

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

12
2023



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



СОБЫТИЕ

Юбилейная выставка
«АГРОС-2024»: 5 лет
успешного развития
на благо отрасли

38

ВЕТЕРИНАРИЯ

Изменение клеточного
состава крови у лошадей
при острой форме
ламинита

53

АГРОНОМИЯ

Влияние элементов
структуры урожая на
семенную продуктивность
коллекционных образцов сои

108



XXXII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2024



10-12 АПРЕЛЯ 2024

Конгресс-холл
Крокус Экспо.
Москва

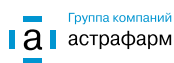
ОБУЧЕНИЕ
ОТНОВ
ОБЩЕНИЕ



18+



www.vetcongress.ru
infosupport@vetcongress.ru
+7 (495) 989 44 60



ДИАЛОГ

Международная премия
за развитие коммуникаций в сфере АПК

НОМИНАЦИИ

НАУЧНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

по версии журнала «Аграрная наука» по итогам 2023 года

- Лучший научный коллектив по специальности «ветеринария»
- Лучший научный коллектив по специальности «зоотехния»
- Лучший научный коллектив по специальности «агрономия»
- Лучший научный коллектив по специальности «агроинженерия и пищевые технологии»
- Международное научное сотрудничество
- Педагог и наставник
- Молодой ученый

ДИАЛОГ ГОСУДАРСТВА И ОТРАСЛИ

МЕЖОТРАСЛЕВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

БИЗНЕС-КОММУНИКАЦИИ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Церемония награждения лауреатов

Дата: 24 января 2024 г.

Время: 12:30–13:00

Место: Форум №2, выставочный зал 14,
павильон №3 МВЦ «Крокус Экспо»

ПОДРОБНОСТИ



Организатор:

ИД «Аграрная наука»

Контакты:

Оргкомитет: + 7 (968) 934-91-42

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

agrovetpress@inbox.ru



**АГРАРНАЯ
НАУКА**
AGRARIAN
SCIENCE
ISSN 0869-8135 (Print)
ISSN 2686-701X (Online)

12 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 377, номер 12, 2023

Volume 377, number 12, 2023

ISSN 0869-8155 (print)

ISSN 2686-701X (online)

© журнал «Аграрная наука»

© авторы

DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

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

Шеф-редактор Костромичева И.В.

Научный редактор Долгая М.Н.

Дизайн и верстка Антонов С.Н.

Корректор Кузнецова Г.М.

Библиограф Нерозник Д.С.

Журналист Седова Ю.Г.

Юридический адрес: 107053, РФ, г. Москва,

ул. Садовая-Спасская, д. 20

Почтовый адрес: 109147, РФ, г. Москва,

ул. Марксистская, д. 3, стр. 2

Тел. редакции +7 (968) 934-91-42

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agranayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

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

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

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

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

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

Подписной индекс «УралПресс».

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

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.

Подписано в печать 18.12.2023

Дата выхода в свет 25.12.2023

Отпечатано в типографии ООО «Объединенный полиграфический комплекс»:

115114, г. Москва, Дербеневская наб.,

д. 7, стр. 2, эт. 2, пом. I, к. 3-4.

Тел. +7 (499) 130-60-19,

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

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

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

Издатель:

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

Главный редактор:

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

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

16+

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

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

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

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

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

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

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

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

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

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

Козыменко 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.

12 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 377, номер 12, 2023
Volume 377, number 12, 2023

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

© journal «Agrarian science»
© authors

DOI журнала 10.32634/0869-8155

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

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

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

Founder: Limited liability company
“VIC Animal Health”

Senior editor Kostromicheva I.V.

Executive editor Dolgaya M.N.

Design and layout Antonov S.N.

Proofreader Kuznetsova G.M.

Bibliographer Neroznik D.S.

Journalist Sedova Yu.G.

