in a Czech Dairy Farm during the Summer. *Animals*. 2022; 12(15): 1895. <https://doi.org/10.3390/ani12151895>
29. Dovatov I.M., Yuferev L.Yu., Pavkin D.Yu. Appliance for Air Quality Improvement in Premises. Saini J., Dutta M., Marques G., Halgamuge M.N. (eds.). *Integrating IoT and AI for Indoor Air Quality Assessment*. Cham: Springer. 2022; 135–148. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96486-3_9
30. Rodriguez-Venegas R., Meza-Herrera C.A., Robles-Trillo P.A., Angel-Garcia O., Rivas-Madero J.S., Rodriguez-Martinez R. Heat Stress Characterization in a Dairy Cattle Intensive Production Cluster under Arid Land Conditions: An Annual, Seasonal, Daily, and Minute-To-Minute, Big Data Approach. *Agriculture*. 2022; 12(6): 760. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060760>
31. Zimbelman R.B., Rhoads R.P., Rhoads M.L., Duff G.C., Baumgard L.H., Collier R.J. A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. *Proceedings of the 24th Southwest Nutrition and Management Conference*. 2009; 158–168.
32. Colombari D., Masoero F., Della Torre A. A CFD Methodology for the Modelling of Animal Thermal Welfare in Hybrid Ventilated Livestock Buildings. *AgriEngineering*. 2024; 6(2): 1525–1548. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020087>
33. Kalemkeridou M. *et al.* Genetic diversity and thermotolerance in Holstein cows: Pathway analysis and marker development using whole-genome sequencing. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(1): 146–157. <https://doi.org/10.1111/rda.14274>
34. Mullakkalparambil Velayudhan S. *et al.* Effects of Heat Stress across the Rural-Urban Interface on Phenotypic Trait Expressions of Dairy Cattle in a Tropical Savanna Region. *Sustainability*. 2022; 14(8): 4590. <https://doi.org/10.3390/su14084590>
35. Гальченко В.А., Перерядкина С.П., Юдина К.С. Влияние теплового стресса на процент оплодотворяемости у молочного скота в условиях Волгоградской области. Актуальные вопросы аграрной науки. *Сборник трудов по итогам Всероссийской научно-практической конференции*. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. 2023; 32–35. <https://www.elibrary.ru/nqhnll>
24. Antanaitis R. *et al.* Assessment of Ruminating, Eating, and Locomotion Behavior during Heat Stress in Dairy Cattle by Using Advanced Technological Monitoring. *Animals*. 2023; 13(18): 2825. <https://doi.org/10.3390/ani13182825>
25. Stojković B., Stojanović B., Đorđević N., Davidović V. Effect of elevated heat and humidity on chewing activity, yield and chemical composition of milk in lactating cows. *1st International Symposium on Biotechnology. Proceedings. Čačak, Serbia*. 2023; 195–203. <https://doi.org/10.46793/SBT28.195S>
26. Ivanov Yu., Novikov N. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences. "13th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2020"*. EDP Sciences. 2020; 175: 11012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511012>
27. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tatarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International scientific conference on agribusiness, environmental engineering and biotechnologies*. IOP Publishing Ltd. 2021; 839: 32030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
28. Kic P. Influence of External Thermal Conditions on Temperature-Humidity Parameters of Indoor Air in a Czech Dairy Farm during the Summer. *Animals*. 2022; 12(15): 1895. <https://doi.org/10.3390/ani12151895>
29. Dovatov I.M., Yuferev L.Yu., Pavkin D.Yu. Appliance for Air Quality Improvement in Premises. Saini J., Dutta M., Marques G., Halgamuge M.N. (eds.). *Integrating IoT and AI for Indoor Air Quality Assessment*. Cham: Springer. 2022; 135–148. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96486-3_9
30. Rodriguez-Venegas R., Meza-Herrera C.A., Robles-Trillo P.A., Angel-Garcia O., Rivas-Madero J.S., Rodriguez-Martinez R. Heat Stress Characterization in a Dairy Cattle Intensive Production Cluster under Arid Land Conditions: An Annual, Seasonal, Daily, and Minute-To-Minute, Big Data Approach. *Agriculture*. 2022; 12(6): 760. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060760>
31. Zimbelman R.B., Rhoads R.P., Rhoads M.L., Duff G.C., Baumgard L.H., Collier R.J. A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. *Proceedings of the 24th Southwest Nutrition and Management Conference*. 2009; 158–168.
32. Colombari D., Masoero F., Della Torre A. A CFD Methodology for the Modelling of Animal Thermal Welfare in Hybrid Ventilated Livestock Buildings. *AgriEngineering*. 2024; 6(2): 1525–1548. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020087>
33. Kalemkeridou M. *et al.* Genetic diversity and thermotolerance in Holstein cows: Pathway analysis and marker development using whole-genome sequencing. *Reproduction in Domestic Animals*. 2023; 58(1): 146–157. <https://doi.org/10.1111/rda.14274>
34. Mullakkalparambil Velayudhan S. *et al.* Effects of Heat Stress across the Rural-Urban Interface on Phenotypic Trait Expressions of Dairy Cattle in a Tropical Savanna Region. *Sustainability*. 2022; 14(8): 4590. <https://doi.org/10.3390/su14084590>
35. Galchenko V.A., Pereryadkina S.P., Yudina K.S. Influence of heat stress on the percentage of fertilization in dairy cattle in the Volgograd region. *Actual issues of agrarian science. Collection of papers on the results of the All-Russian scientific and practical conference*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2023; 32–35 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nqhnll>

ОБ АВТОРАХ**Игорь Мамедьярович Довлатов**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Илья Владимирович Комков

специалист
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Савр Олегович Базаев

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
sbazaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

Фёдор Евгеньевич Владимиров

научный сотрудник
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Артем Рустамович Хакимов

младший научный сотрудник
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Igor Mamedyarevich Dovatov**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Ilya Vladimirovich Komkov

Specialist
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Savr Olegovich Bazaev

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher
sbazaeff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3028-5081>

Fedor Evgenievich Vladimirov

Research Associate
fvladimirov21@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2480-5754>

Artem Rustamovich Khakimov

Junior Research Assistant
arty.hv@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4332-9274>

Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

УДК 664.66.022.39

Research article



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-177-184

Lyudmila N. Tretyak¹ ✉
 Maksim B. Rebezov^{2, 3}
 Dina I. Yavkina¹

¹Orenburg State University, Orenburg, Russia²Gorbatov Research Center for Food Systems, Moscow, Russia³Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ tretyak_ln@mail.ru

Received by the editorial office: 30.03.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Tretyak L.N., Rebezov M.B., Yavkina D.I.

Научная статья



DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-177-184

Л.Н. Третьяк¹ ✉
 М.Б. Ребезов^{2, 3}
 Д.И. Явкина¹

¹Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия²Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ tretyak_ln@mail.ru

Поступила в редакцию: 30.03.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Третьяк Л.Н., Ребезов М.Б., Явкина Д.И.

Technique of functional simulation as a tool for providing the required quality of fortified bakery products

ABSTRACT

Relevance. The problem of irrational and unbalanced nutrition is relevant for almost all regions of Russia. There is a need to enrich everyday products with micronutrients that are of particular importance in the diet. Fortified bread and bakery products with specified consumer properties in the diet can be one of such valuable products.

Methods. The methodology of structural analysis and design of systems (Structured Analysis and Design Technique, SADT) is often used in life cycle management of complex high-tech products and has not found wide application in the food industry. The authors substantiate the need to introduce tools for functional and graphical modeling of business processes that implement the SADT methodology in life cycle management to ensure the quality of finished bakery products.

Results. An original generalized functional and logical model of the process “To produce enriched bread (bakery products) with regionally significant micronutrients” has been developed. The analysis of the technology of enriched bakery products, carried out at various levels of decomposition of the process, revealed that the quality of the finished product is significantly influenced by the choice of the technological stage of applying the components of the mixture proposed for the enriching composition. It has been established that preference should be given to organic forms of additives — components of the enriching composition. To preserve the nutritional properties of bakery products, an enriching composition is proposed to be applied to the surface of the finished product. The proposed method has been tested in experimental production conditions. Its manufacturability and controllability of the proposed technical solutions are proved. The approach to functional and graphical modeling of food technologies developed by the authors on the example of bakery products opens up prospects for improving the quality of finished products and can be widely used in food engineering.

Key words: bread, bakery products, pastry, quality assurance, structured analysis and design technique, business process, functional simulation, micronutrients, fortification additives, technologies

For citation: Tretyak L.N., Rebezov M.B., Yavkina D.I. Technique of functional simulation as a tool for providing the required quality of fortified bakery products. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 177–184. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-177-184>

Методология функционального моделирования как инструмент обеспечения качества обогащенных хлебобулочных изделий

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Проблема нерационального и несбалансированного питания актуальна практически для всех регионов России. Существует необходимость обогащения продуктов повседневного спроса микроэлементами, имеющими особое значение в рационе питания. Обогащенный хлеб и хлебобулочные изделия с заданными потребительскими свойствами в рационе питания могут быть одними из таких потребительски значимых продуктов питания.

Методы. Методология структурного анализа и проектирования систем (Structured Analysis and Design Technique, SADT) часто применяется в управлении жизненным циклом сложной наукоемкой продукции, однако в пищевой промышленности она не нашла широкого применения. Авторами обоснована необходимость внедрения инструментов функционально-графического моделирования бизнес-процессов, реализующих методологию SADT при управлении жизненным циклом для обеспечения качества готовых хлебобулочных изделий.

Результаты. Разработана оригинальная обобщенная функционально-логическая модель процесса «Производить обогащенный хлеб (хлебобулочные изделия) регионально значимыми микроэлементами». Анализ технологии обогащенной хлебобулочной продукции, проведенный на различных уровнях декомпозиции процесса, позволил выявить, что на качество готового изделия оказывает существенное влияние выбор технологического этапа нанесения компонентов смеси, предложенной для обогащающей композиции. Установлено, что предпочтительно отдавать органическим формам добавок — компонентам обогащающей композиции. Для сохранения нутрициологических свойств хлебобулочных изделий обогащающую композицию предложено наносить на поверхность готового изделия. Предложенный метод апробирован в условиях экспериментального производства. Доказаны его технологичность и подконтрольность предложенных технических решений. Разработанный авторами на примере хлебобулочных изделий подход к функционально-графическому моделированию технологий пищевых продуктов открывает перспективы повышения качества готовых изделий и может найти достаточно широкое применение в пищевой инженерии.

Ключевые слова: хлеб, хлебобулочные изделия, обеспечение качества, методология структурного анализа и проектирования систем, бизнес-процесс, функциональное моделирование, микроэlementы, обогащающие добавки, технологии

Для цитирования: Третьяк Л.Н., Ребезов М.Б., Явкина Д.И. Методология функционального моделирования как инструмент обеспечения качества обогащенных хлебобулочных изделий. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 177–184 (in English).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-177-184>

Introduction/Введение

Organizing a complete, balanced diet for the population is one of the main components of maintaining human health and performance [1–4].

It is on record that a balanced diet allows the body to resist the effects of unfavorable environmental factors, also to significantly reduce the occurrence of chronic non-infectious diseases, including the diseases that affect mental well-being and health of human [5–7].

The problem of insufficient and unbalanced nutrition is relevant for almost all regions of Russia [8, 9].

Moreover, the residents of various territories need various micronutrients, while some micronutrients are endemic^{1, 2}. Most residents of the Russian Federation territories suffer from iodine, selenium, fluoride and lithium shortage in their diet [6, 7, 10].

Imbalanced diet is an international problem that is especially acute for South African countries. The micronutrients deficiencies are increasing among children and pregnant women in Africa and other developing countries [11, 12]. For instance, fortification of food, including bread, in the South African developing countries is considered as one of the most effective strategies to struggle against micronutrient deficiencies [13, 14].

The insufficient and unbalanced nutrition leads to an imbalance of certain microelements and vitamins in the diet of the population all over the world, which negatively affects health [15–17].

Complex comprehension and finding ways for solution of this problem is an important task for government authorities, medicine, scientific community and the food industry [18, 19].

It is possible to decrease dramatically the negative consequences of insufficient and unbalanced nutrition only with the help of complex approach. This complex approach relates to the stages of the life cycle of the food product, starting with an assessment of the demand for the fortified food products among various consumer groups [20–22].

It is necessary to emphasize that awareness of the importance of micronutrients (trace elements and vitamins) for health has highly increased among the majority of the population [23–25].

That's why some categories of consumers show a steady interest for the assortment of fortified food products that are able to compensate for the deficiency of microelements and vitamins. In addition, consumers have recently developed the increased demand for food products fortified with regionally significant biological elements and vitamins with high digestibility and bioavailability for the body. The value of various types of plant materials, in particular, cereals and beets, has been proven [13, 26, 27].

At the same time, bread and bakery products are increasingly being chosen as an object for fortification [28].

The role of micronutrients (biological elements) is quite convincingly substantiated, for example, in the article [6].

However, the problem of providing their quality, in particular, bioavailability for the body, has not been sufficiently studied and technologically developed and elaborated in relation to technical systems [29, 30].

This fact proves the practical relevance of the fortified food production and opens up great prospects for development of technologies for fortification of various groups of food products [31–33].

Therefore, there is an increasing necessity to apply new methods for the optimal design of business processes [34, 35].

Purpose of the research. Substantiation of necessity and approbation of the technique of functional simulation at the stage of structuring business processes to provide the quality of fortified bakery products.

Object of the research. Business process of production of bread and bakery products, fortified with biological elements and vitamins that are scarce for the regions of residence.

Materials and methods /

Материалы и методы исследования

International requirements of the Codex Alimentarius³, which form the basis for controlling and monitoring in development of model of a business process for the production of fortified bread (bakery products); structured analysis and design technique (SADT)²; tools for graphical simulation of business processes IDEF0, IDEF3, (Integration Definition for Function Modeling) as information support for the life cycle of fortification of bread and bakery products; BPwin (AllFusion Process Modeler) — software product in the sphere of CASE-technologies implementation.

Results and discussion / Результаты и обсуждение

The approach to fortification of bread and bakery products is based on nutritional principles (figure 1), developed by scientists of the Russian Academy of Sciences [36].

The conceptual basis of nutritional principles for development of functional food products is harmonized with the international requirements of the Codex Alimentarius.

We took into consideration that in accordance with the structured analysis and design technique, it is necessary to adhere to the same position, i.e. point of view, in order to ensure a high-quality description of a technical system when formalizing the simulation model and the approach to technical description.

As a basis for choosing the point of view, we took the stated purpose of simulation (Figure 2). Following the classical approach to structural analysis⁴, while presenting information on the process we considered the technology of production of fortified bread and bakery products from the point of view of a “quality engineer”. The choice of this position — the position of “quality engineer” — is related to necessity to determine the factors that in major affect the quality and food safety of bakery products.

It is generally accepted that quality of a food product must be created and maintained throughout all stages of the product life cycle (PLC). Moreover, the product life cycle shall include all processes, starting from defining the consumers' demand for particular food product and ending with the stage of assessing of these needs satisfaction. The demand for functional groups of food products (fortified with deficient micronutrients) for daily mass consumption is quite convincingly substantiated, including in the works of the authors of the present article [27].

Marketing and design, as interrelated activities, play a significant role in the stages of the product life cycle (PLC). Moreover, the design stage shall be aimed at developing a preliminary design (including information support) in

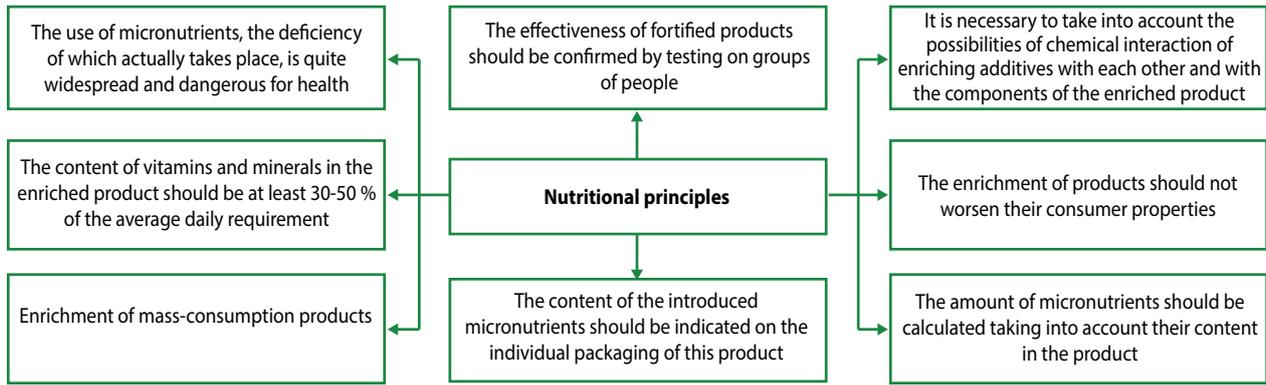
¹ Naumova N.L., Rebezov M.B., Varganova E.Ya. Functional products. Supply and demand. Chelyabinsk. 2012. ISBN: 978-5-696-04229-9

² Mironova I.V., Galiyeva Z.A., Rebezov M.B., Motavina L.I., Smolnikova F.H. Basics of therapeutic and preventive nutrition. Almaty. 2015. ISBN: 978-601-7544-70-6

³ URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en>

⁴ Mark D.A., McGowan K.L. Methodology of structured analysis and design. 1993; 240.

Fig. 1. Nutritional principles of food fortification (summary) adopted as main controls



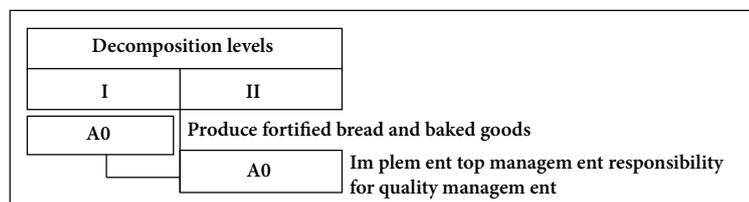
accordance with the documented technical requirements that ensure optimal costs. We took advantage of the SADT at early stages of the process of the system development (“system life cycle”, i. e. SLC), so this article focuses on the food design stage.

Currently, SADT is successfully applied to a wide range of engineering tasks. This methodology received wide support in a sphere of national standardization within the framework of the standardization concept for the management of life cycle in the complex science-intensive products [37]. That proves the versatility of our approach. However, this technique has not been widely used to ensure the quality of fortified bakery products. This fact predetermined the approbation of the technique of functional simulation for this group of food products, widely represented in the mass market.

Fig. 2. Determination of the aim and point of view regarding the model of the process of fortified bread and bakery products production

Questions	Aim
1. What affects the quality and safety of fortified bread and bakery products?	1. To structure the main stages of the production process, influencing the formation of the quality and safety of fortified bread and BAKERY PRODUCTS. 2. Simulate information flows accompanying the production of fortified bread and BAKERY PRODUCTS. 3. To create a model “As it should be” for the process of production of fortified bread and CBI, which should be achieved by the real process “As it is” at a specific bakery enterprise.
2. How to meet the consumer’s requirements?	
3. At what point do quality standards affect the production of fortified bread and bakery products?	
4. What ensures the functioning of the QMS?	
5. What resources are needed to produce fortified bread and bakery products?	
6. What raw materials and what input data are required for the production of fortified bread and bakery products?	
7. What stages and what parameters of the quality of fortified bread and bakery products is it necessary to control?	
8. Is it possible to expand the range of quality and safety indicators?	
9. Is it possible to meet customer’s requirements within the existing technological process?	
10. What methods and means of control are needed to expand the range of quality indicators?	
Point of view: quality engineer. Only from this point of view it is possible to show the factors that affect the quality and safety of fortified bread and bakery products, as well as to simulate information flows that accompany the production of fortified bread and bakery products.	