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

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

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

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

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

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

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

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

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 18.12.2023
Release date 25.12.2023

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

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

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

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

Publisher:

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

Editor-in-chief:

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

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

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

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

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

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

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

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

AGRONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ..... 12

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Три вопроса эксперту. Вредители зерновых культур в осенний период.....	13	
Цифровизация АПК: задачи, перспективы, решения	14	
Выход в топ-5 мировых экспортеров свинины — главный стратегический вызов для отечественных свиноводов	16	
Применение блокчейна в сельском хозяйстве	18	
Россия обладает значительным потенциалом в экспорте агропродукции	21	
Апробация новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных на отличимость, однородность, стабильность и устойчивость к заболеваниям будет проводиться в Евразийском экономическом союзе по единым методикам	22	
Внедрение пробиотиков в индустриальное птицеводство и животноводство в качестве эволюционно-биологического элемента природоподобных технологий	25	
Новинка для козоводства: ЗЦМ для выпойки козлят «Биолактис»	28	
Развитие органического земледелия как фактор укрепления продовольственной безопасности.....	30	
Почему именно соя: «Таргет Агро» о новых возможностях российских фермеров.....	32	
ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ — уникальная система обработки семян для полноценного азотного питания сои и подавления комплекса грибных и бактериальных патогенов	34	

ОБРАЗОВАНИЕ

Стартапы — вектор развития университета	36	
---	----	---

ИНТЕРВЬЮ

Юбилейная выставка «АГРОС-2024»: пять лет успешного развития на благо отрасли	38	
---	----	---

ВЕТЕРИНАРИЯ

Филимонова А.Д., Шабейкин А.А., Лаишевцев А.И. Проблема антибиотикорезистентности при терапии мелких домашних животных по данным лабораторных исследований в Московском мегаполисе за I полугодие 2023 года.....	40
Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. Эпизоотическая ситуация по бактериальной почечной болезни (ВКД)	46
Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А. Изменение клеточного состава крови у лошадей при острой форме ламинита	53
Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербаков П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В. Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состоянием биостимулятором антигена направленного действия	58

ЗООТЕХНИЯ

Сермягин А.А., Боголюбова Н.В., Белоус А.А., Петрякова Г.К., Елаткин Н.П., Зиновьева Н.А. Показатели мясной продуктивности, эффективности использования корма и химического состава мяса бычков абердин-ангусской породы	67
Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы	74
Кошкина О.А., Денискова Т.Е., Зиновьева Н.А. Разработка и апробация тест-системы определения полиморфизма генов <i>DGKH</i> и <i>PPP1R1C</i> , ассоциированных с живой массой овец.....	80
Связляк Г.А., Попов В.С., Наумов Н.М. Научно-практические аспекты разработки кормовой добавки	85
Buryakov N.P., Buryakova M.A., Shapovalov S.O., Kornilova E.V., Palamarchuk D.V., Zhuravlev A.E., Hatem Saleh, Donets R.A., Altukhov T.D. Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed	90

АГРОНОМИЯ

Chongera A., Mamadou B., Nyambose J., Basakin M.P., Rebukh N.Ya., Vvedensky V.V. Effect of chemical plant protection products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia.....	95
Бычкова В.В., Кибальник О.П., Сазонова И.А., Каменева О.Б. Влияние метеорологических условий года на биохимический состав зерна сорго.....	102
Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Влияние элементов структуры урожая на семенную продуктивность коллекционных образцов сои.....	108
Кириллова Н.И., Дегтярева И.А. Показатели тест-растения при обработке модифицированными биофунгицидами	114
Острошенко В.Ю., Шейн М.Н., Острошенко Л.Ю. Пролонгированное влияние стимуляторов на рост трехлетних сеянцев кедра корейского (<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.)	118
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	124
Казахмедов Р.Э., Петров В.С., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И. Новые научно-методические подходы к закладке корнесобственных насаждений винограда	129

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мурадян Ж.Ю., Албулов А.И., Рогов Р.В. Совершенствование технологии получения низкомолекулярного хитозана в условиях регулируемого ферментативного расщепления	138
Кений Н.В., Варивода А.А., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания	143
Баженова А.Е. Микробиологические факторы обеспечения сохранности кондитерских изделий пенообразной структуры.....	151



CONTENTS

NEWS 12

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Three questions for the expert. Pests of grain crops in autumn.....	13	
Digitalization of the agro-industrial complex: tasks, prospects, solutions.....	14	
Reaching the top 5 global pork exporters is the main strategic challenge for domestic pig farmers.....	16	
Application of blockchain in agriculture	18	
Russia has significant potential in the export of agricultural products.....	21	
Testing of new breeds, types, lines and crosses of farm animals for distinctiveness, uniformity, stability and disease resistance will be carried out in the Eurasian Economic Union using uniform methods.....	22	
Introduction of probiotics into industrial poultry and livestock farming as an evolutionary-biological element of nature-like technologies.....	25	
New for goat breeding: milk replacer for feeding goat kids "Biolactis".....	28	
Development of organic farming as a factor in strengthening food security.....	30	
Why soybeans: Target Agro about new opportunities for Russian farmers.....	32	
HIGHCOAT® TURBO SOYBEAN – the unique seed treatment system for complete nitrogen nutrition of soybeans and suppression of a complex of fungal and bacterial pathogens	34	

EDUCATION

Startups are the vector for the development of the university	36	
---	----	---

INTERVIEW

Anniversary exhibition AGROS-2024: five years of successful development for the benefit of the industry.....	38	
--	----	---

VETERINARY MEDICINE

<i>Filimonova A.D., Shabaykin A.A., Laishvisev A.I.</i> The problem of antibiotic resistance in the treatment of small domestic animals according to laboratory research data in the Moscow metropolis for the first half of 2023.....	40
<i>Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A.</i> Epizootic situation of bacterial kidney disease (BKD)	46
<i>Nefedov A.M., Lutsai V.I., Kontsevaya S.Yu., Rudenko A.A.</i> Changes in the cellular composition of blood in horses in the acute form of laminitis.....	53
<i>Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N., Derkho A.O., Stepanova K.V.</i> Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator	58

ZOOTECHNICS

<i>Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A.</i> Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls	67
<i>Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S.</i> The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows	74
<i>Koshkina O.A., Denisikova T.E., Zinovieva N.A.</i> Development and validation of a test system for determining the polymorphism in the <i>DGKH</i> and <i>PPP1R1C</i> genes associated with body weight of sheep	80
<i>Svazlyan G.A., Popov V.S., Naumov N.M.</i> Scientific and practical aspects of the development of feed additives.....	85
<i>Buryakov N.P., Buryakova M.A., Shapovalov S.O., Kornilova E.V., Palamarchuk D.V., Zhuravlev A.E., Hatem Saleh, Donets R.A., Altukhov T.D.</i> Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed	90

AGRONOMY

<i>Congera A., Mamadou B., Nyambose J., Basakin M.P., Rebukh N.Ya., Vvedensky V.V.</i> Effect of chemical plant protection products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia.....	95
<i>Bychkova V.V., Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Kameneva O.B.</i> Influence of meteorological conditions of the year on the biochemical composition of sorghum grain	102
<i>Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V.</i> The influence of crop structure elements on the seed productivity of soybean collection samples	108
<i>Kirillova N.I., Degtyareva I.A.</i> Test-plant characteristics using modified biofungicides treatment	114
<i>Ostroshenko V.Yu., Shein M.N., Ostroshenko L.Yu.</i> The prolonged influence of stimulants on the growth of three-year-old Korean pine (<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.) seedlings.....	118
<i>Safina R.R., Okunev R.V., Rakhmanova G.F., Garafutdinova K.R.</i> The content of amino acids in tomato plants when using the preparations "Monosodium Glutamate" and "Aminozol" in conditions of salt stress	124
<i>Kazakhmedov R.E., Petrov V.S., Agakhanov A.H., Abdullayeva T.I.</i> New scientific and methodological approaches to the laying of root-related plantings of grapes.....	129