Fig. 3. The tree of the main functional blocks of the process “Production of fortified bread and bakery products with deficient micronutrients” in BPWin environment (for a particular product)



Based on the adopted position, we substantiated the direction for choosing the goal of the functional simulation model (Figure 2). The chosen aim shall be considered as achieved when the simulation process comes to its end; in particular, when the task “Production of bread (bakery products) fortified with deficient micronutrients” is implemented.

To understand, analyze and make decisions about the necessity to reengineer or replace the existing system, or to design a new system, we tested the concept of tools for graphical modeling of business processes IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) as information support for the life cycle of bread and bakery products. Meanwhile we took into account that the IDEF0 standard is a subset of SADT.

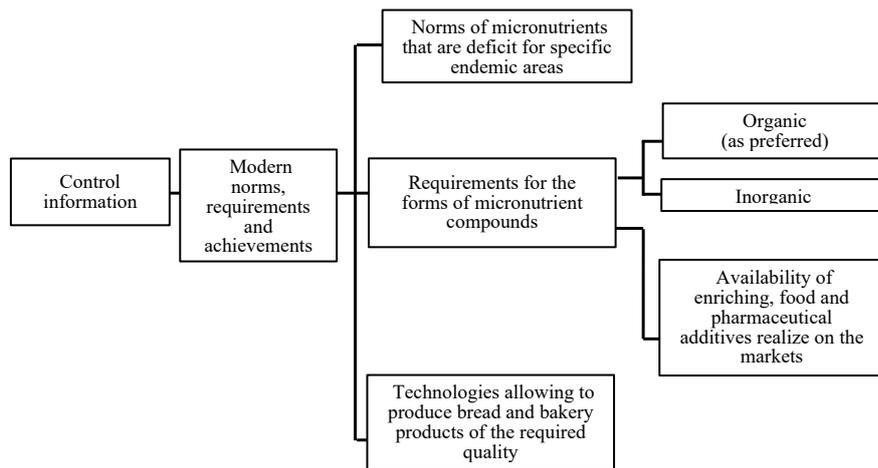
The previous author’s researches⁵ conducted on the example of development of the technology of beer and beer-based beverages showed “the promising nature of functional analysis of the product life cycle, performed in the BPWin software environment”. We took into consideration that the program supports three functional simulation techniques (IDEF0, IDEF3, DFD). This combination made it possible to clarify some stages of the business process under analysis.

The position we choose, is aimed at achieving the required quality and food safety of bread and bakery products. This position predetermined the nature of research in order to optimize the technological process. Using the IDEF0 functional simulation method, we created a tree of functional blocks (Figure 3).

Based on the widely-known nutritional principles of food fortification (Figure 1), which we accepted as the main control actions, we ran an analysis of input information flows about the properties of finished (fortified) bread. Among the control information taken into consideration, we also took into account the modern standards, requirements and achievements in the sphere of nutritional science and technology of food fortification (Figure 4). This approach is consistent with the chosen point of view of the “quality engineer” and the technique of functional simulation.

⁵ Tretyak L.N. Technology of production of beer with given properties: monograph. 2012; 463.

Fig. 4. Control information taken into account during identification of the input information flows



During the subsequent decomposition of stages of fortification of finished (plain basic) bread or bakery products (Figures 5–7), we took into account that the IDEF0 technique is standardized and independent. It gives an adequate and fairly complete overview of a complex system which the life cycle of food products belongs to.

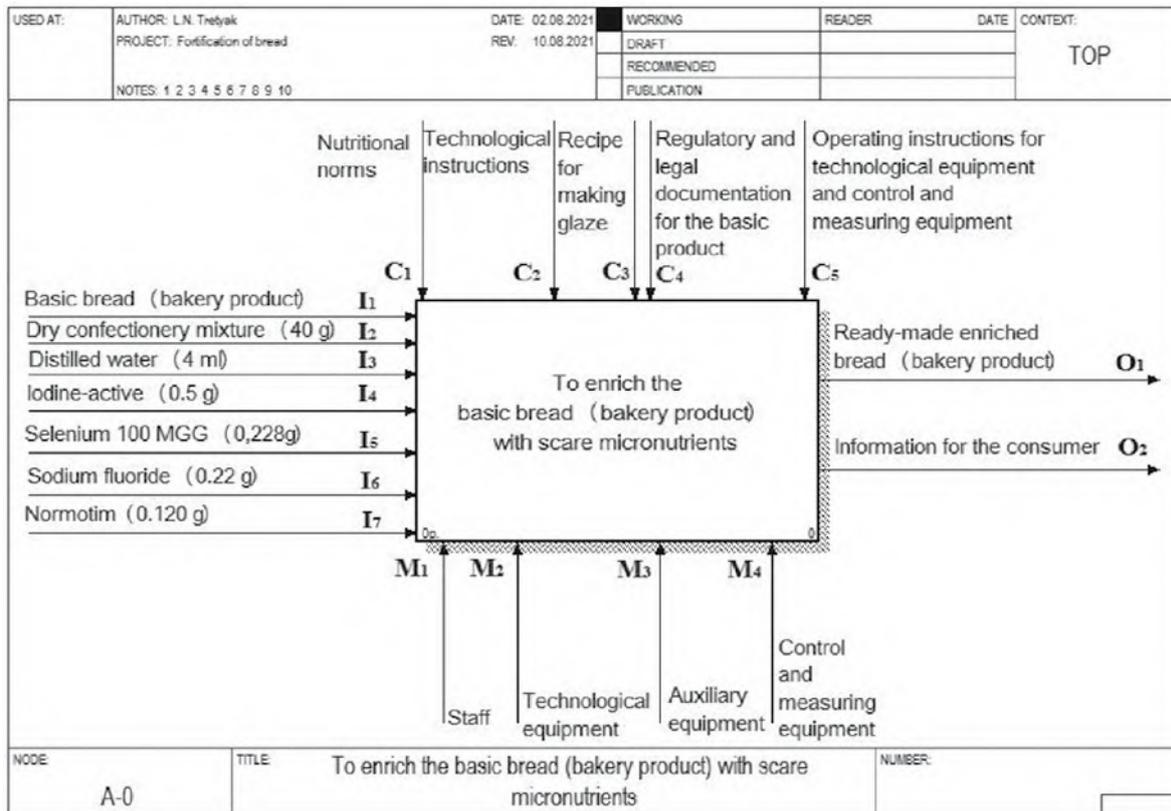
During development and construction of metamodel (context diagram) of the process (Figure 5), we identified and structured the material (raw material) and regulatory and legislative flows, that fill the boundary arrows of the function “To fortify bread with deficient micronutrients”. It is necessary to emphasize that the context diagram (Figure 5) is aimed at implementation of the model aim, which, in its turn, is related to the point of view of the “quality engineer” (Figure 2).

According to technique IDEF0, the function block is designed to convert inputs (Input I1-I7) to outputs (Output O1-O2) with appropriate control actions (Control C1-C5) that restrict or provide the conditions for conversions.

An adequate and sufficient set of informational inputs (on the left in the Figure 4) and outputs (on the right in the Figure 4) was defined at the stage of interviewing experts, engaged in the subject business process of the food fortification. For detailed analysis of the factors affecting the quality of fortified bakery products, we used our earlier results of the correlation “quality-to-factors” taken from the causal diagram of Issikawa.

Control actions (C₁–C₅) are represented by a set of norms and requirements: C₁ — nutritional standards (MR 2.3.1.1915-04 “Recommended levels of consumption of food and biologically active substances, MR 2.3.1.2432-08” Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation”). As noted above, the national standards are harmonized with the international standards⁶; C₂ — technological instructions for plain basic bread and fortified bread (bakery products); C₃ — recipe of fortifying icing (fortifying composition); C₄ — regulatory and legal documentation for the basic product (GOST R 58233-2018⁷; MR 2.3.2.2571-10 “Food fortification with vitamin and

Fig. 5. Generalized functional-logical model of the process “Production of bread (bakery products) fortified with deficient micronutrients”



⁶ Commission Directive 2008/100/EC of 28 October 2008 amending Council Directive 90/496/EEC on nutrition labelling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions (Text with EEA relevance). — URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/100/oj>
⁷ GOST R 58233-2018 Bread from wheat flour. Technical conditions.

mineral complexes of mass market varieties of bakery products produced according to national standards⁸; C₅ — manuals for the operation of the main and auxiliary technological, as well as control and measuring equipment.

To achieve the aims (Figure 2) and solve the tasks for production of food with required quality, the business process (Figure 4) must be provided with the mechanisms (Mechanisms: M1–M4) listed below: M₁ — personnel, who implements technological procedures for fortification of bread (bakery products); M₂ — technological equipment; M₃ — auxiliary equipment; M₄ — control and measuring equipment necessary for the fortification of bread (bakery products).

Conceptually, those executive mechanisms (resources) are designed to implement transformations (Input — Output) in accordance with the factors that affect the quality and safety of the fortified bakery products. In our opinion, it is the quality criteria of the final product (fortified bread and bakery products) that shall be decisive throughout the chain of correlation between the requirements for the technological process, the base product, and the fortifying additives.

Technological lines shall be provided with dispensers for bulk mixtures, convective cooling lines for plain basic bread and fortified bread, and for bakery products also (the core equipment). The auxiliary equipment must include measuring instruments, scales: analytical (for example, scale of brand “Ohaus Pioneer”), laboratory scales (ACOM JW-1-300), and other technological appliances.

Requirements for control and measuring equipment, included into the technical basis of metrological functions, must meet the criteria set forth by the authors earlier [38, 39].

The preliminary expert analysis and the method of functional simulation, applied together with the technique

of graphical structural analysis, revealed the following sub-processes (Figure 6): 1) calculation of micronutrients dosage rate; 2) mixing the basic mixture (confectionery mixture as the base of the icing) and the fortifying additives to obtain the fortifying mixture (composition); 3) mixing the fortification mixture with water; 4) application of the fortification mixture (icing) on the finished bread (baked goods).

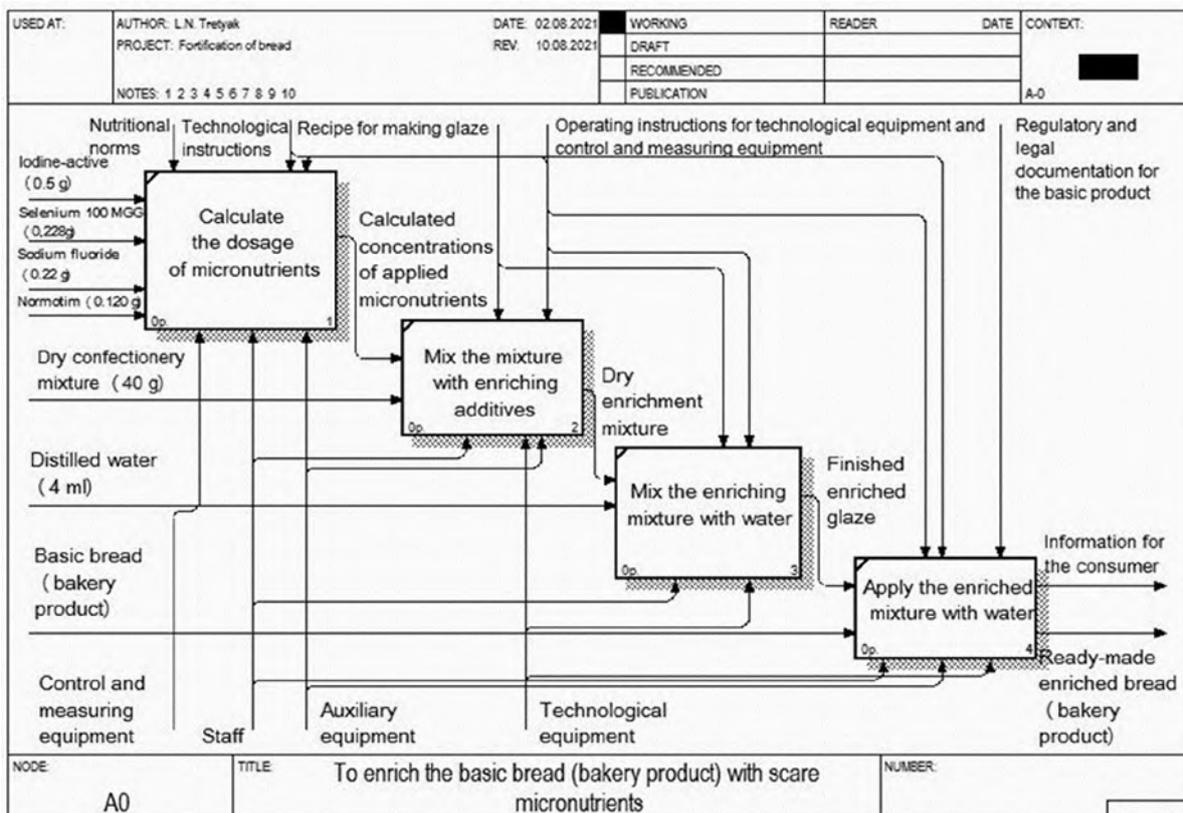
During the decomposition of the generalized functional-logical model (Figure 4), some peculiar features of the functions of sub-processes are established: all blocks (sub-processes) are characterized by a connection of the “output-input” type. This link establishes the working sequence per each of the sub-processes, since the output of one function serves as input to the next function.

The analysis of the technology of fortified bakery products at various levels of its decomposition, made it possible to identify the main issues: selection of the stage of fortification and the method of mixing the components — the micronutrients carriers.

The applying of fortifying additives complex — carriers of deficient micronutrients — is suggested at the final technological stage: it’s feasible to apply it on the surface of the finished product in the form of fortified icing. This method has several advantages. The main advantage is the preservation of the properties of the fortification elements. Preference is given to organic forms of fortifying additives: they are the safest and more accessible for digestion by the consumer’s body.

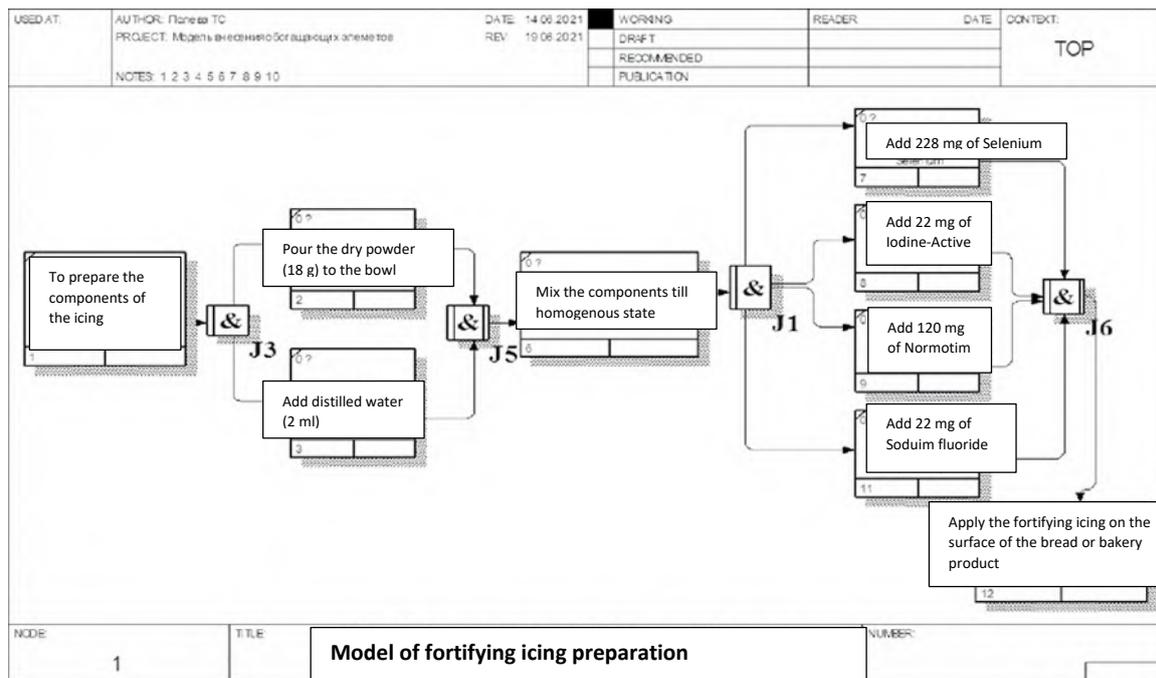
Previously obtained expert knowledge about the subject area of the business process “Fortification of bread with deficient micronutrients” was used to build a separate model in IDEF3 notation. The process “Model of the fortified icing preparation” (Figure 7), depicted by a diagram in the

Fig. 6. Decomposition of the process “Fortification of bread with deficient micronutrients”



⁸ URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200078426>

Fig. 7. Diagram of the process “Model of the fortified icing preparation” in IDEF3 notation



IDEF3 notation, is decomposed to clarify the main business process. The diagram represents the main organizational unit of description in IDEF3. The construction of a diagram (Figure 5) allowed us to simulate a situation when processes (actions) are run in a certain sequence and interdependence, as well as to describe the objects involved together in one process.

The results of the conducted patent research (author’s matrices of patent search) showed that this method has signs of scientific novelty of the proposed patent solution. It is suggested to cook the fortifying icing on the basis of the dry confectionery mixture “Alter-Icing”.

The following pharmaceutical preparations were chosen as micronutrients carriers: “Iodine-active” — as a source of iodine, “Sodium fluoride” — as a source of sodium, “Selenium 100 MGG” — as a source of selenium, “Normotim” — as a source of lithium. It is proposed to apply these pharmaceutical preparations, after their mixing, on the surface of the finished product in the form of fortified icing, in accordance with the original recipe.

Conclusions/Выводы

It is possible to ascertain that the consumers’ interest for the functional food products has increased. In particular it can be referred to the food fortified with micronutrients which are deficient for endemic territories (regions). The proven fact of enhancing consumers’ preferences for functional food involves the search for tools for providing and managing the quality of functional food products at various stages of their life cycle. The authors propose to assure the due quality of fortified bakery products by structured analysis and design technique.

The tree of the main functional blocks of the process “Production of bread and bakery products fortified with deficient micronutrients” developed by the authors in the BPWin software environment and its subsequent

decomposition were performed to implement the point of view of the “quality engineer”. The accepted position of “quality engineer” allowed us to determine the factors that primarily affect achieving the due quality and safety of bread and bakery products.

Control actions are represented by a set of modern nutritional norms and requirements for the quality and safety of plain basic bread and fortified bread (bakery products).

Preliminary expert analysis, application of cause-effect diagrams and the technique of graphical structural analysis made it possible to determine the optimal number of sub-processes of the business process under consideration. The obtained result was used in decomposition of the main business process “Production of bread and bakery products fortified with deficient micronutrients”.

The obtained expert knowledge and analysis of the stages of the fortified bakery products technology were used for decomposition of the process “Model of the fortified icing preparation”, performed in the IDEF3 notation.