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

<i>Muradyan Zh.Yu., Albulov A.I., Rogov R.V.</i> Improving the technology for obtaining low-molecular chitosan under conditions of controlled enzymatic cleavage.....	138
<i>Keniyz N.V., Varivoda A.A., Rebezov M.B.</i> Development of scientifically based approaches to the design of specialized food products for gerodietetic nutrition	143
<i>Bazhenova A.E.</i> Microbiological factors for ensuring the safety of confectionery products of a foamy structure	151



ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ, ПОДПИСЧИКИ, АВТОРЫ, РЕЦЕНЗЕНТЫ, ПАРТНЕРЫ, КОЛЛЕГИ И ДРУЗЬЯ ЖУРНАЛА «АГРАРНАЯ НАУКА»!

От всего сердца поздравляю вас с наступающим Новым годом и искренне благодарю за работу по развитию отечественной аграрной науки.

Пусть 2024 год станет годом новых ярких открытий, свершений, продолжения и успешного завершения начатых в этом году проектов. Компетентность, профессионализм, высокая самоорганизация, цельность, последовательность и максимальная вовлеченность в решение поставленных задач пусть будут верными союзниками всех коллег и партнеров из научной, образовательной и деловой сфер АПК в наступающем году.

Желаю каждому из вас и вашим близким крепкого здоровья, душевной гармонии и благополучия во всех делах, чудесного праздничного настроения, приятных подарков и счастливых часов, проведенных с дорогими людьми! А нам, редакции журнала «Аграрная наука», желаю продолжать выпускать журнал, который будет по-прежнему востребован на рынке, будет нужен читателям и незаменим для авторов.

С наступающим Новым годом!

*Главный редактор журнала
«Аграрная наука» Б.В. Виолин*





АО «ГЦВ»



Уважаемые партнеры, дорогие друзья!

Поздравляем вас с Новым годом и Рождеством! От всей души благодарим за плодотворное сотрудничество в уходящем году.

Желаем, чтобы будущее, которое мы создаем вместе с вами, было прекрасным и благополучным. Пусть год откроет новые горизонты, а накопленный опыт позволит реализовать любые замыслы и задачи!

*Генеральный директор АО «ГЦВ»
М.Г. Максимчук*

НПП «АВИВАК»



Дорогие друзья, коллеги и партнеры!

От всей души поздравляем вас и ваш коллектив с Новым годом и Рождеством!

Искренне желаем крепкого здоровья, неисчерпаемой энергии, плодотворной работы, творческих успехов, неиссякаемого оптимизма, процветания и благополучия!

Желаем, чтобы наступающий год стал для вас годом мира и финансовой стабильности!

*С наилучшими пожеланиями,
коллектив НПП «АВИВАК»*



ООО «АГРОВИТ»

Уважаемые коллеги, дорогие друзья!

Примите сердечные поздравления с наступающим Новым годом и Рождеством от коллектива производственной компании «Агровит»!

Пусть этот год будет наполнен только счастливыми событиями и добрыми новостями, принесет удачу и стабильность, научит смело принимать все вызовы времени!

Пусть продукция нашей компании послужит надежным инструментом для успешного сельхозпроизводства, выгодного ведения личного подсобного хозяйства, укрепления российского фермерства!

Желаем вам крепкого здоровья и процветания, новых возможностей и перспектив, мира и семейного благополучия в новом году!

*Директор ООО «Агровит»
М.Е. Федотов*



**ВИАПИ ИМ. А.А. НИКОНОВА —
ФИЛИАЛ ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ**



Уважаемые коллеги!

От всей души поздравляю вас с наступающим Новым годом!

Мы уверены, что новый год станет годом дальнейшего обновления и продолжения начатых дел. Самые смелые идеи и начинания обязательно принесут практически результаты. Настойчивость, последовательность, профессионализм и, безусловно, ответственность в решении поставленных задач станут главными составляющими успеха наступающего года.