Clarification of the main business process allowed revealing the most significant technology issues: the choice of the stage of applying the fortifying composition, the method of the fortified icing mixing and applying on the base food product.

It is proposed to apply the complex of fortifying additives— the carriers of deficient micronutrients (micronutrients and vitamins) — at the final technological stage: to apply the fortifying mixture on the surface of the ready-to-consume food product in the form of fortifying icing.

The approach proposed by the authors for simulation of the fortified bakery products technology, based on the structured analysis and design technique, can play a key role in providing the due quality of food product, and in optimization of technological processes at the early stages of the product life cycle, which is crucial in food engineering.

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

- Zhestkov A.V., Orlova S.V., Nikitina E.A., Eltishchev A.S. Biologically active food supplements: yesterday, today, tomorrow. *Medical Alphabet*. 2022; 16: 13–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-16-13-16>
- Panza R., Baldassarre M.E. Complementary feeding: from tradition to personalized nutrition. *Children (Basel)*. 2024; 11(1): 80. <https://doi.org/10.3390/children11010080>
- Fernández-Tomé S. Role of food digestion and digestive system in the nutritional, functional and health properties of food bioactives. *Nutrients*. 2024; 16(5): 712. <https://doi.org/10.3390/nu16050712>
- Gizatova N.V., Latypova G.F. The use of plant components in the production of functional meat products. *Pridneprovsky Scientific Bulletin*. 2023; 2(3): 96–99. <https://www.elibrary.ru/dvlvgh>
- Eliseev Yu.Yu., Spirin V.F., Karakotina I.A., Eliseeva Yu.V. Methodological approaches to decision-making on organizing adequate nutrition of the population at the regional level. *Occupational Medicine and Human Ecology*. 2023; 4(36): 160–171 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10412>
- Larjushina I.E., Notova S.V., Duskaeva A.K., Tarasova E.I. Influence of deficient nutrition on trace element status and antioxidant defense system. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Earth Environ. Sci. 2019; 341(1): 012180. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012180>
- Burtseva T.I., Sainikova E.V., Skalny A.V. Hygienic assessment of the security with selenium in various groups of the population of the Orenburg region. *Hygiene and Sanitation*. 2019; 98(1): 45–48 (in Russian). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-1-45-48>
- Orlova E. et al. New conditions for the formation of national food security. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602008>
- Evdokimova O. et al. Actual problems of production of functional and specialized food products in the food industry. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602005>
- Belonovskaya A.M., Balandina N.G. Imbalance of diets as a threat to the sustainability of the national food system. *Education. Science. Scientific personnel*. 2023; 3: 173–182 (in Russian). https://doi.org/10.56539/20733305_2023_3_173
- So Y.L. et al. Nutritional Factors Affecting Mental Health. *Clin Nutr Res*. 2016; 5(3): 143–52. <https://doi.org/10.7762/cnr.2016.5.3.143>
- Mounjouenpou P. et al. Physico-chemical and nutritional characterization of cereals brans enriched breads. *Scientific African*. 2020; 7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00251>
- Ikenna C. et al. Food fortification technologies: Influence on iron, zinc and vitamin A bioavailability and potential implications on micronutrient deficiency in sub-Saharan Africa. *Scientific African*. 2021; 11: 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00667>
- Bolarinwa I.F., Aruna T.E., Raji A.O. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019; 18: 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>
- Belokurova E., Sargsyan M., Alekseeva T., Malyutina T., Korystin M. Food enrichment with trace elements by immobilizing them on the surface of a biopolymeric carrier. *BIO Web of Conferences*. 2024.; 103: 00079. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300079>
- Novytskyi Y., Sabirov O., Luskan O. The influence of rational nutrition on the health of students. *Scientific journal of the National Pedagogical University named after M.P. Drahomanov. Series 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports)*. 2024; 1(173): 21–24. [https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.1\(173\).04](https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.1(173).04)
- Khashimova N., Khashimov H., Dzhakhangirova G., Baymirzaev D. Non-traditional ways of enriching flour and bread products based on local plant raw materials. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602024>
- Liu M., Chen X., Jiao Yu. Sustainable agriculture: theories, methods, practices and policies. *Agriculture*. 2024; 14(3): 473. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030473>
- Zolkin A.L., Matvienko E.V., Shmoilov A.N., Rudnev S.G., Urusova A.B. Development of scientific potential and introduction of innovative solutions to ensure competitiveness and further development of the agro-industrial complex of Russia. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448601001>
- Klopčič M., Slokan P., Erjavec K., Consumer preference for nutrition and health claims: A multi-methodological approach. *Food Quality and Preference*. 2020; 82: 103863. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103863>
- Timpanaro G., Bellia C., Foti V.T., Scuderi A. Consumer Behaviour of Purchasing Biofortified Food Products. Sustainability. 2020; 12(16): 6297. <https://doi.org/10.3390/su12166297>
- Derkanosova N.M., Vasilenko O.A., Shurshikova G.V. Prediction of probability of positive reaction of consumers to new types of enriched food. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2020; 172: 891–897. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2244-4_85

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zhestkov A.V., Orlova S.V., Nikitina E.A., Eltishchev A.S. Biologically active food supplements: yesterday, today, tomorrow. *Medical Alphabet*. 2022; 16: 13–16. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2022-16-13-16>
- Panza R., Baldassarre M.E. Complementary feeding: from tradition to personalized nutrition. *Children (Basel)*. 2024; 11(1): 80. <https://doi.org/10.3390/children11010080>
- Fernández-Tomé S. Role of food digestion and digestive system in the nutritional, functional and health properties of food bioactives. *Nutrients*. 2024; 16(5): 712. <https://doi.org/10.3390/nu16050712>
- Gizatova N.V., Latypova G.F. The use of plant components in the production of functional meat products. *Приднeпровский научный вестник*. 2023; 2(3): 96–99. <https://www.elibrary.ru/dvlvgh>
- Елисеев Ю.Ю., Спирин В.Ф., Каракотина И.А., Елисеева Ю.В. Методические подходы в принятии решений по организации полноценного питания населения на региональном уровне. *Медицина труда и экология человека*. 2023; 4(36): 160–171. <https://doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10412>
- Larjushina I.E., Notova S.V., Duskaeva A.K., Tarasova E.I. Influence of deficient nutrition on trace element status and antioxidant defense system. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Earth Environ. Sci. 2019; 341(1): 012180. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012180>
- Бурцева Т.И., Сальникова Е.В., Скальный А.В. Гигиеническая оценка обеспеченности селеном различных групп населения Оренбургской области. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 45–48. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-1-45-48>
- Orlova E. et al. New conditions for the formation of national food security. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602008>
- Evdokimova O. et al. Actual problems of production of functional and specialized food products in the food industry. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602005>
- Белоновская А.М., Баландина Н.Г. Несбалансированность рационов питания как угроза устойчивости национальной продовольственной системы. *Образование. Наука. Научные кадры*. 2023; 3: 173–182. https://doi.org/10.56539/20733305_2023_3_173
- So Y.L. et al. Nutritional Factors Affecting Mental Health. *Clin Nutr Res*. 2016; 5(3): 143–52. <https://doi.org/10.7762/cnr.2016.5.3.143>
- Mounjouenpou P. et al. Physico-chemical and nutritional characterization of cereals brans enriched breads. *Scientific African*. 2020; 7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00251>
- Ikenna C. et al. Food fortification technologies: Influence on iron, zinc and vitamin A bioavailability and potential implications on micronutrient deficiency in sub-Saharan Africa. *Scientific African*. 2021; 11: 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00667>
- Bolarinwa I.F., Aruna T.E., Raji A.O. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019; 18: 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.002>
- Belokurova E., Sargsyan M., Alekseeva T., Malyutina T., Korystin M. Food enrichment with trace elements by immobilizing them on the surface of a biopolymeric carrier. *BIO Web of Conferences*. 2024.; 103: 00079. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300079>
- Novytskyi Y., Sabirov O., Luskan O. The influence of rational nutrition on the health of students. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 15. Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт)*. 2024; 1(173): 21–24. [https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.1\(173\).04](https://doi.org/10.31392/udu-nc.series15.2024.1(173).04)
- Khashimova N., Khashimov H., Dzhakhangirova G., Baymirzaev D. Non-traditional ways of enriching flour and bread products based on local plant raw materials. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 02024. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602024>
- Liu M., Chen X., Jiao Yu. Sustainable agriculture: theories, methods, practices and policies. *Agriculture*. 2024; 14(3): 473. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030473>
- Zolkin A.L., Matvienko E.V., Shmoilov A.N., Rudnev S.G., Urusova A.B. Development of scientific potential and introduction of innovative solutions to ensure competitiveness and further development of the agro-industrial complex of Russia. IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development. EDP Sciences – Web of Conferences. 2024; 01001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448601001>
- Klopčič M., Slokan P., Erjavec K., Consumer preference for nutrition and health claims: A multi-methodological approach. *Food Quality and Preference*. 2020; 82: 103863. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103863>
- Timpanaro G., Bellia C., Foti V.T., Scuderi A. Consumer Behaviour of Purchasing Biofortified Food Products. Sustainability. 2020; 12(16): 6297. <https://doi.org/10.3390/su12166297>
- Derkanosova N.M., Vasilenko O.A., Shurshikova G.V. Prediction of probability of positive reaction of consumers to new types of enriched food. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2020; 172: 891–897. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2244-4_85

23. Pal R.S. *et al.* Improving women's health and immunity: a thorough mapping micronutrients and dietary recommendations. *Current Drug Therapy*. 2024; 19. <https://doi.org/10.2174/0115748855284781240202054050>
24. Zaib S., Hayat A., Khan I. Nutritional and health benefits of cereals and grains. *Current Nutrition and Food Science*. 2024; 20. <https://doi.org/10.2174/0115734013282127231220103115>
25. 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>
26. Zinina O. *et al.* Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. *Agronomy Research*. 2019; 17(4): 1808–1822. <https://doi.org/10.15159/AR.19.163>
27. Rebezov M. *et al.* Role of beetroot as a dietary supplement in food products. *Plant cell biotechnology and molecular biology*. 2020; 21(57–58): 8–16.
28. Kobus-Cisowska J. *et al.* Effect of fortification with calcium from eggshells on bioavailability, quality, and rheological characteristics of traditional Polish bread spread. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(8): 6918–6929. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18027>
29. Nurillaev R. Aspects of health and nutrition: the influence of livestock products on sustainable and healthy diets. *Green economy and development*. 2023; 1(10): 1070–1074 (in Russian). https://doi.org/10.55439/ged/vol1_iss10/a484
30. Tulyakova T.V., Dzhabakova A.E., Koptelov K.I., Kuznetsova K.S., Kudinov D.V. Problems of ensuring food systems stability and ways to eliminate them. *Product quality control*. 2024; 5: 33–38 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mbyoum>
31. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
32. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
33. Abilmazhinov Y., Rebezov M., Fedoseeva N., Nikolaeva N., Sepiashvili E. Enhancing nutritional value and safety in horse meat cutlets with pumpkin additives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242(1): 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012023>
34. Isakova F., Tadjibekova I., Kurbonov F. Improvement methods of feeding of aquaculture. *3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023). Research of Agricultural and Food Technologies. Les Ulis*. 2024; 01037. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501037>
35. Baykhozhaeva B.U., Khaimulidina A.K., Jaxymbetova M.A., Kardenov S.A. Analysis of the state of the food industry. *Vestnik of M. Kozymbayev North Kazakhstan University*. 2023; 4(60): 105–111. <https://doi.org/10.54596/2958-0048-2023-4-105-111>
36. Spirichev V.B., Shatnyuk L.N. Fortification of food products with micronutrients: scientific principles and practical solutions. *Food industry*. 2010; (4): 20–24 (in Russian).
37. Kartashev A.V., Sudov E.V., Petrov A.N. On the standardization of integrated logistics support for complex science-intensive products. *PLM and ILP Technologies*. 2021; 12: 1–7 (in Russian).
38. Maksimiuk N.N. *et al.* Evaluation of the use of the PLP-01M microwave laboratory system using working samples to control the accuracy of the results of examining product samples for lead content. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk*. 2021; 12186.
39. Tretyak L.N. *et al.* Evaluation of the stability of the results of studies of beef for lead content using the additive method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk*. 2021; 42044.
23. Pal R.S. *et al.* Improving women's health and immunity: a thorough mapping micronutrients and dietary recommendations. *Current Drug Therapy*. 2024; 19. <https://doi.org/10.2174/0115748855284781240202054050>
24. Zaib S., Hayat A., Khan I. Nutritional and health benefits of cereals and grains. *Current Nutrition and Food Science*. 2024; 20. <https://doi.org/10.2174/0115734013282127231220103115>
25. 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>
26. Zinina O. *et al.* Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. *Agronomy Research*. 2019; 17(4): 1808–1822. <https://doi.org/10.15159/AR.19.163>
27. Rebezov M. *et al.* Role of beetroot as a dietary supplement in food products. *Plant cell biotechnology and molecular biology*. 2020; 21(57–58): 8–16.
28. Kobus-Cisowska J. *et al.* Effect of fortification with calcium from eggshells on bioavailability, quality, and rheological characteristics of traditional Polish bread spread. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(8): 6918–6929. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18027>
29. Нуриллаев Р. Аспекты здоровья и питания: влияние продукции животноводства на устойчивые и здоровые рационы. *Yashil Iqtisodiyot va Taraqqiyot*. 2023; 1(10): 1070–1074. https://doi.org/10.55439/ged/vol1_iss10/a484
30. Тулякова Т.В., Джабакова А.Э., Коптелов К.И., Кузнецова К.С., Кудинов Д.В. Проблемы обеспечения стабильности пищевых систем и пути их устранения. *Контроль качества продукции*. 2024; 5: 33–38. <https://www.elibrary.ru/mbyoum>
31. Meinert C. *et al.* Food safety and food security through predictive microbiology tools: a short review. *Potravinarstvo*. 2023; 17: 324–342. <https://doi.org/10.5219/1854>
32. Pergentino dos Santos S. *et al.* Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging atmosphere on quality of processed chicken meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2023; e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
33. Abilmazhinov Y., Rebezov M., Fedoseeva N., Nikolaeva N., Sepiashvili E. Enhancing nutritional value and safety in horse meat cutlets with pumpkin additives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1242(1): 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012023>
34. Isakova F., Tadjibekova I., Kurbonov F. Improvement methods of feeding of aquaculture. *3rd International Conference on Research of Agricultural and Food Technologies (I-CRAFT-2023). Research of Agricultural and Food Technologies. Les Ulis*. 2024; 01037. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248501037>
35. Baykhozhaeva B.U., Khaimulidina A.K., Jaxymbetova M.A., Kardenov S.A. Analysis of the state of the food industry. *М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан Университетінің Хабаршысы*. 2023; 4(60): 105–111. <https://doi.org/10.54596/2958-0048-2023-4-105-111>
36. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные принципы и практические решения. *Пищевая промышленность*. 2010; (4): 20–24.
37. Карташев А.В., Судов Е.В., Петров А.Н. О стандартизации интегрированной логистической поддержки сложной наукоемкой продукции. *Технологии PLM и ИЛП*. 2021; 12: 1–7.
38. Maksimiuk N.N. *et al.* Evaluation of the use of the PLP-01M microwave laboratory system using working samples to control the accuracy of the results of examining product samples for lead content. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk*. 2021; 12186.
39. Tretyak L.N. *et al.* Evaluation of the stability of the results of studies of beef for lead content using the additive method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk*. 2021; 42044.

ОБ АВТОРАХ

Людмила Николаевна Третьяк¹

доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой метрологии, стандартизации и сертификации
tretyak_ln@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3410-0782>

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>

Дина Ильдаровна Явкина¹

кандидат технических наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и сертификации
dinaild@mail.ru

¹ Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, Оренбург, 460018, Россия

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Lyudmila Nikolaevna Tretyak¹

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Metrology, Standardization and Certification
tretyak_ln@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3410-0782>

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>

Dina Ildarovna Yavkina¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metrology, Standardization and Certification
dinaild@mail.ru

¹ Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

² Gorbatov Research Center for Food Systems, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia

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

УДК 577.112:633.85

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-185-191

И.Э. Миневич ✉

В.И. Ущачовский

А.А. Яковлева

Л.А. Зайцева

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ i.minevich@fncl.ru

Поступила в редакцию: 29.06.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Миневич И.Э., Ущачовский В.И., Яковлева А.А., Зайцева Л.А.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-387-10-185-191

Irina E. Minevich ✉

Valentin I. Ushchapovsky

Agata A. Yakovleva

Lyubov A. Zaitseva

Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ i.minevich@fncl.ru

Received by the editorial office: 29.06.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Minevich I.E., Ushchapovsky V.I., Yakovleva A.A., Zaitseva L.A.

Влияние способа переработки семян рапса на их белковый комплекс

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Переработка вторичного рапсового сырья является перспективным направлением для повышения эффективности производства этой сельскохозяйственной культуры.

Методы. Обезжиривание фракции ядра семян рапса проводили экстракцией гексаном, водно-спиртовую обработку обезжиренного ядра рапса — смесью вода + этанол (3:7). Фракционный состав белкового комплекса семян рапса определяли последовательной экстракцией дистиллированной водой, 7%-ным раствором NaCl и 0,1M раствором NaOH. Выделение белка: экстрагент — раствор NaCl (70 г/л), pH — 9,0, T — 50 °C, продолжительность — 90 мин. Белок осаждали при pH 4,8 и сушили в микроволновой печи при мощности 500 Вт в течение 3–4 мин. Спектры поглощения белковых фракций семян рапса регистрировали на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ с помощью программы SC5400.

Результаты. Было показано, что обезжиривание методом экстракции гексаном способствовало увеличению содержания глобулинов (на 8,5%) при уменьшении альбуминов (на 3,0%) и глютелинов (на 3,3%).

Анализ УФ-спектров этих белковых фракций показал присутствие синаповой кислоты во фракциях альбуминов и глобулинов.

Водно-спиртовая обработка обезжиренного ядра рапса, проводимая для удаления фенольных соединений, способствовала частичному выведению белка из сырья (содержание белка снизилось с 39,06 до 32,34%), ограниченной денатурации белка, которая приводит к снижению растворимости белка и выхода белка в экстракт, на что указывает уменьшение выхода белкового продукта относительно сырья с 26,4 до 15,3%, снижение выхода белка относительно белка, содержащегося в сырье, с 28,9 до 20,3%.

Ключевые слова: семена рапса, фракция ядра рапса, протеины, белковые фракции, шроты, фенольные соединения, УФ-спектроскопия белков

Для цитирования: Миневич И.Э., Ущачовский В.И., Яковлева А.А., Зайцева Л.А. Влияние способа переработки семян рапса на их белковый комплекс. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 185–191.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-185-191>

The influence of the method of processing rapeseed seeds on their protein complex

ABSTRACT

Relevance. The recycling of secondary rapeseed raw materials is a perspective trend for increasing the efficiency of production of this agricultural crop.

Methods. Degreasing of the rapeseed kernel fraction was carried out by hexane extraction, water-alcohol treatment of the low-fat rapeseed kernel with a mixture of water + ethanol (3:7). The fractional composition of the rapeseed protein complex was determined by sequential extraction with distilled water, 7% NaCl solution and 0.1M NaOH solution. Protein isolation: extractant — NaCl solution (70 g/l), pH — 9.0, T — 50 °C, duration — 90 min. The protein was precipitated at pH 4.8 and dried in a microwave oven at 500 W for 3–4 minutes.

Absorption spectra of protein fractions of rapeseed seeds were recorded on a PE-5400 UV spectrophotometer using the SC5400 program.

Results. It was shown that degreasing by hexane extraction contributed to an increase in the content of globulins (by 8.5%) with a decrease in albumins (by 3.0%) and glutelins (by 3.3%). Analysis of the UV spectra of these protein fractions showed the presence of synaptic acid in the fractions of albumins and globulins.

The water-alcohol treatment of the skimmed rapeseed kernel, carried out to remove phenolic compounds, contributed to the partial removal of protein from the raw material (protein content decreased from 39.06 to 32.34%), limited protein denaturation, which leads to a decrease in protein solubility and protein yield in the extract, as indicated by a decrease in the yield of the protein product relative to the raw material from 26.4 to 15.3%, a decrease in protein yield relative to the protein contained in the raw material, from 28.9 to 20.3%.

Key words: rapeseed seeds, rapeseed kernel fraction, proteins, protein fractions, meal, phenolic compounds, UV spectroscopy of proteins

For citation: Minevich I.E., Ushchapovsky V.I., Yakovleva A.A., Zaitseva L.A. The influence of rapeseed processing on their protein complex. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 185–191 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-185-191>

Введение/Introduction

Для решения задачи обеспечения населения дешевым и качественным белком современным трендом являются преимущественное использование растительного протеина [1–4] и создание с его использованием широкого ассортимента пищевых продуктов [5, 6].

В настоящее время основным сырьем в мировом производстве растительных белков являются три сельскохозяйственные культуры — соя, пшеница, горох¹. Помимо перечисленных, перспективными сельскохозяйственными культурами для использования в технологиях концентрирования белкового компонента являются зернобобовые и масличные [7, 8].

Масличные культуры имеют экономические преимущества по сравнению с зернобобовыми: их белок, как правило, является вторичным продуктом, и его себестоимость значительно ниже, чем у зернобобовых, которые возделывают только ради получения белка [9]. В связи с этим масличные культуры (подсолнечник, рапс, лен, арахис и др.) становятся источником не только масла, но и белка.

Среди масличных культур в России преобладает подсолнечник (14,5 млн т в 2022 г.), затем идут соя и рапс, объемы производства которых в 2022 г. составили 5,8 млн т и 4,5 млн т соответственно².

Следует отметить устойчивый рост производства рапса последние 10 лет, что связано с востребованностью продукта его переработки (и прежде всего рапсового масла) в различных отраслях промышленности.

Несмотря на растущие объемы производства рапса в России, Правительство РФ продлило временный запрет на вывоз этой сельскохозяйственной культуры из страны³, что связано с удовлетворением потребностей в сырье отечественных перерабатывающих предприятий, производящих рапсовое масло и корма.

Увеличение объемов вторичного сырья (рапсовых жмыхов и шротов) актуализировало направление комплексной переработки этой культуры для получения дополнительной продукции с высокой добавленной стоимостью.

После выделения масла из семян рапса первым компонентом в жмыхе и шроте является белок с содержанием 33–45% [10].

Рапсовый жмых (шрот) рассматривают как источник белка вследствие его высокого содержания в сырье. О потенциале использования белков рапса в пищевой промышленности свидетельствуют сбалансированность по всем незаменимым аминокислотам, их хороший аминокислотный профиль [11–13].

Белковый комплекс рапса (рис. 1) характеризуется полным набором незаменимых аминокислот, высоким содержанием глутаминовой кислоты, значительным количеством аспарагиновой кислоты, аргинина и пролина, участвующих в нормализации обмена веществ, кровяного давления, функционировании нервной и эндокринной систем, поддержки сердечно-сосудистой системы [14, 15].

Сумма незаменимых аминокислот в белковом комплексе семян рапса превышает 0,400 мг/г белка, что свидетельствует о его пищевом потенциале.

Белки рапса (аналогично практически всем масличным семенам) большей частью являются запасными, при этом более 80% составляют водо- и солерастворимые фракции — альбумины и глобулины.

Глобулины представляет глобулярный белок круциферин (11S глобулин) с молекулярной массой 300–500 кДа. Круциферин состоит из двух полипептидных цепей α и β с молекулярной массой 32 кДа и 20 кДа соответственно.

Полипептид α включает 254–296 аминокислот, полипептид β — 189–191 аминокислоту.

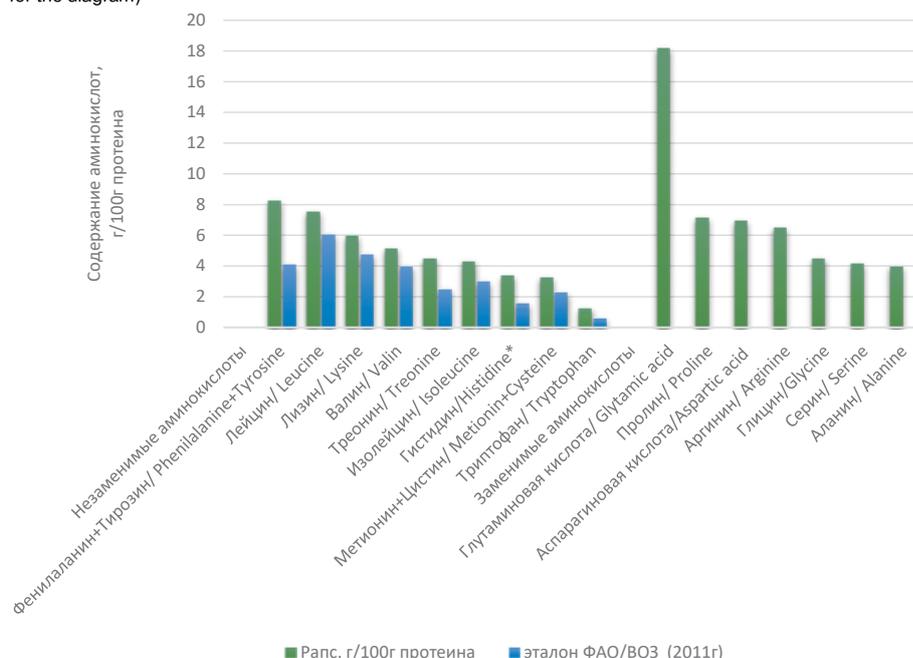
Нативная четвертичная белковая структура круциферина представляет гексамер и может распадаться на тримеры или мономеры при низких значениях pH.

Альбумин рапсового белка называют напином (молекулярная масса 12–15 кДа). Напин (2S альбумин) состоит из двух полипептидов массой 7 кДа и 11 кДа, связанных между собой дисульфидными связями. Напин содержит высокий уровень основных и серосодержащих аминокислот [17–19].

Особенностью биохимического состава семян рапса является высокий уровень фенольных соединений (не только в оболочке, но и в ядре). Рапс содержит примерно в 10 раз больше фенольных соединений, чем соевые бобы [20].

Рис. 1. Аминокислотный профиль белкового комплекса семян рапса (для диаграммы использованы усредненные данные по: [12, 13, 16])

Fig. 1. Amino acid profile of the protein complex of rapeseed seeds (averaged data on: [12, 13, 16] were used for the diagram)



¹ Рынок растительных протеинов. Мир и РФ [электронный ресурс]. — URL: <https://prcs.ru/analytics-article/rynok-rastitelny-proteinov/> (дата обращения: 12.04.2024).

² Масложивой рынок движется к рекордам. Итоги первой половины сезона 2022/23. Агроинвестор. 3 марта 2023 г. [электронный ресурс]. — URL: [https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/39884-maslozhivoy-rynok-dvizhetsya-k-rekordam-itogi-pолоviny-sezona-2022-23/](https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/39884-maslozhivoy-rynok-dvizhetsya-k-rekordam-itogi-pervoy-pолоviny-sezona-2022-23/) (дата обращения: 12.04.2024).

³ Постановлением Правительства РФ от 06.03.2024 № 265 по 31 августа 2024 года включительно.

Основные фенольные компоненты семян рапса — синаповая кислота и ее производные (холиновый эфир синаповой кислоты). Так, сложный эфир синаповой кислоты (холин) является водорастворимым компонентом комплекса витаминов В, и вариабельность его содержания в зависимости от генотипа может колебаться в широких пределах — в интервале 5–17,7 г/кг семян, по данным авторов [21], или 3,2–12,7 мг/г семян, как в работе [22].

Присутствие фенольных соединений, снижающих органолептические свойства белков рапса, является основным антипитательным фактором, ограничивающим их использование для пищевых целей. Именно фенольные соединения вызывают появление темной окраски белковых продуктов из семян масличных культур, особенно в случае рапса.

В щелочных условиях фенольные соединения легко подвергаются ферментативному и неферментативному окислению с образованием хинонов, которые, вступая в реакцию с белком, окрашивают белковые экстракты в темно-зеленый или коричневый цвет, а после осаждения белков в изoeлектрической точке цвет белковых продуктов невозможно отмыть. Фенольные соединения ухудшают вкус белковых продуктов, придавая им горечь [23–25].

Содержание и состав белкового комплекса, соотношения его фракций в исходных семенах рапса и продуктах их переработки могут в некоторой степени отличаться. Это объясняется влиянием вида технологической обработки сырья.

Обезжиривание масличных семян методами промышленного прессования (винтового или экспеллерного) способствует ограниченной денатурации белка, что снижает его растворимость и, следовательно, выход белка при водной экстракции⁴ [26]. Меньший выход белка из жмыха рапса, полученного шнековым прессованием (по сравнению со шротом, полученным экстракцией растворителем), показали авторы [27].

Содержание лизина в экспеллерном жмыхе или дельсольвентированном поджаренном шроте всегда ниже (на 9–10%), чем в исходном сырье, из-за влияния повышенной температуры при выделении масла (вероятно, вследствие протекания реакций типа Майяра) [28].

На качество белка может оказывать влияние и предварительная обработка рапсового сырья, проводимая для удаления антипитательных факторов, в том числе и фенольных соединений [29].

Таким образом, необходимы дополнительные данные по изучению влияния способа предварительной обработки на белковый комплекс семян рапса. Такие данные представляют практический интерес при разработке технологии белковых продуктов из рапсового сырья.

Цель исследования — определение соотношения белковых фракций и выхода белка в зависимости от способа переработки рапсового сырья.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве объектов исследования использовали фракцию ядра, полученную д. т. н. С. В. Зверевым при обрушивании семян рапса (производство 2021 г, Смоленская обл. Российская Федерация) в лабораторных условиях ВНИИЗ (Всероссийский научно-исследовательский

институт зерна и продуктов его переработки), и протеиновые фракции, выделенные в лаборатории переработки лубяных культур Федерального научного центра лубяных культур.

Обезжиривание фракции ядра семян рапса проводили экстракцией гексаном (хч) при 58 °С и соотношении сырья и растворителя 1:5 в течение 2 часов. Процесс экстракции при указанных параметрах повторяли три раза. После отделения от растворителя обезжиренную фракцию ядра промывали эфиром и сушили под вытяжкой при комнатной температуре.

Водно-спиртовую обработку проводили следующим образом: обезжиренное ядро рапса, измельченное в ступке, заливали смесью вода + этанол (3:7) при соотношении сырья к растворителю 10, выдерживали при комнатной температуре при постоянном перемешивании в течение 1 часа. Смесью растворителей удаляли через бумажный фильтр. Ядро рапса сушили при комнатной температуре.

Фракционный состав белкового комплекса семян рапса определяли по методу Ермакова: последовательной экстракцией дистиллированной водой, 7%-ным раствором NaCl и 0,1M раствором NaOH⁵.

Содержание белка определяли по ГОСТ 10846-91⁶, массовую долю влаги — по ГОСТ 10856-96⁷, массовую долю общей золы — по ГОСТ 13979.6-69⁸, массовую долю жира — по ГОСТ 10857-64⁹. Углеводы рассчитывали по разнице между суммой определенных значений показателей и 100%.

Экстракцию белка из рапсового сырья проводили раствором NaCl в щелочной среде с последующим кислотным осаждением белка. Параметры процесса были определены на основании предварительно проведенных экспериментов и методики, предложенной авторами [30].

Концентрация экстрагента — 70 г/л, соотношение «сырье — экстрагент» — 1:10, pH — 9,0, T — 50 ± 2 °С, продолжительность — 90 мин.

Отделение экстракта проводили центрифугированием при 4000 об/мин в течение 20 мин. («Армед 80-2S», Россия). Белок осаждали при pH 4,8 (с использованием 1н раствора HCl), выдерживали для коагуляции в течение 2 ч. После коагуляции белок отделяли центрифугированием в условиях, указанных выше. Белковый продукт сушили в микроволновой печи (LG Intellrowave, Южная Корея) при мощности 500 Вт в течение 3–4 мин.

Спектры поглощения белковых фракций семян рапса регистрировали на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ («Экросхим», Россия) с помощью программы SC5400 в диапазоне длин волн 240–340 нм, шаг сканирования — 0,1 нм. Измерения проводили в стандартной кварцевой кювете с длиной оптического пути 10 мм.

Все исследования проводили в 3-кратной повторности. Математический анализ данных проводили с использованием пакета программ Excel 2016® (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В качестве сырья при выделении белка из масличных семян обычно используют жмых и шрот, которые остаются после удаления масла различными способами. Предварительное обрушивание масличных семян (удаление оболочки) повышает как качество масла, так и качество вторичного сырья, увеличивая в нем содержание

⁴ Пищевая химия / под ред. А. П. Нечаева. СПб.: ГИОРД. 2003; 640.

⁵ Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П. Методы биохимического исследования растений. 3-е изд., перераб. и доп. // Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение. 1987; 430.

⁶ ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка.

⁷ ГОСТ 10856-96 Семена масличные. Метод определения влажности.

⁸ ГОСТ 13979.6-69 Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Методы определения золы.

⁹ ГОСТ 10857-64 Семена масличные. Методы определения масляности.

белка и снижая антипитательные факторы, характерные для индивидуальной сельхозкультуры [31].

Анализ экономической целесообразности обрушивания семян рапса в промышленных масштабах, проведенный авторами, показал, что удаление темной оболочки является экономически рентабельным вариантом, при котором можно получать белковые продукты с высокой добавленной стоимостью [31].

Для исследований использовали фракцию ядра семян рапса, характеристики которой представлены в таблице 1.

Массовая доля примесей (оболочка и необрушенные семена) во фракции ядра составляла не более 2%.

Обезжиривание фракции ядра семян рапса в лабораторных условиях проводили экстракцией гексаном. Для определения влияния этого способа обезжиривания на состояние белкового комплекса определяли количество и соотношение белковых фракций в сырье до и после обработки.

Результаты исследования представлены на рисунке 2.

Обработка гексаном при температуре 58 °С приводит к изменению соотношения белковых фракций: увеличению количества глобулинов (на 8,5%), снижению альбуминов (на 3,0%) и глютелинов (на 3,3%).

Известно, что органические растворители нарушают гидрофобные взаимодействия и разрывают водородные связи, что приводит к изменению конформации белков¹⁰.

Дополнительно были сняты УФ-спектры этих фракций (в виде неочищенных белковых экстрактов), которые последовательно выделяли из сырья. УФ-спектры белковых фракций, выделенных из фракции ядра семян рапса до и после обезжиривания, представлены на рисунке 3.

Полосы поглощения белков чувствительны к различным влияниям, которые действуют на л-электроны ароматических аминокислот. Это различные типы комплексообразования, ионные и дипольные взаимодействия, образование водородных и иных связей функциональными группами, присоединенными к ароматическим (бензольным, индольным) ядрам¹¹.

Белки рапса (и прежде всего низкомолекулярные альбумины рапса) образуют устойчивые комплексы с синаповой кислотой и ее производными, о чем свидетельствуют данные ряда источников [19, 33].

Следует отметить на спектрах максимум при λ 321(318) нм, который относят к проявлению синаповой кислоты, связанной с белками [34, 35]. Связи

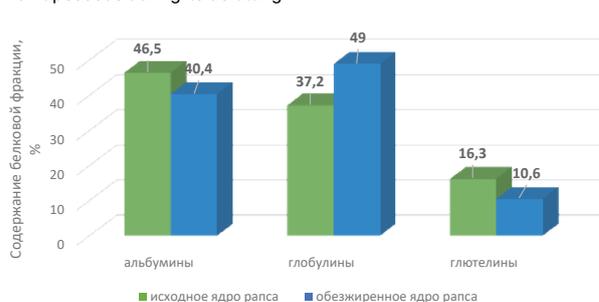
Таблица 1. Физико-химические показатели исходной фракции ядра рапса

Table 1. Physico-chemical indicators of the initial fraction of the rapeseed kernel

Показатель	Значение показателя, %
Массовая доля белка	25,20 ± 1,26
Массовая доля жира	37,40 ± 1,87
Массовая доля влаги	5,30 ± 0,26
Массовая доля общей золы	3,55 ± 0,18
Массовая доля углеводов	28,55 ± 1,43

Рис. 2. Изменение соотношения белковых фракций в ядре семян рапса в процессе его обезжиривания

Fig. 2. Changes in the ratio of protein fractions in the kernel of rapeseeds during its defatting



белков альбуминовой и глобулиновой фракций семян рапса с синаповой кислотой и ее производными были выявлены авторами [34–36] методами ВЭЖХ и капиллярным электрофорезом.

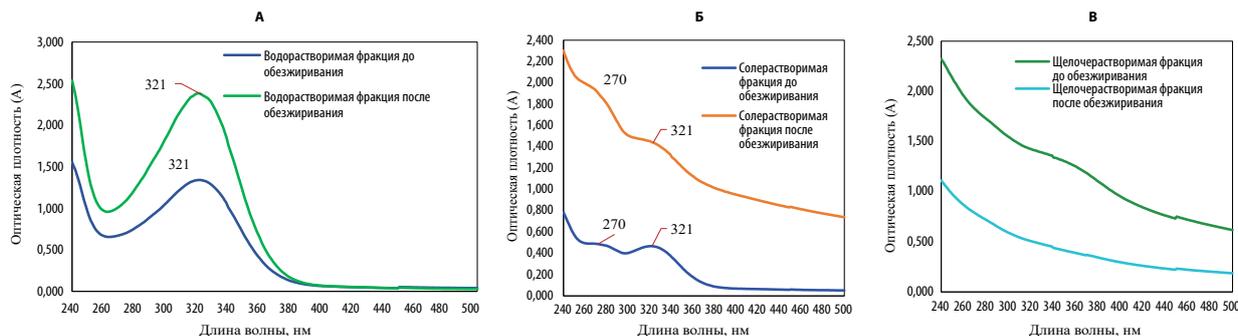
Учитывая изложенные выше результаты опубликованных исследований, можно предположить, что в комплексах белка с синаповой кислотой аминокислоты, содержащие хромофоры, находятся во внутренней области белка («спрятаны») ¹² и не проявляются на УФ-спектрах.

На спектре глютелиновой фракции нет значительного проявления фенольных соединений (небольшой холм в области 318–400 нм). Так как выделение фракций проводилось последовательно, то можно предположить, что фенольные соединения, в частности синаповая кислота, образуют связи в основном с белками альбуминовой и глобулиновой фракций.

Несмотря на одинаковую форму спектров до и после процесса обработки, оптическая плотность была значительно выше для образцов, выделенных из обезжиренного сырья (рис. 3, табл. 2).