Желаем каждому из вас доброго здоровья, стабильности, согласия и благополучия, исполнения самых заветных желаний, а также счастливых новогодних дней, согретых теплом семейного очага.

Пусть новый год принесет в дом каждого из нас радость и благополучие, пусть еще краше и богаче станет наш общий дом — Россия!

*Руководитель ВИАПИ им. А.А. Никонова —
филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ —
академик РАН А.В. Петриков*

**АЛТАЙСКИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ЗАВОДЫ «АЛМАЗ»**



Уважаемые коллеги и партнеры!

Поздравляем вас с наступающим Новым годом и Рождеством!

Грядет один из самых желанных праздников в году, который способен воплощать в реальность любые мечты и желания. Он очаровывает нас своей красотой, ледяной роскошью и мерцанием снежного хрусталя. Именно в такое волшебное время желаем исполнения всех намеченных планов, неиссякаемой силы духа и достижения самых дерзких целей!

Впереди нас всех ждет много новой и интересной работы! Так пусть грядущий год станет еще более богатым и щедрым, пусть погода благоприятствует, удача помогает, а каждый день проходит под лучами успеха!

Желаем с легкостью преодолевать все преграды, больше вдохновения, радости от проделанной работы, достатка и благополучия!

Крепкого здоровья и счастья, мира и неиссякаемой жизненной энергии вам и вашим близким!

*С наилучшими пожеланиями,
коллектив Алтайских
машиностроительных заводов*



ООО НПК «БИОТЕХ»

**Уважаемые коллеги, поздравляю
вас с Новым годом!**



Желаю, чтобы Новый год был так же продуктивен, как и год уходящий. Пусть каждый воплотит в жизнь свою самую гениальную идею. Крепкого вам здоровья, хорошего настроения и прекрасных праздников в кругу родных и близких. Блага и мира вашим домам.

*Генеральный директор ООО НПК «БИОТЕХ»
В.С. Яковлева*

ООО «ДОЗА-АГРО»



Уважаемые коллеги и партнеры!

От всей души поздравляем вас с наступающим Новым годом и Рождеством!

Пусть наступающий год станет временем добрых свершений, созидательного труда на благо нашей Родины, принесет удачу и стабильность! Желаем вам и вашим близким крепкого здоровья, душевного спокойствия и уверенности в завтрашнем дне!

Коллектив ООО «Доза-Агро»

«ЩЕЛКОВО АГРОХИМ»



Уважаемые коллеги, партнеры, дорогие друзья!

Примите самые искренние поздравления с наступающим Новым годом и Рождеством!

Работа с профессионалами — это ценный опыт, что является залогом успеха в любом деле. Мы вместе стремимся вверх, идем в одном направлении и ставим высокую планку, которую каждый год преодолеваем благодаря сплоченной работе.

Крепкого здоровья вам и дорогим для вас людям, терпения, счастья, благополучия, успехов в делах, надежных партнеров, хорошей рыночной конъюнктуры, научных достижений, роста и процветания!

Пусть следующий год станет стартовой площадкой для новых взлетов, достижений, открытий и побед, а компания «Щелково Агрохим» будет рядом с вами как добрый и надежный друг. Всего наилучшего в новом году!

*С уважением,
генеральный директор «Щелково Агрохим»
С.Д. Каракотов*

ФГБНУ РосНИИСК «РОССОРГО»



Дорогие друзья, коллеги и партнеры!
Примите искренние поздравления с Новым годом!

Желаем, чтобы новый год стал прекрасным шансом для достижения поставленных целей и отличной возможностью продолжить свои успешные проекты! Пусть в наступающем году начнется новый этап в вашей деятельности и будет во всех сферах знаковым периодом, временем перемен к лучшему!

Успехов, надежных партнеров, крепкого здоровья, счастья и семейного благополучия.

С Новым годом!

Коллектив ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»



ООО «КОУДАЙС МКОРМА»



Уважаемые коллеги, дорогие друзья и партнеры!

В преддверии нового года мы подводим итоги минувших 12 месяцев и ставим амбициозные цели на будущее.

2023 год принес немало вызовов и сложностей. Однако мы с честью прошли все испытания, оперативно скорректировали логистические цепочки и перестроили бизнес-процессы в соответствии с актуальной геополитической ситуацией. Кроме того, спровоцированные внешними факторами изменения были использованы для усиления бизнеса и оптимизации процессов. Появились и новые ниши, которые активно заполняются отечественными производителями.

Пусть уходящий год, который принес всем нам бесценный опыт, станет еще одним этапом на пути к достижению новых высот и лучших результатов в бизнесе. Желаем вам крепкого здоровья, благополучия, удачи и исполнения желаний!

*Генеральный директор ООО «Коудайс МКорма»
Т.М. Мударисов*



ГК «ШАНС»

Дорогие друзья!

От души поздравляю вас с наступающим 2024 годом!

Пусть новый год будет наполнен яркими событиями, успешными проектами и новыми впечатлениями.

Желаю вам и вашим близким здоровья, счастья и благополучия!

*С уважением и наилучшими пожеланиями,
президент ГК «Шанс» М.Н. Джавадов*



ООО «РЕГИОНКОРМА»



Уважаемые коллеги, партнеры и друзья!

От имени компании «РегионКорма» примите искренние поздравления с наступающими Новым годом и Рождеством!

Мы всегда с надеждой и радостью встречаем эти замечательные праздники, связываем с ними светлые чувства, ждем исполнения желаний.

В конце года мы традиционно подводим итоги, оцениваем достижения и строим планы на будущее.

Мы вступаем уверенно в следующий год, неся современные и эффективные решения в отрасль. В числе наших абсолютных приоритетов останется поддержка сельхозпроизводителей за счет разработки и внедрения новейших технологий кормления.

Убеждены, что наша вовлеченность, соединенная с менеджментом вашей фермы, принесет наилучшие результаты в следующем году!

Благополучия, стабильности, оптимизма вам и вашим близким в 2024 году!

Крепкого здоровья и отличного настроения!

ООО «РегионКорма»

«АГРОВЕТЗАЩИТА»



Уважаемые коллеги, партнеры и друзья!

Компания «Агроветзащита» поздравляет вас с новым 2024 годом!

Текущий год принес нашей индустрии колоссальные вызовы, но и открыл массу новых возможностей.

Сплоченная команда «АВЗ», вера в успех, высокий профессионализм сотрудников, честные и открытые отношения с партнерами всегда помогали и помогают реализовывать самые смелые планы и с уверенностью смотреть в будущее.

Желаем, чтобы новый год принес нам всем новые перспективы роста, процветания и успеха, самые интересные идеи стали проектами, самые сложные цели были достигнуты.

Пусть в ваших домах будет счастье, а в сердцах — живет любовь. Мира и добра вашим семьям!

Команда «АВЗ»

ООО «РАЦИОВЕТ»



Уважаемые коллеги, партнеры, друзья!

Коллектив компании «Рациовет» поздравляет вас с наступающим Новым годом и Рождеством!

Уходящий 2023 год был временем перемен, внедрений и испытаний. Мы сталкивались со множеством вызовами, но вместе с тем находили способы преодолевать трудности.

Новый год — время перемен, надежд и начинаний. Пусть он принесет вам много удивительных возможностей, успехов в делах и исполнения заветных желаний. Пусть каждый миг будет наполнен радостными моментами, любовью и незабываемыми впечатлениями.

В новом году мы будем рады продолжить поддерживать вас, предлагая новые решения для применения в различных сферах агропромышленного сектора. Рациональная ветеринария начинается с «Рациовет»!