Рис. 3. УФ-спектры белковых фракций, выделенных из ядра семян рапса до обезжиривания и после обезжиривания: А — водорастворимая фракция, Б — солерастворимая фракция, В — щелочерастворимая фракция

Fig. 3. UV spectra of protein fractions isolated from the kernel of rapeseeds before defatting and after defatting: А — water-soluble fraction, В — salt-soluble fraction, С — alkali-soluble fraction



¹⁰ Химия пищевых продуктов. Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема (ред.-сост.). Перев. с англ. СПб.: Профессия. 2017; 1040.

¹¹ Артюхов В.Г., Ковалева Т.А., Наквасина М.А., Башарина О.В., Путинцева О.В., Шмелева В.П. Биофизика. Академический проект. 2020; 294.

¹² Карнаухова Л.И., Тупицын Е.Н. УФ-спектроскопия биологических макромолекул: учебно-методическое пособие. Саратов. 2002.

Таблица 2. Оптическая плотность образцов белковых фракций до и после обезжиривания

Table 2. Optical density of protein fraction samples before and after defatting

Фракция ядра рапса	Белковые фракции		
	водорастворимая	солерастворимая	щелочерастворимая
	Оптическая плотность (D)		
До обезжиривания	$\lambda_{321} - 1350$	$\lambda_{321} - 0,455$ $\lambda_{265} - 0,500$	$\lambda_{318} - 1400$
После обезжиривания	$\lambda_{321} - 2380$	$\lambda_{321} - 1500$ $\lambda_{265} - 2000$	

Можно предположить, что повышение оптической плотности зависит от изменения конформации белков, связанных с синаповой кислотой.

Как было сказано выше, нарушение водородных связей при обработке органическим растворителем и нагревании приводит к переходу полипептидных цепей из упорядоченного состояния в разупорядоченное, объем молекулы увеличивается, в результате происходит изменение интенсивности поглощения, хотя положение пиков и форма спектров практически не меняются или меняются незначительно. Поэтому увеличение оптической плотности УФ-спектров поглощения может происходить в результате ограниченной денатурации белков, связанных в комплексы с фенольными соединениями.

Таким образом, в обезжиренной фракции ядра рапса белки частично денатурированы, причем белки альбуминовой и глобулиновой фракций, вероятно, находятся в виде комплексов с синаповой кислотой или ее производными.

Полученные данные следует учитывать при последующей переработке обезжиренной фракции ядра.

Основным направлением переработки обезжиренного ядра рапса является получение белковых продуктов. Выделение белка из такого сырья осложняет наличие фенольных соединений, снижающих прежде всего органолептические свойства целевого белкового продукта (темный цвет, горький привкус).

В данной работе были проведены исследования по предварительному удалению фенольных соединений из сырья и получению белкового продукта. Удаление фенольных соединений проводили водно-спиртовой обработкой обезжиренной фракции ядра рапса.

Эффективность выделения белка из фракции ядра семян рапса представлена в таблице 3.

Анализ результатов (табл. 3) позволяет сделать выводы. Предварительное удаление фенольных соединений водно-спиртовой обработкой способствует: частичному выведению белка из сырья — содержание белка снизилось с 39,06% (до обработки) до 32,34% (после обработки); ограниченной денатурации белка, которая приводит к снижению растворимости белка и выхода белка в экстракт, на что указывает понижение

уровня такого показателя, как сухой остаток экстракта (с 9,04 до 3,82%); сокращению выхода белкового продукта относительно сырья (с 26,4 до 15,3%), о чем свидетельствует анализ остатка сырья; уменьшению выхода белка относительно белка, содержащегося в сырье (с 28,9 до 20,3%).

Полученные данные коррелируют с результатами, представленными в работе [29], где показано снижение выхода белка после водно-этанольной обработки рапсовой муки.

Таким образом, предварительная водно-спиртовая обработка рапсового сырья не подходит для использования в промышленном технологическом процессе, необходимо рассматривать удаление фенольных соединений, связанных с белками рапса, на других технологических стадиях при получении пищевого белкового продукта из рапсового сырья.

Выводы/Conclusions

В результате исследований выявлены изменения в белковом комплексе рапса, протекающие при обезжиривании фракции ядра методом экстракции гексаном и при удалении фенольных соединений методом водно-спиртовой обработки обезжиренной фракции ядра рапса.

Было показано, что обезжиривание методом экстракции гексаном способствовало перераспределению белковых фракций, а именно увеличению содержания глобулинов (на 8,5%) при уменьшении альбуминов (на 3,0%) и глютелинов (на 3,3%).

Методом УФ-спектроскопии показано наличие в альбуминовой и глобулиновой фракциях синаповой кислоты с характерным для нее максимумом поглощения (321 нм). Выявлено повышение оптической плотности УФ-спектров альбумина и глобулина после обработки гексаном при сохранении их формы.

Водно-спиртовая обработка обезжиренного ядра семян рапса способствовала частичному выведению белка из сырья — содержание белка снизилось с 39,06% (до обработки) до 32,34% (после обработки), снижению растворимости белка, о чем свидетельствует снижение выхода белкового продукта относительно сырья (с 26,4 до 15,3%).

В связи с этим предварительная водно-спиртовая обработка рапсового сырья неэффективна для использования в промышленном технологическом процессе, необходимо рассматривать удаление фенольных соединений, связанных с белками рапса, на других технологических стадиях при получении пищевого белкового продукта из рапсового сырья.

Таблица 3. Эффективность выделения белка из фракции ядра рапса

Table 3. Efficiency of protein isolation from rapeseed kernel fraction

Наименование	Сырье Содержание белка, %	Белковые продукты				Остаток сырья	
		белковый экстракт Р — сухой остаток, %	Белковый продукт			Количество, %	Белок, %
			белок, %	выход по сырью, %	выход по белку, %		
Обезжиренная фракция ядра рапса	39,06 ± 1,95	9,04 ± 0,45	42,14 ± 2,11	26,40 ± 1,30	28,90 ± 1,40	52,90 ± 2,60	21,61 ± 1,08
Обезжиренная фракция ядра рапса после водно-спиртовой обработки	32,34 ± 1,62	3,82 ± 0,19	43,00 ± 2,15	15,30 ± 0,80	20,30 ± 1,00	74,80 ± 3,70	27,26 ± 1,36

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

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования России в части выполнения работ, предусмотренных государственным заданием (тема № FGSS-2022-0007 «Федеральный научный центр лубяных культур»).

FUNDING

The study was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of Russia in terms of the work provided for by the state assignment (topic No. FGSS-2022-0007 "Federal Scientific Center of Bast Crops").

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексаночкин Д.И., Фоменко И.А., Алексеева Е.А., Чернуха И.М., Машенцева Н.Г. Получение растительного белка из семян и жмыха промышленной конопли: обзор способов переработки для использования в пищевой промышленности. *Пищевые системы*. 2024; 7(2): 188–197. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>
2. Колпакова В.В., Фан К.Ч., Гайворонская И.С., Чумикина Л.В. Свойства и структурные особенности белков нативных и модифицированных концентратов из белого и коричневого риса. *Пищевые системы*. 2023; 6(3): 317–328. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-317-328>
3. Shafiq M. et al. Development and quality cum nutritional assessment based on physical properties for corn extruded snacks enriched with protein and carbohydrates: a remedy to malnutrition for society. *Potravinarstvo*. 2024; (18): 633–653. <https://doi.org/10.5219/1942>
4. Зубова Е.В., Залетова Т.В., Капитанова Г.И., Терехова О.Б., Родыгина Н.В. Пищевая ценность белого люпина и перспективы его использования в производстве продуктов питания из растительного сырья. *Аграрная наука*. 2023; (4): 137–144. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144>
5. Дегтярев И.А., Фоменко И.А., Мижева А.А., Серба Е.М., Машенцева Н.Г. Белковые препараты из отходов переработки рапса: обзор современного состояния и перспектив развития существующих технологий. *Пищевые системы*. 2023; 6(2): 159–170. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-159-170>
6. Варивода А.А., Кениз Н.В., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; (12): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>
7. Бычкова Е.С., Рождественская Л.Н., Погорова В.Д., Госман В.Д., Бычков А.Л., Ломовский О.И. Технологические особенности и перспективы использования растительных белков в индустрии питания. Часть 1. Анализ пищевой и биологической ценности высокобелковых продуктов растительного происхождения. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018; (2): 53–57. <https://www.elibrary.ru/xurrzb>
8. Доморошченкова М.Л. Современные тенденции развития технологий и рынка растительных белков из масличных семян. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров*. 2013; (2): 38–43. <https://www.elibrary.ru/qcsciax>
9. Кудинов П.И., Шчехолдина Т.В., Слизкая А.С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2012; (5–6): 7–10. <https://www.elibrary.ru/pjqjwd>
10. Рензьяева Т.В., Рензьяев А.О., Кравченко С.Н., Резниченко И.Ю. Потенциал рапсовых жмыхов в качестве сырья пищевого назначения. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2020; (2): 143–160. <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.213>
11. Рензьяев А.О., Кравченко С.Н. Метод переработки рапса обрушиванием семян и удалением оболочки. *Вестник КрасГАУ*. 2022; (6): 210–216. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-6-210-216>
12. Поморова Ю.Ю., Пятковский В.В., Бескоровайный Д.В., Серова Ю.М., Болховитина Ю.С., Шемет Ю.Ю. Общий химический и аминокислотный состав семян наиболее распространенных масличных культур семейства *Brassicaceae* (обзор). *Масличные культуры*. 2021; (3): 78–90. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-78-90>
13. Wanasundara J.P.D., Tan S., Alashi A.M., Pudel F., Blanchard C. Proteins From Canola/Rapeseed: Current Status. Nadathur S.R., Wanasundara J.P.D., Scanlin L. (eds.). *Sustainable Protein Sources*. Academic Press. 2016; 285–304. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00018-4>
14. Tan S.H., Mailer R.J., Blanchard C.L., Agboola S.O. Canola Proteins for Human Consumption: Extraction, Profile, and Functional Properties. *Journal of Food Science*. 2011; 76(1): R16–R28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01930.x>
15. Кудряшева А.А., Преснякова О.П. Медико-биологические особенности натуральных пищевых аминокислот. *Пищевая промышленность*. 2014; (3): 68–73. <https://www.elibrary.ru/rwftmt>
16. Дегтярев И.А., Фоменко И.А., Мижева А.А., Серба Е.М., Машенцева Н.Г. Белковые препараты из отходов переработки рапса: обзор современного состояния и перспектив развития существующих технологий. *Пищевые системы*. 2023; 6(2): 159–170. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-159-170>
17. Perera S.P., McIntosh T.C., Wanasundara J.P.D. Structural Properties of Cruciferin and Napin of *Brassica napus* (Canola) Show Distinct Responses to Changes in pH and Temperature. *Plants*. 2016; 5(3): 36. <https://doi.org/10.3390/plants5030036>
18. Nietzel T. et al. The Native Structure and Composition of the Cruciferin Complex in *Brassica napus*. *Journal of Biological Chemistry*. 2013; 288(4): 2238–2245. <https://doi.org/10.1074/jbc.M112.356089>

REFERENCES

1. Aleksanochkin D.I., Fomenko I.A., Alekseeva E.A., Chernukha I.M., Mashentseva N.G. Production of plant protein from seeds and cake of industrial hemp: Overview of processing methods for food industry. *Food systems*. 2024; 7(2): 188–197 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2024-7-2-188-197>
2. Kolpakova V.V., Fan Q.Ch., Gaivoronskaya I.S., Chumikina L.V. Properties and structural features of native and modified proteins of concentrates from white and brown rice. *Food systems*. 2023; 6(3): 317–328 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-3-317-328>
3. Shafiq M. et al. Development and quality cum nutritional assessment based on physical properties for corn extruded snacks enriched with protein and carbohydrates: a remedy to malnutrition for society. *Potravinarstvo*. 2024; (18): 633–653. <https://doi.org/10.5219/1942>
4. Zubova E.V., Zaletova T.V., Kapitanova G.I., Terekhova O.B., Rodygina N.V. Nutritional value of white lupin and prospects of its use in the production of food from vegetable raw materials. *Agrarian science*. 2023; (4): 137–144 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-137-144>
5. Degtyarev I.A., Fomenko I.A., Mizheva A.A., Serba E.M., Mashentseva N.G. Protein preparations from rapese processing waste: A review of the current status and development prospects of existing technologies. *Food systems*. 2023; 6(2): 159–170 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-159-170>
6. Varivoda A.A., Keniyz N.V., Rebezov M.B. Development of scientifically based approaches to the design of specialized food products for gerodietetic nutrition. *Agrarian science*. 2023; (12): 143–150 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>
7. Bychkova E.S., Rozhdestvenskaya L.N., Pogorova V.D., Gosman D.V., Bychkov A.L., Lomovsky O.I. Technological features and prospects of using vegetable proteins in the food industry. Part 1. Analysis of the nutritional and biological value of high-protein vegetable products. *Storage and Processing of Farm Products*. 2018; (2): 53–57 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xurrzb>
8. Domoroshchenkova M.L. Modern tendencies of oil seed protein technologies and market development. *Vestnik of the All-Russia scientific research Institute of fats*. 2013; (2): 38–43 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qcsciax>
9. Kudinov P.I., Shchekoldina T.V., Slizkaya A.S. Current status and structure of vegetable protein world resources. *Izvestiya vuzov. Food Technology*. 2012; (5–6): 7–10 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pjqjwd>
10. Renzyayeva T.V., Renzyayev A.O., Kravchenko S.N., Reznichenko I.Yu. Capabilities of Rapeseed Oilcake as Food Raw Materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2020; (2): 143–160 (in Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.213>
11. Renzyayev A.O., Kravchenko S.N. Method for rapese processing by seed hulling and shell removal. *Bulletin of KrasGAU*. 2022; (6): 210–216 (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-6-210-216>
12. Pomorova Yu.Yu., Pyatovsky V.V., Beskorovayny D.V., Serova Yu.M., Bolkhovitina Yu.S., Shemet Yu.Yu. General chemical and amino acid compositions of the most widespread oil crops of *Brassicaceae* family (review). *Oil Crops*. 2021; (3): 78–90 (in Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-3-187-78-90>
13. Wanasundara J.P.D., Tan S., Alashi A.M., Pudel F., Blanchard C. Proteins From Canola/Rapeseed: Current Status. Nadathur S.R., Wanasundara J.P.D., Scanlin L. (eds.). *Sustainable Protein Sources*. Academic Press. 2016; 285–304. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00018-4>
14. Tan S.H., Mailer R.J., Blanchard C.L., Agboola S.O. Canola Proteins for Human Consumption: Extraction, Profile, and Functional Properties. *Journal of Food Science*. 2011; 76(1): R16–R28. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01930.x>
15. Kudryasheva A.A., Presnyakova O.P. Medical and biological features of natural food amino acids. *Food Industry*. 2014; (3): 68–73 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rwftmt>
16. Degtyarev I.A., Fomenko I.A., Mizheva A.A., Serba E.M., Mashentseva N.G. Protein preparations from rapese processing waste: A review of the current status and development prospects of existing technologies. *Food systems*. 2023; 6(2): 159–170 (in Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-159-170>
17. Perera S.P., McIntosh T.C., Wanasundara J.P.D. Structural Properties of Cruciferin and Napin of *Brassica napus* (Canola) Show Distinct Responses to Changes in pH and Temperature. *Plants*. 2016; 5(3): 36. <https://doi.org/10.3390/plants5030036>
18. Nietzel T. et al. The Native Structure and Composition of the Cruciferin Complex in *Brassica napus*. *Journal of Biological Chemistry*. 2013; 288(4): 2238–2245. <https://doi.org/10.1074/jbc.M112.356089>

19. Wanasundara J.P.D., McIntosh T.C., Perera S.P., Withana-Gamage T.S., Mitra P. Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2016; 23(4): D407. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016028>
20. Xu L., Diosady L.L. Removal of phenolic compounds in the production of high-quality canola protein isolates. *Food Research International*. 2002; 35(1): 23–30. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00159-9)
21. Velasco L., Möllers C. Nondestructive Assessment of Sinapic Acid Esters in *Brassica* Species: II. Evaluation of Germplasm and Identification of Phenotypes with Reduced Levels. *Crop Science*. 1998; 38(6): 1650–1654. <https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060039x>
22. Zum Felde T., Baumert A., Strack D., Becker H.C., Möllers C. Genetic variation for sinapate ester content in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) and development of NIRS calibration equations. *Plant Breeding*. 2007; 126(3): 291–296. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01342.x>
23. Yang S.-C. *et al.* Identification and Determination of Phenolic Compounds in Rapeseed Meals (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2015; 4(1): 14–23. <https://doi.org/10.4236/jacen.2015.41002>
24. Rawel H.M., Meidtner K., Kroll J. Binding of Selected Phenolic Compounds to Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 53(10): 4228–4235. <https://doi.org/10.1021/jf0480290>
25. Шагинова Л.О., Крылова И.В., Демьяненко Т.Ф., Доморошченкова М.Л. Исследование процесса получения белкового препарата из семян подсолнечника для использования в пищевой промышленности. *Новые технологии*. 2021; 17(3): 41–50. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-3-41-50>
26. Fetzer A., Herfellner T., Stäbler A., Menner M., Eisner P. Influence of process conditions during aqueous protein extraction upon yield from pre-pressed and cold-pressed rapeseed press cake. *Industrial Crops and Products*. 2018; 112: 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.011>
27. Manampreeri W.A.R., Chang S.K.C., Wiesenborn D.P., Pryor S.W. Impact of Meal Preparation Method and Extraction Procedure on Canola Protein Yield and Properties. *Biological Engineering Transactions*. 2012; 5(4): 191–200. <https://doi.org/10.13031/2013.42456>
28. Newkirk R.W., Classen H.L., Edney M.J. Effects of prepress-solvent extraction on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 2003; 104(1–4): 111–119. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00331-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00331-0)
29. Kalaydzhev H. *et al.* Valorization of Rapeseed Meal: Influence of Ethanol Antinutrients Removal on Protein Extractability, Amino Acid Composition and Fractional Profile. *Waste and Biomass Valorization*. 2020; 11(6): 2709–2719. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00553-1>
30. Nosenko T., Kot T., Kichshenko V. Rape Seeds as a Source of Feed and Food Proteins. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2014; 64(2): 109–114. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2013-0007>
31. Dimić E., Premović T., Takači A. Effects of the contents of impurities and seed hulls on the quality of cold-pressed sunflower oil. *Czech Journal of Food Sciences*. 2012; 30(4): 343–350. <https://doi.org/10.17221/179/2011-CJFS>
32. Carré P., Quinsac A., Citeau M., Fine F. A re-examination of the technical feasibility and economic viability of rapeseed dehulling. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2015; 22(3): D304. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014044>
33. Yang J. Rethinking plant protein extraction: Interfacial and foaming properties of mildly derived plant protein extracts. PhD Thesis. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University. 2021; 210. <https://doi.org/10.18174/543524>
34. Kosińska A., Chavan U.D., Amarowicz R. Separation of low molecular weight rapeseed proteins by RP-HPLC-DAD — a short report. *Czech Journal of Food Sciences*. 2006; 24(1): 41–44. <https://doi.org/10.17221/3292-CJFS>
35. Karamać M., Maryniak A., Amarowicz R. Application of HPLC-DAD for detection of phenolic compounds bound to rapeseed 12S globulin — a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2004; 54(3): 233–236. <https://doi.org/10.17221/3292-CJFS>
36. Amarowicz R., Panasiuk R., Pari L. Separation of low molecular rapeseed proteins by capillary electrophoresis. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2003; 53(S1): 7–9.
19. Wanasundara J.P.D., McIntosh T.C., Perera S.P., Withana-Gamage T.S., Mitra P. Canola/rapeseed protein-functionality and nutrition. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2016; 23(4): D407. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016028>
20. Xu L., Diosady L.L. Removal of phenolic compounds in the production of high-quality canola protein isolates. *Food Research International*. 2002; 35(1): 23–30. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00159-9)
21. Velasco L., Möllers C. Nondestructive Assessment of Sinapic Acid Esters in *Brassica* Species: II. Evaluation of Germplasm and Identification of Phenotypes with Reduced Levels. *Crop Science*. 1998; 38(6): 1650–1654. <https://doi.org/10.2135/cropsci1998.0011183X003800060039x>
22. Zum Felde T., Baumert A., Strack D., Becker H.C., Möllers C. Genetic variation for sinapate ester content in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) and development of NIRS calibration equations. *Plant Breeding*. 2007; 126(3): 291–296. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01342.x>
23. Yang S.-C. *et al.* Identification and Determination of Phenolic Compounds in Rapeseed Meals (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 2015; 4(1): 14–23. <https://doi.org/10.4236/jacen.2015.41002>
24. Rawel H.M., Meidtner K., Kroll J. Binding of Selected Phenolic Compounds to Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 53(10): 4228–4235. <https://doi.org/10.1021/jf0480290>
25. Шагинова Л.О., Крылова И.В., Демьяненко Т.Ф., Доморошченкова М.Л. Study of a process of obtaining of protein preparation from sunflower seeds for application in food industry. *New Technologies*. 2021; 17(3): 41–50 (in Russian). <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-3-41-50>
26. Fetzer A., Herfellner T., Stäbler A., Menner M., Eisner P. Influence of process conditions during aqueous protein extraction upon yield from pre-pressed and cold-pressed rapeseed press cake. *Industrial Crops and Products*. 2018; 112: 236–246. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.011>
27. Manampreeri W.A.R., Chang S.K.C., Wiesenborn D.P., Pryor S.W. Impact of Meal Preparation Method and Extraction Procedure on Canola Protein Yield and Properties. *Biological Engineering Transactions*. 2012; 5(4): 191–200. <https://doi.org/10.13031/2013.42456>
28. Newkirk R.W., Classen H.L., Edney M.J. Effects of prepress-solvent extraction on the nutritional value of canola meal for broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 2003; 104(1–4): 111–119. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00331-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00331-0)
29. Kalaydzhev H. *et al.* Valorization of Rapeseed Meal: Influence of Ethanol Antinutrients Removal on Protein Extractability, Amino Acid Composition and Fractional Profile. *Waste and Biomass Valorization*. 2020; 11(6): 2709–2719. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00553-1>
30. Nosenko T., Kot T., Kichshenko V. Rape Seeds as a Source of Feed and Food Proteins. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2014; 64(2): 109–114. <https://doi.org/10.2478/pjfn-2013-0007>
31. Dimić E., Premović T., Takači A. Effects of the contents of impurities and seed hulls on the quality of cold-pressed sunflower oil. *Czech Journal of Food Sciences*. 2012; 30(4): 343–350. <https://doi.org/10.17221/179/2011-CJFS>
32. Carré P., Quinsac A., Citeau M., Fine F. A re-examination of the technical feasibility and economic viability of rapeseed dehulling. *OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2015; 22(3): D304. <https://doi.org/10.1051/ocl/2014044>
33. Yang J. Rethinking plant protein extraction: Interfacial and foaming properties of mildly derived plant protein extracts. PhD Thesis. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University. 2021; 210. <https://doi.org/10.18174/543524>
34. Kosińska A., Chavan U.D., Amarowicz R. Separation of low molecular weight rapeseed proteins by RP-HPLC-DAD — a short report. *Czech Journal of Food Sciences*. 2006; 24(1): 41–44. <https://doi.org/10.17221/3292-CJFS>
35. Karamać M., Maryniak A., Amarowicz R. Application of HPLC-DAD for detection of phenolic compounds bound to rapeseed 12S globulin — a short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2004; 54(3): 233–236. <https://doi.org/10.17221/3292-CJFS>
36. Amarowicz R., Panasiuk R., Pari L. Separation of low molecular rapeseed proteins by capillary electrophoresis. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2003; 53(S1): 7–9.

ОБ АВТОРАХ**Ирина Эдуардовна Миневич**

доктор технических наук, главный научный сотрудник
i.minevich@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>

Валентин Игоревич Ущачовский

младший научный сотрудник
v.uschapovsky@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Агата Анатольевна Яковлева

младший научный сотрудник
a.goncharova@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Любовь Анатольевна Зайцева

младший научный сотрудник
l.zaitzeva@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8902-7618>

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Irina Eduardovna Minevich**

Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher
i.minevich@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8558-4257>

Valentin Igorevich Ushchapovsky

Junior Research Assistant
v.uschapovsky@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1620-3323>

Agata Anatolievna Yakovleva

Junior Researcher Assistant
a.goncharova@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5977-5669>

Lyubov Anatolievna Zaitseva

Junior Researcher Assistant
l.zaitzeva@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8902-7618>

Federal Scientific Center of Bast Crops,
17/56 Komsomolsky Prospekt, Tver, 170041, Russia

Е.В. Серба ✉

Е.А. Юрова

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности (ВНИМИ), Москва, Россия

✉ e_serba@vnimi.org

Поступила в редакцию: 08.08.2024

Одобрена после рецензирования: 12.09.2024

Принята к публикации: 26.09.2024

© Серба Е.В., Юрова Е.А.

Review

Ekaterina V. Serba ✉

Elena A. Yurova

All-Russian Dairy Research Institute, Moscow, Russia

✉ e_serba@vnimi.org

Received by the editorial office: 08.08.2024

Accepted in revised: 12.09.2024

Accepted for publication: 26.09.2024

© Serba E.V., Yurova E.A.

Влияние зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока

РЕЗЮМЕ

Научный обзор посвящен актуальной проблеме качества сырья в производстве молочных продуктов.

Цель исследований — актуализация научных данных о влиянии зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока.

В условиях развития рынка специализированного питания необходимо глубокое изучение белков молока как важнейшего источника незаменимых аминокислот. Авторами рассмотрены научные труды отечественных и иностранных специалистов, освещающие влияние различных факторов на белковый состав сырого молока КРС. Исследуемые факторы в ходе формирования научного обзора были разделены на следующие группы: селекционно-генетические, кормовые, временные, зооигиенические и технологические. Это позволило определить степень влияния факторов на показатели качества молока, в особенности на белки, и проследить их зависимость друг от друга.

Ключевые слова: белок молока крупного рогатого скота (КРС), факторы, влияющие на белок молока, структура белков молока разных пород КРС, аминокислотный состав молока, кормление молочных коров, технологические показатели сырого молока, качество сырого молока, состав молока КРС, фракционный состав белков молока

Для цитирования: Серба Е.В., Юрова Е.А. Влияние зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока. *Аграрная наука*. 2024; 387(10): 192–200.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-192-200>

The influence of zootechnical factors on the composition of proteins in raw cow's milk

ABSTRACT

The scientific review is devoted to the current problem of the quality of raw materials in the production of dairy products.

The purpose of the research is to update scientific data on the influence of zootechnical factors on the protein composition of raw cow's milk.

In the context of the development of the specialized nutrition market, an in-depth study of milk proteins is necessary as the most important source of essential amino acids. The authors reviewed the scientific works of domestic and foreign specialists, covering the influence of various factors on the protein composition of raw cattle milk. During the formation of the scientific review, the factors studied were divided into the following groups: selection-genetic, feed, temporal, zoohygienic and technological. This made it possible to determine the degree of influence of factors on milk quality indicators, especially proteins, and to trace their dependence on each other.

Key words: cattle milk protein, factors influencing milk protein, structure of milk proteins of different cattle breeds, amino acid composition of milk, feeding of dairy cows, technological indicators of raw milk, raw milk quality, milk composition, milk protein fractions

For citation: Serba E.V., Yurova E.A. The influence of zootechnical factors on the composition of proteins in raw cow's milk. *Agrarian science*. 2024; 387(10): 192–200 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-387-10-192-200>

Введение/Introduction

Молоко — уникальный продукт питания, содержащий широкий спектр питательных компонентов, витаминов, макро- и микроэлементов.

Наиболее ценными компонентами молока являются белки, которые содержат незаменимые для организма человека аминокислоты [1]. При этом в белках мяса, рыбы и растительных продуктов содержание аминокислот в разы ниже, чем в молочных белках [2].

В современном производстве большое внимание уделяется количественным показателям молока и жирномолочности, вариативность которой выражена больше, чем изменения в составе и количестве белков молока [1].

Но в последние годы с популяризацией функционального и специализированного питания появилась необходимость более полного изучения именно белков молока, включая количественное значение аминокислот. Важную роль в смещении вектора научного внимания на этот компонент молока сыграли растительные аналоги сырого молока КРС.

В современных продуктах всё чаще используются миндальное, кокосовое, соевое, овсяное, бамбуковое и прочие виды молока. Важно понимать, что растительные продукты уступают коровьему, прежде всего по полноценности белка, содержанию минеральных компонентов и их усваиваемости.

Таким образом, современные тенденции альтернативного молока остаются противоречивыми, и вопрос улучшения качества молока животного происхождения актуален [2–4].

Для поддержания и наращивания качества продукции на основе сырого молока необходимо актуализировать спектр факторов, влияющих на белковый состав и свойства молока КРС. Это в свою очередь позволит улучшить и расширить ассортимент молочной продукции, так как основой любого продукта является качественное сырье.

Цель работы — актуализация научных данных о влиянии зоотехнических факторов на белковый состав сырого коровьего молока.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: поиск и отбор научной литературы по заданной тематике; анализ отобранных научных работ; структурирование полученных данных и формирование базы факторов, оказывающих влияние на белковый состав молока КРС; установление зависимости факторов друг от друга; определение изменений белкомолочности от факторов и их комбинаций.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Материалами исследования являлись актуальные данные научных статей, монографий и конференций о факторах, влияющих на белковый состав молока.

Авторами в качестве методов исследований в рамках заданной тематики использовались аналитический и синергетический подходы по критериям, указанным в таблице 1.

Используемые методы позволили произвести поиск, анализ и систематизацию данных, составить научный обзор.

Основной стратегией поиска материалов была проработка библиографических порталов Elibrary.ru, PubMed, Google Scholar, Scopus и научных онлайн-изданий.

Были использованы поисковые запросы: на русском языке — «белок молока КРС», «факторы, влияющие на

Таблица 1. Критерии отбора материалов для научного обзора.

Table 1. Criteria for selecting materials for a scientific review

Критерий	Включение	Исключение
Контекст	Соответствие материалов тематике обзора. Статьи, относящиеся к пищевой и сельскохозяйственной промышленности, описывающие вопросы производства молока и молочных продуктов животного происхождения	Статьи, содержащие дублирующие данные. Работы, в которых влияние факторов на КРС рассмотрено без учета молочной продуктивности. Медицинские и ветеринарные статьи узкой направленности
Тип статьи	Обзорные, эмпирические исследования	Источники, не прошедшие рецензирование
Период	2013–2023 гг. (за исключением запросов, не имеющих достаточного научного обоснования в указанный период)	Более ранние научные труды в силу длительной научной работы, ведущейся в рамках данной тематики. Неактуальные данные и технологии, неприменимые в современной молочной промышленности
Язык	Любой	Поиск не был ограничен языковым критерием
Доступ	Опубликованная статья с открытым доступом к полному тексту	Неопубликованные тезисы и теории, опубликованные статьи, не имеющие открытого доступа к полному тексту, статьи, достоверный перевод которых был невозможен

белок молока», «структура белков молока разных пород КРС», «аминокислотный состав молока», «кормление молочных коров», «технологические показатели сырого молока», «качество сырого молока», «состав молока КРС»; на английском языке — milk protein concentration, cattle milk protein, protein structure of bovine milk, casein composition and energy metabolism, cattle feeding, factors of milk quality.

Работа с научной литературой 2013–2023 гг. позволила сформировать актуальную информационную базу для глубокого комплексного обзора темы. Всего были рассмотрены 118 работ, из них 29 содержали дублирующие данные, 32 косвенно или поверхностно касались заданной тематики, поэтому не представляли ценности в рамках данного обзора, 12 не имели открытого доступа к полному тексту.

Анализ научных статей более раннего периода осуществлялся при отсутствии новых публикаций по отдельным аспектам исследуемой тематики.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Роль белка в сыром молоке

Молоко млекопитающих представляет собой желто-белую непрозрачную сладковатую жидкость, достаточно сложную по химическому составу [5]. В состав молока входят свыше 200 различных компонентов (табл. 2), которые взаимосвязаны между собой, создают систему органических и неорганических соединений и находятся в водной фазе в гомогенизированной, коллоидной или растворимой форме [1].

Степень обеспеченности молока по показателям: животный белок — 52–55%; незаменимые жирные кислоты — 33–37%, обменная энергия — 25–28% [5].

Таблица 2. Количественный состав молока КРС

Table 2. Quantitative composition of cattle milk

Компоненты молока	Содержание, %
Вода	85,3–89,6
Сухие вещества	10,4–14,5
Жир	2,8–6,5
Белки	2,8–4,4
Лактоза	4,4–5,4
Зола	0,6–0,9

Химический состав сырого молока является основным условием в принятии решения о дальнейшей его переработке на определенный вид молочной продукции. Ключевые требования использования молока на пищевые цели — его качество и технологические свойства.

Белки молока подразделяют на три группы: казеины, сывороточные белки и белки оболочек жировых шариков (рис. 1).

Благодаря влиянию гидрофильных свойств казеина на водосвязывающую и влагоудерживающую способность сгустка, на консистенцию и потребительские свойства готового продукта молочный белок является важным компонентом при производстве творога, сыров и кисломолочных продуктов.

Основная протеиновая составляющая молока — казеин, классифицируемый на многочисленные фракции, основные из них — α s1, α s2, бета, каппа. Все фракции синтезируются в клетках молочной железы и имеют генетические варианты [6–9].

Длительное время селекционеры в нашей стране занимались в основном увеличением количественной продуктивности коров и повышением содержания жира в молоке. Сегодня акцент постепенно смещается на аминокислотный состав, соотношение белковых фракций и полноценность молока, используемого в питании человека [10, 11].

Факторы, влияющие на белковый состав молока

Основная особенность животноводства заключается в том, что на один показатель разные факторы действуют комплексно на всех этапах технологического процесса производства [12, 13], то есть показатели белка в молоке, заложенные генетически, могут изменяться в зависимости от кормления, климатических условий, фазы лактации и так далее, но при этом оставаться в «свойственном» породном диапазоне.

В рамках исследования авторы намеренно отошли от схемы разделения факторов на паратипические и непаратипические, дабы показать всестороннее влияние разных групп факторов на организм животных и дальнейшее производство сырого молока. Для систематизации изученных факторов авторы сформировали следующие группы:

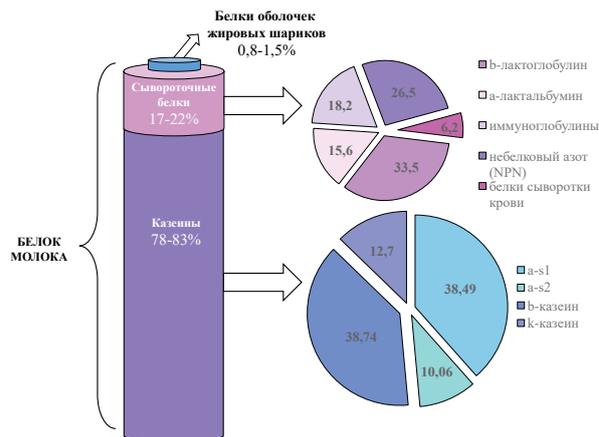
- **селекционно-генетические факторы**, обуславливающие породную и линейную принадлежность и индивидуальную продуктивный потенциал животного;
- **кормовые факторы**, объединяющие в себе сбалансированность рациона, качество используемых кормов и изменения кормовой базы;
- **временные факторы**, подразумевающие сезонные и возрастные изменения, влияющие на физиологическое состояние животных. Факторы этой группы не поддаются контролю со стороны человека;
- **технологические факторы**, отвечающие за условия содержания животных и все производственные процессы, такие как доение, кормление, осеменение, отслеживание фазы лактации животных и т. д.

1. Селекционно-генетические факторы

Порода и индивидуальная генетическая наследуемость признаков характеризуют количественные показатели удоя и качество молока, в особенности жирнокислотный и белковый состав. Генетический фактор обуславливает «типичные породные» показатели молочной продуктивности и дальнейшую дифференциацию молока в зависимости от технологических свойств полученного сырья [14].

Рис. 1. Состав белков молока КРС

Fig. 1. Cattle milk protein composition



У каждой породы КРС молочного направления есть свои генетические особенности, влияющие на комплекс показателей молока. Исследования наследственных особенностей качества молока проводятся разными способами: межпородный сравнительный анализ, внутривидовое линейное или семейное сравнение, продуктивные показатели разновозрастного стада, генотипирование белков молока по крови животных, направленное ротационное скрещивание с последующим анализом молока потомства разных поколений и т. д.

Работа, проведенная в 2018 году на севере Италии на 505 коровах, была основана на трех- и двухпородных помесях бурой швицкой, голштинской и монбельярдской пород разного возраста. Разные схемы и вариации скрещивания позволили создать большой спектр генетических вариантов продуктивности потомков.

Молоко от помесных коров имело более высокое содержание и пропорции каппа-казеина и α -лактальбумина, более низкое содержание β -лактоглобулина и большую долю казеинов при меньшем содержании сывороточных белков в молочном истинном белке, чем у чистокровных голштин.

Трехпородные помеси отличались от двухпородных только большим содержанием α -лактальбумина в молоке.

Результаты данного исследования подтверждают целесообразность использования программ скрещивания для изменения профиля молочного белка с целью улучшения качества молока и его свойств для сыроделия [15].

В исследовании Н.Л. Игнатевой поголовье черно-пестрых голштинизированных коров УОХ «Приволжское» (Чувашская ГСХА) было проанализировано на изменения белковомолочности в зависимости от происхождения отцов (Канада, Нидерланды, Дания, Россия). Группы сравнивались по принципу пар-аналогов для минимизации влияния сторонних факторов. Было доказано, что электрофоретические показатели соотношения фракций белков молока у коров одной породы разного происхождения отличаются.

Детальный анализ фракционного состава молочного белка у животных голландской селекции обладал наиболее высоким содержанием основных белковых фракций [14, 16].

Такого рода исследования позволяют проработать направленную селекционную стратегию и производить молоко, более эффективно используемое в производстве молочных продуктов (табл. 3).

Таблица 3. Массовая доля белка и жира в молоке разных пород КРС

Table 3. The mass fraction of protein and fat in milk of different breeds of cattle

Порода	МДЖ, %	МДБ, %
Джерсейская	5,29–6,37	3,85–4,22
Айрширская	4,13–4,45	3,26–3,47
Симментальская	3,71–4,92	3,32–3,67
Бурая швицкая	3,97–4,61	3,32–3,45
Черно-пестрая	3,78–4,29	3,05–3,36
Голштинская	3,57–3,96	3,15–3,47

Подобные исследования имеют множество вариантов для поиска и установки закономерностей в молоке, обусловленные происхождением коров. [17]. Знания о корреляции показателей белка молока позволяют выводить селекционную работу на новый уровень, использовать новые методы молекулярной генетики и отбирать животных в раннем возрасте не по продуктивным показателям, а по комбинациям генов [18].

Фракции казеина различаются аминокислотным составом, количеством полиморфных вариантов, молекулярной массой, при этом аутосомные гены-маркеры, кодирующие их, связаны между собой, регулируются синхронно во время лактации и имеют разные аллельные варианты, которые обуславливают замену аминокислот в первичной структуре белка и напрямую влияют на технологические свойства молока, например сыропригодность, образование и плотность сгустка [19, 20].

В России успешно применяется мировой генфонд молочных пород коров. Импортное скота из Дании, Нидерландов, Великобритании, Италии и США реализуется для расширения генетической базы внутри страны и улучшения продуктивных показателей аборигенных пород молочного и комбинированного скота [21].

Важной проблемой селекции является понижение содержания белка (на 1,6–2,4%) и жира (на 0,09–0,14%) в молоке аборигенных пород при работе в сторону улучшения молочного типа и повышения молочной продуктивности [22]. При этом низкие удои коров с высоким содержанием белка и жира в молоке создают проблему рентабельности и экономической выгоды в работе с таким скотом.

Основными показателями белков молока, на которые влияют породные и генетические особенности животных, за исключением объема молока, являются:

- Аминокислотный состав белков и полноценность молока, обуславливающие содержание в молоке незаменимых аминокислот. Самым биологически полноценным считается молоко швицкой и симментальской пород (43–46%). В молочном белке наибольший удельный вес (в зависимости от генотипа) составляют глутаминовая кислота (21,5–22,7%), лейцин (9,5–9,7%), пролин (9,4–9,5%), а наименьший — цистин (0,93–1,10%) [14, 17].

- Сычужная свертываемость зависит от аминокислотного состава, содержания казеина и соотношения белковых фракций. В меньшей степени на эти показатели влияют содержание кальция в молоке и его кислотность. Скорость свертываемости молока показывает его пригодность для сыроделия. Например, молоко айрширской породы богато α - и β -фракциями казеина, которые обеспечивают высокую свертываемость и хорошую сыропригодность молока. В свою очередь, в молоке КРС ярославской породы выявлено высокое содержание каппа-казеина, что обуславливает высокое качество этого молока для сыроделия [14, 15].

- Белок молока как количественный показатель имеет обратную зависимость от молочной продуктивности.

У высокопродуктивных черно-пестрых и голштинских пород белок молока колеблется в пределах 2,86–3,17% и 2,98–3,44% соответственно, при этом у коров с более низкими породными удоями белок молока выше: монбельярдская — 3,35–3,96%, симментальская — 3,20–3,89%, швицкая — 3,35–3,89%, джерсейская — 3,88–4,07% [11, 20]. Необходимо учитывать, что 48% общей изменчивости содержания жира и белка обусловлены породой, 4–15% — генетическими особенностями линии, около 40% — негенетическими факторами [14, 23].

- Термостойчивость молока в большей степени зависит от времени года и периода лактации [24], но породные различия доказывают генетическую зависимость этого показателя: более высокое содержание кальция и более крупные мицеллы казеина в молоке айрширских коров обуславливают более низкую термостойчивость молока этих коров в сравнении с черно-пестрой породой коров [8, 9, 15].

2. Кормовые факторы

Количество белка в молоке — это показатель того, насколько полноценно корова обеспечена энергией и необходимыми питательными веществами. Калорийность кормов влияет на интенсивность работы микроорганизмов рубца, отвечающих за синтез протеина, который напрямую влияет на уровень белка в молоке [25]. При этом для синтеза протеина бактериям рубца необходим доступный азот, контрольным индикатором которого является мочевины молока [26].

На образование молока используются перевариваемый протеин и 70% аминокислот, поступающих с кормом [27], поэтому в кормлении высокопродуктивных молочных коров важно учитывать их повышенную чувствительность к изменениям структуры рациона [28].

Важно обеспечить сбалансированное питание, при котором не будет избытка или недостатка питательных и биологически активных веществ, так как и та и другая крайности провоцируют снижение уровня белка в молоке и могут влиять на соотношение фракций [29].

Сырое молоко, получаемое от коров, поедающих однообразный рацион, имеет плохие технологические свойства и хуже подвергается сычужному свертыванию за счет повышения количества гамма-фракций казеина и общему смещению баланса белка в сторону сывороточных [30]. Получаемый из такого молока сыр имеет низкие показатели качества и хранимостности [9].

Учеными установлено, что преимущественно силосное кормление провоцирует снижение удоя на 10–12%, а белка — на 5–7%. В такой ситуации замедляется процесс свертываемости молока (на 17–22%) [31], так как мицеллы казеина становятся мельче, качество сыров и масла ухудшается, а кислотность молока повышается, как и риск ацедозов и кетозов у коров. Не только силосное, но и любое однотипное кормление приводит к технологическому снижению качества получаемой продукции [32, 33].

Понятие сбалансированности рациона варьируется в зависимости от факторов климата, фазы лактации, породы животных. Для высокобелковых коров характерны чрезмерные потери белка через молоко на 100–150-й день лактации, что приводит к истощению организма, поэтому важно балансировать корма в зависимости от потребностей животных в конкретный период [34].

Легкопереваримые углеводы необходимы в рационе для нормальной микрофлоры рубца, и их недостаток приводит к общему снижению качества молока. Конечным продуктом микробной ферментации в рубце

являются летучие жирные кислоты (ЛЖК), которые в результате ферментативного расщепления корма могут быть преобразованы в глюкозу, обеспечивая до 60% ежедневной потребности животных в энергии. ЛЖК способствуют повышению усвоения протеина и витаминов группы В, С, К [35–37].

Для получения высоких показателей белка и жира в молоке нужно учитывать особенности рубцового пищеварения и поддерживать здоровую микрофлору рубца [25], что обеспечивается следующими элементами системы кормления:

- увеличение общего количества скармливаемых кормов;
- обеспечение необходимого разнообразия кормов;
- балансирование рациона по энергии, белку, клетчатке, минеральным веществам и витаминам;
- высокое качество кормов.

В период начальной фазы лактации высокопродуктивная корова может расходовать из тканей организма более 300 г белка [24, 34]. Повышенная дача кормов может улучшить белкомолочность на 0,2–0,3% [28]. Но в течение всей лактации необходимо учитывать изменения потребностей животных и, следовательно, регулировать процентное соотношение концентратов к объемистым кормам в рационах и кормосмесях: в начале — 40–50 — 50–60%, в середине — 25–30 — 70–75%, в конце — 10–15 — 85–90%. Концентратный перекарм ведет к нарушению баланса жира и белка за счет отрицательного влияния на жирномолочность [27, 28, 33].

В работе Н.В. Папуши и соавт. рассмотрены последствия ошибок в балансировании рациона под конкретную производственную группу животных путем повышения доли концентратов. Это привело к увеличению массовой доли молочного белка, в том числе казеина (на 0,2–0,3%), при этом нарушило соотношение «жир — белок» (1:1 от изначальных 1,25:1) [28].

Важно учитывать не только баланс рациона по общему белку, но и долю переваримого протеина в сыром протеине. Переваримый протеин должен составлять примерно 65% от сырого протеина в рационе. При сокращении уровня переваримого протеина (даже до 60%) значительно снижаются продуктивность и белок молока [38].

В отношении молока интерес представляет как избыток, так и дефицит сырого протеина, так как оба фактора приводят к потере продуктивности и белкомолочности: в первом случае из-за избытка аммиака и сниженного усвоения поступающего протеина, во втором — из-за нехватки питательного компонента.

Установлено, что с каждым процентом потерянностью сырого протеина в диапазоне 9–15% содержание белка в молоке падает на 0,02%. В то же время белковый перекарм угнетает процессы брожения в рубце жвачных за счет снижения образования уксусной кислоты [27, 31].

3. Зооигиенические и технологические факторы

3.1. Сезонность и лактация

При анализе влияния сезонности и фазы лактации на качественный состав молока нельзя не учитывать их взаимосвязь, так как разные фазы могут приходиться на разные сезоны в зависимости от селекционной работы на каждом предприятии [39].

Основными факторами, которые влияют на качественные показатели молока по сезонам года, являются изменение состава и структуры рациона, колебания температуры и влажности воздуха окружающей среды.

Особенно важны перепады температуры при выгульном или стойлово-пастбищном содержании, так как температура в коровнике может критично отличаться от этого показателя на улице (перепад более $\pm 25^\circ\text{C}$) [40].

Благодаря летнему выпасному сезону к осени в молоке коров накоплено большое количество сухих веществ, белка, жира, лактозы, кальция, калия, натрия, каротина и кальциферола (витамина D) [33]. Содержание казеина в молоке (в зависимости от сезонов года) колеблется от 71,2% летом до 80,8% зимой [40].

Важную роль играют адаптивность животных и их способность выдерживать перепады температур. Эта способность обусловлена не только генетической предрасположенностью, но и удовлетворением всех физиологических потребностей продуктивных животных [32].

Повышение температуры воздуха в летний период может быть критичным и вызвать тепловой стресс у коров, что повлечет снижение не только количества молока, но и его физико-химических показателей (в частности, белка), резкое возрастание числа соматических клеток [8].

Представители Американской ассоциации ученых в области молочных продуктов установили, что при тепловом стрессе снижаются количество молочного белка и концентрация казеина, увеличивается концентрация мочевины. При тепловом стрессе доля аS1-казеина в общем количестве казеина увеличивается, а доля аS2-казеина снижается [41].

Поскольку не было обнаружено влияния теплового стресса на концентрацию молочного жира или лактозы, понижение белка, по-видимому, является результатом специфического снижения синтеза белка в молочных железах, а не общего снижения активности лактации [42, 43].

Г.А. Ларионовым и К.Д. Егоровой исследован вопрос специализации сырого молока с точки зрения сезонности: молоко осенне-зимнего периода по своему составу более пригодно для использования в качестве сырья для переработки в масло, творог и сыры, чем весеннее [44]. При этом лучшим для сыроделия считается молоко 3–6 месяцев лактации, если этот период не приходится на начало весны [40].

В работе Л.А. Остроумова и соавт. представлены результаты исследований по изучению сезонных изменений содержания общего белка, казеина и сывороточных белков в сыром молоке. Определено, что относительное количество сывороточных белков молока подвержено значительным колебаниям в течение года — от 14,6 до 26,9% (среднее — 19,12%) [42].

Самое высокое содержание сывороточных белков в молоке-сырье отмечается в октябре и марте. Концентрация казеинов особенно существенно снижается в марте, апреле и мае. В июне и июле их количество увеличивается, а в остальные месяцы оно стабильно — в пределах 76,0–82,0% [40, 41].

Т.В. Шишикина, А.Р. Кашаева и соавт. показали, что коровы, отелившиеся осенью и зимой, обладают не только высокими количественными показателями лактации (продолжительность, среднесуточный удой и общий удой за лактацию), но и более высокими показателями белка молока в сравнении с коровами, отелившимися в другие сезоны года [24, 45].

Важный аспект для получения качественного молока — подготовка организма животного в течение сухостойного периода: жировые запасы, накопленные в этот период, являются энергетической базой для успешной лактации [46].

При повышении надоев после отела содержание белка в молоке коров уменьшается до 2–3-го месяца лактации, где отмечаются наивысший удой и наименьшая концентрация белка. В течение лактации белок молока постепенно возрастает, и к 6–9-му месяцу лактации нормой является содержание белка не выше 3,6–3,8 % (среднее значение, так как породные и производственные особенности конкретного стада могут варьироваться). Если этот показатель повышается, то количество надоя значительно сокращается [11, 24].

3.2. Технология содержания и доения

Как показывает мировой и отечественный опыт, в молочном скотоводстве наиболее перспективны беспривязное содержание коров с выгульными площадками или пастбищами в весенне-осенний период и доение в доильных залах на поточных высокопроизводительных установках. При этом зоогиgienические показатели животноводческих помещений, такие как низкая температура, высокая влажность и недостаточное вентилирование, влияют на общее состояние животного, продуктивность и общее качество молока [7, 47].

Постоянное привязное содержание без возможности свободно передвигаться в течение дня провоцирует болезни копыт и суставов и стресс, что приводит к травматизму животных и снижению качественной и количественной молочной продуктивности. Активный моцион и свободный доступ к выгульным площадкам необходимы для сохранения здоровья животных [48].

Ученые исследовали влияние на молочную продуктивность не только системы содержания, но и возрастных категорий животных.

В работе установлено, что при беспривязном содержании коров со своими сверстницами у животных сокращается сервис-период, при этом повышаются удой и концентрация белка в молоке. При сохранении такой же системы содержания (но без учета возраста коров) возникает снижение удоя и белка, но наблюдается повышение жира в молоке, что провоцирует смещение баланса жира и белка молока и изменение его распределения на переработку [49, 50].

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

Выводы/Conclusion

В ходе научного обзора рассмотрена зависимость показателей белкового состава молока от различных факторов. Полученные данные нельзя назвать однозначными, но можно утверждать, что породные особенности животных — это неизменный показатель, который обуславливает генетический потенциал коров. В свою очередь, фактор кормления оказывает наибольшее влияние на белок молока в рамках заложенных генетических особенностей каждого животного. При этом кормление — наиболее легко изменяемый фактор, который необходимо корректировать в зависимости от условий содержания животных, фазы лактации, возраста животных и сезонных изменений, с учетом баланса питательных компонентов кормосмесей.

Высокий уровень белка в молоке коров обусловлен не только комбинацией полиморфизмов, но и эффективным питанием, обеспеченностью коровы энергией и наличием благоприятных условий для активности микроорганизмов в рубце, отвечающих за синтез аминокислот и протеинов.

Основным выводом исследования является то, что все факторы на постоянной основе оказывают комплексное влияние на организм животных, поэтому для производства качественной молочной продукции необходимо учитывать все их изменения и баланс.

Неконтролируемое повышение одного показателя влечет за собой снижение других, что приводит к ухудшению качества продукции. Необходимо производить регулярный контроль условий содержания животных и всех технологических процессов, учитывать специфику предприятия и осуществлять деятельность, основываясь на нормах и потребностях продуктивных животных.

Открытыми вопросами для изучения влияния на белковый состав молока остаются сезонные и возрастные изменения, преобразования рационов, их влияние на конкретные белковые структуры молока. Для более глубокого изучения структурных показателей белков сырого молока КРС необходимы постоянное расширение и обновление племенной базы с целью выявления новых закономерностей и породных особенностей, способствующих производству качественного сырого молока.

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

- Оконешникова Ю.А., Антипина В.П. Факторы, влияющие на состав и свойства молока коров. *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXXIX Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и просвещение. 2020; 80–82. <https://elibrary.ru/ihnzgd>
- Рудаков О.Б., Рудакова Л.В., Букша М.С. Генотипическая изменчивость аминокислотного состава белков животного и растительного происхождения. *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2020; 20(1): 8–21. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2020.20/2375>
- Walther B. et al. Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9: 988707. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707>
- Pérez-Rodríguez M.L., Serrano-Carretero A., García-Herrera P., Cámara-Hurtado M., Sánchez-Mata M.C. Plant-based beverages as milk alternatives? Nutritional and functional approach through food labelling. *Food Research International*. 2023; 173(1): 113244. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113244>
- Востриков П.С., Рыжков Е.И. Состав и свойства молока в зависимости от зоотехнических факторов. *Ветеринарно-санитарные аспекты качества и безопасности сельскохозяйственной продукции. Материалы V Международной научно-практической конференции*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I. 2021; 2: 30–32. <https://www.elibrary.ru/ohxcxh>

REFERENCES

- Okoneshnikova Yu.A., Antipina V.P. Factors affecting the composition and properties of cow's milk. *Fundamental and applied scientific research: current issues, achievements and innovations. Collection of articles of the XXXIX International Scientific and Practical Conference*. Penza: Nauka i prosveshcheniye. 2020; 80–82 (in Russian). <https://elibrary.ru/ihnzgd>
- Rudakov O.B., Rudakova L.V., Buksha M.S. Genotypical variability of amino acid composition of animal and plant proteins. *Sorbtsionnye i Khromatograficheskie Protsestry*. 2020; 20(1): 8–21 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2020.20/2375>
- Walther B. et al. Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in Nutrition*. 2022; 9: 988707. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707>
- Pérez-Rodríguez M.L., Serrano-Carretero A., García-Herrera P., Cámara-Hurtado M., Sánchez-Mata M.C. Plant-based beverages as milk alternatives? Nutritional and functional approach through food labelling. *Food Research International*. 2023; 173(1): 113244. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113244>
- Vostrikov P.S., Ryzhkov E.I. Composition and properties of milk depending on zootechnical factors. *Veterinary and sanitary aspects of the quality and safety of agricultural products. Proceedings of the V International scientific and practical conference*. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great. 2021; 2: 30–32 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ohxcxh>

6. Patton R.A. Effect of rumen-protected methionine on feed intake, milk production, true milk protein concentration, and true milk protein yield, and the factors that influence these effects: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(5): 2105–2118. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2693>
7. Харисов М.М. Термостабильность молока в зависимости от уровня общего белка в молоке. *Ветеринарный врач*. 2006; (3): 50–51. <https://www.elibrary.ru/jxcrij>
8. Кузнецов А., Кузнецов С. О регуляции содержания белка в молоке коров. *Молочное и мясное скотоводство*. 2011; (1): 26–27. <https://www.elibrary.ru/ndcstt>
9. Богданова Л.Л., Подрябинкина А.А., Богданов И.А., Савельева Т.А. Изучение влияния сезонных факторов на содержание казеина и сывороточных белков в молоке-сырье и выход сыра. *Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья*. 2020; 14: 142–151. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2019-14-142-151>
10. Скоркина И.А., Ламонов С.А. Особенности химического и аминокислотного состава молока крупного рогатого скота, разводимого в условиях Тамбовской области. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2021; (3): 66–70. <https://www.elibrary.ru/imslbp>
11. Caroli A.M., Chessa S., Erhardt G.J. *Invited review*: Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(11): 5335–5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2461>
12. Алексеенко В.А., Довгань Н.Б. Оценка значимости факторов, влияющих на содержания белка в молоке сыром. *Национальная ассоциация ученых*. 2016; (5–2): 135–136. <https://www.elibrary.ru/xxeixn>
13. Amalfitano N., Stocco G., Maurmayr A., Pegolo S., Cecchinato A., Bittante G. Quantitative and qualitative detailed milk protein profiles of 6 cattle breeds: Sources of variation and contribution of protein genetic variants. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(12): 11190–11208. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18497>
14. Игнатъева Н.Л. Содержание и структура белка в молоке коров-дочерей быков отечественной и импортной селекции. *Передовые достижения науки в молочной отрасли. Сборник научных трудов по результатам работы Всероссийской научно-практической конференции*. Вологда. 2019; 216–221. <https://www.elibrary.ru/iuwwm>
15. Maurmayr A., Pegolo S., Malchiodi F., Bittante G., Cecchinato A. Milk protein composition in purebred Holsteins and in first/second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbeliarde and Brown Swiss bulls. *Animal*. 2018; 12(10): 2214–2220. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003640>
16. Игнатъева Н.Л. Зависимость содержания и структуры молочных белков от происхождения коров. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; (4): 86–92. <https://www.elibrary.ru/mgmmfk>
17. Тарасова Е.И., Нотова С.В. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота (обзор). *Животноводство и кормопроизводство*. 2020; 103(3): 58–80. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-58>
18. Харламов А.В., Панин В.А., Косилов В.И. Влияние генов каппа-казеина и лактоглобулина на молочную продуктивность коров и белковый состав молока (обзор). *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (1): 193–197. <https://www.elibrary.ru/xbgdqh>
19. Федорова Е.Ю., Мосягин В.В., Максимов В.И. Особенности фракционного состава молочного белка коров различных пород. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2011; (2): 37–39. <https://www.elibrary.ru/ndgrov>
20. Игнатъева Н.Л., Айзатов Р.М. Белковый состав молока коров разного генетического происхождения. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2012; 209: 128–132. <https://www.elibrary.ru/oxzjz>
21. Басонов О.А., Арутунян С.Г. Предварительные результаты влияния генотипов по генам молочных белков на продуктивные показатели дочерей. *Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Актуальные проблемы животноводства. Материалы Международной научно-практической конференции в честь 5-летия Центра российско-белорусского сотрудничества дополнительного образования и содействия трудоустройству обучающихся*. Нижний Новгород: Нижегородская ГХА. 2020; 179–183. <https://www.elibrary.ru/jqttrp>
22. Ажиниязова Ж.М., Папуша Н.В. Химический состав и сыропригодность молока в зависимости от паратипических и генетических факторов. *Велес*. 2018; (11–1): 36–41. <https://www.elibrary.ru/ythlnj>
23. Morton J.M., Auldust M.J., Douglas M.L., Macmillan K.L. Milk protein concentration, estimated breeding value for fertility, and reproductive performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(7): 5850–5862. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11273>
24. Кашаева А.Р., Мухаметгалиев Н.Н. Влияние периода лактации на белковый состав и сыропригодность молока коров. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2013; 216: 169–172. <https://www.elibrary.ru/rgefzc>
6. Patton R.A. Effect of rumen-protected methionine on feed intake, milk production, true milk protein concentration, and true milk protein yield, and the factors that influence these effects: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(5): 2105–2118. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2693>
7. Kharisov M.M. Thermal stability of milk depending on the level of total protein in milk. *The Veterinary Wrach*. 2006; (3): 50–51 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jxcrij>
8. Kuznetsov A., Kuznetsov S. Methods of the regulation of the content of protein in the milk of dairy cows. *Dairy and beef cattle farming*. 2011; (1): 26–27 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ndcstt>
9. Bogdanova L.L., Podryabinkina A.A., Bogdanov I.A., Savelyeva T.A. Studying the influence of seasonal factors on casein and whey protein content in raw milk and cheese yield. *Topical Issues of Processing of Meat and Milk Raw Materials*. 2020; 14: 142–151 (in Russian). <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2019-14-142-151>
10. Skorkina I.A., Lamonov S.A. Features of the chemical and amino acid composition of cattle milkbred in the conditions of the Tambov region. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021; (3): 66–70 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/imslbp>
11. Caroli A.M., Chessa S., Erhardt G.J. *Invited review*: Milk protein polymorphisms in cattle: Effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(11): 5335–5352. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2461>
12. Alekseenko V.A., Dovgan N.B. Evaluation significant factors influencing on the content of protein in milk cheese. *Natsionalnaya assotsiatsiya uchenykh*. 2016; (5–2): 135–136 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xxeixn>
13. Amalfitano N., Stocco G., Maurmayr A., Pegolo S., Cecchinato A., Bittante G. Quantitative and qualitative detailed milk protein profiles of 6 cattle breeds: Sources of variation and contribution of protein genetic variants. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(12): 11190–11208. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18497>
14. Ignatieva N.L. Content and structure of protein in the milk of cows-daughters of bulls of domestic and imported selection. *Advanced achievements of science in the dairy industry. Collection of scientific papers based on the results of the All-Russian scientific and practical conference*. Vologda. 2019; 216–221 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/iuwwm>
15. Maurmayr A., Pegolo S., Malchiodi F., Bittante G., Cecchinato A. Milk protein composition in purebred Holsteins and in first/second-generation crossbred cows from Swedish Red, Montbeliarde and Brown Swiss bulls. *Animal*. 2018; 12(10): 2214–2220. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003640>
16. Ignatieva N.L. Dependence of the content and structure of dairy proteins on the origin of cows. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2019; (4): 86–92 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mgmmfk>
17. Tarasova E.I., Notova S.V. Gene markers of the productive characteristics of dairy cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103(3): 58–80 (in Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-103-3-58>
18. Harlamov A.V., Panin V.A., Kosilov V.I. Effect of kappa-casein and lactoglobulin genes on milk yields of cows and the content of protein in milk. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; (1): 193–197 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/xbgdqh>
19. Fedorova E.Yu., Mosyagin V.V., Maksimov V.I. Characteristics of the fractional composition of milk protein of various cow breeds. *Russian Agricultural Sciences*. 2011; 37(2): 157–159. <https://doi.org/10.3103/S106836741102011X>
20. Ignatieva N.L., Aizatov R.M. Albumin milk content of different genetic parentage. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2012; 209: 128–132 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/oxzjz>
21. Basonov O.A., Arutyunyan S.G. Preliminary results of the influence of genotypes for milk protein genes on the productive indicators of daughters. *Mechanization and electrification of agricultural production. Innovative technologies for the production and processing of agricultural products. Current problems of livestock farming. Proceedings of the International scientific and practical conference, in honor of the 5th anniversary of the Center for Russian-Belarusian Cooperation, additional education, assistance in the employment of students*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2020; 179–183 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/jqttrp>
22. Azhiniyazova Zh.M., Papusha N.V. Chemical composition and milk suitability for cheese producing depending on paratypical and genetic factors. *Veles*. 2018; (11–1): 36–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ythlnj>
23. Morton J.M., Auldust M.J., Douglas M.L., Macmillan K.L. Milk protein concentration, estimated breeding value for fertility, and reproductive performance in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(7): 5850–5862. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11273>
24. Kashaeva A.R., Mukhametgaliev N.N. Lactation period effect on protein composition and cheese-yielding capacity of cows milk. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2013; 216: 169–172 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rgefzc>

25. Wang X. *et al.* Characteristics of ruminal microbiota and metabolome in Holstein cows differing in milk protein concentrations. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(11): skac253. <https://doi.org/10.1093/jas/skac253>
26. Дубова Е.А., Буйлова Л.А., Острецова Н.Г., Гуляев Е.Г., Инихова О.В. Об «истинном» белке и содержании мочевины в молоке. *Молочная промышленность*. 2017; (4): 48–49. <https://www.elibrary.ru/yhxahn>
27. Степанова М.В., Ярлыклов Н.Г., Лапина Е.М. Влияние кормления коров на качество и химический состав молока. *Вестник АПК Верхневолжья*. 2021; (4): 45–51. <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.56.4.008>
28. Папуша Н.В., Бермагамбетова Н.Н., Кубекова Б.Ж., Смаилова М.Н., Косилов В.И. Оптимизация рационов молочных коров по сырому протеину. *Аграрная наука*. 2023; (11): 46–53. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-46-53>
29. Носырева Ю.Н., Карелина Л.Н., Токарева В.Ф. Способы повышения питательной ценности рационов и качества кормов для лактирующих коров. *Новые аграрные технологии — основной фактор повышения эффективности производства. Материалы научно-практической конференции*. Иркутск: Иркутск государственный аграрный университет. 2016; 54–58. <https://www.elibrary.ru/qwkpfy>
30. Кашаева А.Р., Ахметзянова Ф.К. Влияние типа кормления на белковый состав и сыропригодность молока коров в период завершения лактации. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2014; 217: 112–117. <https://www.elibrary.ru/samjhx>
31. Часовщикова М.А., Губанов М.В. Показатели состава молока как индикатор качества кормления молочного стада коров. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023; (4): 292–298. <https://www.elibrary.ru/qvlpko>
32. Волгин В.И., Романенко Л.В., Прохоренко П.Н., Федорова З.Л., Корочкина Е.А. Полноценное кормление молочного скота — основа реализации генетического потенциала продуктивности. Монография. М.: Российская академия наук. 2016; 260. ISBN 978-5-906906-85-4 <https://www.elibrary.ru/xvjnql>
33. Эфендиев Б.Ш., Улимбаев М.Б. Проблемы полноценного кормления молочного скота в летне-пастбищный период. *Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства*. 2016; 5(1): 142–147. <https://www.elibrary.ru/vwlqpf>
34. Щеглов А.М. Высокобелковые корма в рационах лактирующих коров. *Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества. Материалы XXXVI научно-практической конференции студентов и аспирантов*. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2021; 190–194. <https://www.elibrary.ru/mzoptq>
35. Leduc A. *et al.* Milk proteins as a feed restriction signature indicating the metabolic adaptation of dairy cows. *Scientific Reports*. 2022; 12: 18886. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-1804-1>
36. Харитонов Е.Л., Панишкин Д.Е., Макаров З.Н. Биосинтез компонентов молока при варьировании уровня легкодоступных углеводов в рационах коров. *Нива Поволжья*. 2019; (1): 79–86. <https://www.elibrary.ru/ybftshw>
37. Alotman M. *et al.* The “Grass-Fed” Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods*. 2019; 8(8): 350. <https://doi.org/10.3390/foods8080350>
38. Laroche J.-P. *et al.* Milk production and efficiency of utilization of nitrogen, metabolizable protein, and amino acids are affected by protein and energy supplies in dairy cows fed alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(1): 329–346. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20923>
39. Прошкина Т.Г., Белов А.Н., Одегов Н.И., Шалимова Е.В. Влияние сезонных особенностей состава молока на сыропригодность. *Сырделие и маслоделие*. 2010; (3): 28–31. <https://www.elibrary.ru/mjbjcb>
40. O'Neill B.F. *et al.* Predicting grass dry matter intake, milk yield and milk fat and protein yield of spring calving grazing dairy cows during the grazing season. *Animal*. 2013; 7(8): 1379–1389. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000438>
41. Bernabucci U. *et al.* Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(3): 1815–1827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788>
42. Остроумов Л.А., Шахматов Р.А., Курбанова М.Г. Исследование сезонных изменений фракционного состава белков молока. *Техника и технология пищевых производств*. 2011; (1): 36а–41. <https://www.elibrary.ru/ndtdav>
43. Сафонов Е.А. Влияние сезона года на фракционный состав белков цельного молока. *Идеи молодых ученых — агропромышленному комплексу. Материалы студенческой научной конференции Института ветеринарной медицины*. Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет. 2019; 302–307. <https://www.elibrary.ru/hfwvaj>
44. Ларионов Г.А., Егорова К.Д. Химический состав молока коров в осенне-зимний период. *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2021; (3): 274–279. <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202103006>
45. Шишкина Т.В. Влияние сезона отела на продуктивность коров. *Сурский вестник*. 2020; (4): 54–58. <https://www.elibrary.ru/epdbxy>
25. Wang X. *et al.* Characteristics of ruminal microbiota and metabolome in Holstein cows differing in milk protein concentrations. *Journal of Animal Science*. 2022; 100(11): skac253. <https://doi.org/10.1093/jas/skac253>
26. Dubova E.A., Builova L.A., Ostretsova N.G., Gulyaev E.G., Inihova O.V. About “true” protein and urea levels in milk. *Dairy industry*. 2017; (4): 48–49 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/yhxahn>
27. Stepanova M.V., Yarlykov N.G., Lapina E.M. Influence of feeding cows on the quality and chemical composition of milk. *Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region*. 2021; (4): 45–51 (in Russian). <https://doi.org/10.35694/YARCX.2021.56.4.008>
28. Papusha N.V., Bermagambetova N.N., Kubekova B.Zh., Smailova M.N., Kosilov V.I. Optimization of dairy cows diets for crude protein. *Agrarian science*. 2023; (11): 46–53 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-46-53>
29. Nosyeva Yu.N., Karelina L.N., Tokareva V.F. Methods of nutritional value increase nutrition and as feed for lactating cows. *New agricultural technologies are the main factor in increasing production efficiency. Proceedings of the scientific and practical conference*. Irkutsk: Irkutsk State University of Agriculture. 2016; 54–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qwkpfy>
30. Kashaeva A.R., Akhmetzyanova F.K. The effect of the type of feeding on the protein composition and cheese suitability of cow’s milk during lactation completion. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*. 2014; 217: 112–117 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/samjhx>
31. Chasovshchikova M.A., Gubanov M.V. Indicators of milk composition as an indicator of the quality of feeding of a dairy herd of cows. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2023; (4): 292–298 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/qvlpko>
32. Volgin V.I., Romanenko L.V., Prokhorenko P.N., Fedorova Z.L., Korochkina E.A. Full feeding dairy cattle is the basis of realization of the genetic productivity potential. Monograph. Moscow: Russian Academy of Sciences. 2016; 260 (in Russian). ISBN 978-5-906906-85-4 <https://www.elibrary.ru/xvjnql>
33. Efendiev B.Sh., Ulimbashov M.B. Problems of full nutrition of dairy cattle during summer-pasturing period. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva*. 2016; 5(1): 142–147 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vwlqpf>
34. Shcheglov A.M. High-protein feeds in the diets of lactating cows. *Scientific problems of livestock production and improving its quality. Materials of the XXXVI scientific and practical conference of students and graduate students*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2021; 190–194 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mzoptq>
35. Leduc A. *et al.* Milk proteins as a feed restriction signature indicating the metabolic adaptation of dairy cows. *Scientific Reports*. 2022; 12: 18886. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-1804-1>
36. Kharitonov E.L., Panyushkin D.E., Makar Z.N. Biosynthesis of milk components when varying the level of readily available carbohydrates in cows diets. *Volga Region Farmland*. 2019; (1): 48–53. <https://doi.org/10.26177/VRF.2019.1.1.010>
37. Alotman M. *et al.* The “Grass-Fed” Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods*. 2019; 8(8): 350. <https://doi.org/10.3390/foods8080350>
38. Laroche J.-P. *et al.* Milk production and efficiency of utilization of nitrogen, metabolizable protein, and amino acids are affected by protein and energy supplies in dairy cows fed alfalfa-based diets. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(1): 329–346. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20923>
39. Proshkina T.G., Belov A.N., Odegov N.I., Shalimova E.V. The influence of seasonal characteristics of milk composition on cheese suitability. *Cheesemaking and buttermaking*. 2010; (3): 28–31 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/mjbjcb>
40. O'Neill B.F. *et al.* Predicting grass dry matter intake, milk yield and milk fat and protein yield of spring calving grazing dairy cows during the grazing season. *Animal*. 2013; 7(8): 1379–1389. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000438>
41. Bernabucci U. *et al.* Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2015; 98(3): 1815–1827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788>
42. Ostroumov L.A., Shakhmatov R.A., Kurbanova M.G. Investigation of seasonal changes in fractional composition of milk proteins. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2011; (1): 36a–41 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/ndtdav>
43. Safonov E.A. The influence of the season on the fractional composition of whole milk proteins. *Ideas of young scientists for the agro-industrial complex. Proceedings of the student scientific conference of the Institute of Veterinary Medicine*. Troitsk: South Ural State Agrarian University. 2019; 302–307 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hfwvaj>
44. Lariyonov G.A., Egorova K.D. Chemical composition of cow’s milk in autumn and winter period. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2021; (3): 274–279 (in Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.san.hyg.ecol.202103006>
45. Shishkina T.V. Impact of calving season on cow productivity. *Surskiy vestnik*. 2020; (4): 54–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/epdbxy>

46. Кудрявцева Е.Н., Толстова Д.А. Изменение состава и свойств молока коров за счет регулирования уровня жира в их рационах. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2018; 20: 181–184. <https://www.elibrary.ru/pgxnvw>

47. Зайцев С.Ю., Колесник Н.С., Боголюбова Н.В. Особенности аминокислотного состава молока коров в зависимости от времени года. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 255: 160–168. <https://www.elibrary.ru/kcsdle>

48. Марьясов А.Н., Казанцева Е.С. Влияние технологии доения на качественный состав молока. *Молодежь и наука*. 2019; (1): 22. <https://www.elibrary.ru/vxigsu>

49. Симонов Г.А., Никифоров В.Е., Сереброва И.С., Иванова Д.А., Филиппова О.Б. Влияние роботизированного доения на качество молока. *Наука в Центральной России*. 2020; (2): 117–124. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2020-2-117-124>

50. Мазоло Н.В., Гуйван В.В. Влияние условий содержания коров на их продуктивность и качество молока. *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2021; 57(1): 94–98. <https://www.elibrary.ru/bzbxdx>

46. Kudryavtseva E.N., Tolstova D.A. Changing the composition and properties of cows' milk by regulating the level of fat in their diets. *Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktii selskogo khozyaystva*. 2018; 20: 181–184 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/pgxnvw>

47. Zaitsev S.Yu., Kolesnik N.S., Bogolyubova N.V. Features of the amino acid composition of cow's milk depending on the season. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2023; 255: 160–168 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/kcsdle>

48. Maryasov A.N., Kazantseva E.S. Influence of milking technology on the qualitative composition of milk. *Youth and science*. 2019; (1): 22 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/vxigsu>

49. Simonov G.A., Nikiforov V.E., Serebrova I.S., Ivanova D.A., Filippova O.B. Influence of robotized milking on quality of cow milk. *Science in the Central Russia*. 2020; (2): 117–124 (in Russian). <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2020-2-117-124>

50. Mazolo N.V., Guivan V.V. The influence of the conditions of keeping cows on their productivity and milk quality. *Scientific notes of the educational institution «Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine»*. 2021; 57(1): 94–98 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bzbxdx>

ОБ АВТОРАХ

Екатерина Владиславовна Серба

младший научный сотрудник
e_serba@vnimi.org
<https://orcid.org/0009-0004-4411-527X>

Елена Анатольевна Юрова

кандидат технических наук, заведующая лабораторией
технохимического контроля
e_yurova@vnimi.org
<https://orcid.org/0000-0003-3369-5673>

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности (ВНИМИ),
ул. Люсиновская, 35, корп. 7, Москва, 115093, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Vladislavovna Serba

Junior Research Assistant
e_serba@vnimi.org
<https://orcid.org/0009-0004-4411-527X>

Elena Anatolyevna Yurova

Candidate of Technical Sciences, Head
of the Laboratory of Technochemical Control
e_yurova@vnimi.org
<https://orcid.org/0000-0003-3369-5673>

All-Russian Scientific Research Institute of Dairy Industry (VNIMI),
35 Lyusinovskaya Str., 7 building, Moscow, 115093, 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

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



23-25 ОКТЯБРЯ 2024 г

ФЕДЕРАЛЬНАЯ ТЕРРИТОРИЯ «СИРИУС»

VE ASIA EXPO | 2024

II Международный сельскохозяйственный конгресс ASIAEXPO



Мероприятие организовано при государственной поддержке в интересах российского аграрного бизнеса

50 стран-участниц

76 000 м² выставочного пространства

350 ведущих компаний отрасли

300 экспертов-практиков

10 000 целевой аудитории

Комьюнити гарантов продовольственной безопасности - стань одним из нас!

АЗИЯЭКСПО - открываем мир возможностей!