С наилучшими пожеланиями в новом году,

коллектив компании «Рациовет»



ФГБОУ ВО ЧУВАШСКИЙ ГАУ



Уважаемые коллеги, партнеры, друзья!

От всей души поздравляю вас с наступающим 2024 годом и Рождеством!

В эти праздничные дни мы оцениваем итоги уходящего года, запечатлев в памяти его самые яркие страницы. Оглядываясь назад, понимаем, как важно объединять усилия в преодолении испытаний. Именно вместе, благодаря всеобщей сознательности, ответственности и взаимопомощи, мы способны победить любые невзгоды.

Новогодние торжества дарят нам радость и надежды на исполнение заветных желаний, пробуждают в сердцах добрые чувства. Мы находимся в ожидании светлых событий. Пусть новый год станет для каждого временем благополучия, принесет успех во всех начинаниях, здоровье, достаток и счастье в каждую семью!

Желаю всем добра и сердечного тепла!

*Ректор Чувашского государственного
аграрного университета А.Е. Макушев*



ООО «ЦИНТИВО»

Дорогие коллеги, поздравляем с наступающим 2024 годом!

Примите наши теплые и искренние поздравления! Пусть каждый из дней грядущего года будет отмечен исполнением желаний, непрекращающимся развитием и движением вперед, а также полон радостных встреч и новых знакомств. В новом году желаем вам больших амбиций и целей, покорения новых захватывающих высот в карьере и жизни, позитивного настроения и неисчерпаемого вдохновения. Пусть новый год принесет незабываемые эмоции, счастье, удачу и процветание. Проведите 2024 год в кругу близких людей, зарядитесь бесконечным источником жизненных сил, и все задуманное непременно сбудется!

Коллектив компании «ЦИНТИВО»



ГК «ЭФКО»



Уважаемые партнеры, коллеги и друзья!

Поздравляем вас с наступающим Новым годом!

Желаем встретить его полными сил, оптимизма, чтобы реализовать даже самые амбициозные мечты. Пусть наступающий год будет насыщен планами, вдохновением, творческими идеями и хорошими новостями, а каждое начинание встречает понимание и поддержку близких.

Успехов вам, здоровья, процветания и радости!

*Директор Дивизиона эффективных кормов
ГК «ЭФКО» И.Н. Первых*

ООО ПО «СИББИОФАРМ»



Уважаемые партнеры, коллеги и друзья!

Новый год — лучшее время для подведения итогов. Вспомним всё, что было хорошего в прошлом, и обязательно заберем с собой в будущее. Пусть в новом году вас ждут только счастье, любовь и радость. Пусть позитивная энергия накроет с головой нежным, мягким одеялом, а настоящая любовь встретит в своих теплых объятиях. Искренне желаем вам фейерверка радости, незабываемых минут рядом с лучшими людьми в вашей жизни, новых желанных встреч.

Пусть в новогоднюю ночь исполнятся самые заветные желания! Желаем, чтобы этот год стал по-настоящему счастливым, наполненным радостными событиями, новыми идеями, успешными проектами. Пусть в вашем доме царит атмосфера любви, мира и благополучия. Желаем крепкого здоровья, счастья и достатка, чтобы с легкостью суметь осуществить свои мечты!

*С наилучшими пожеланиями из Сибири,
коллектив ООО ПО «Сиббиофарм»*



ООО «СИНГЕНТА»



Дорогие коллеги, партнеры и друзья!

Поздравляю вас с наступающим Новым годом, с этим удивительно теплым праздником, который принято встречать в кругу семьи и друзей!

Компания «Сингента» рада работать с вами. Вместе мы выращиваем отличные урожаи, развиваем российский агро-сектор и достигаем новых рекордов. Сотрудники компании всегда ищут лучшие современные технологии и готовы оказать экспертную помощь на любом этапе производства.

Желаю вам хорошо отдохнуть, чтобы получить заряд энергии для новых идей, смелых решений и амбициозных целей. Пусть новый, 2024 год станет щедрым на урожаи, а всё начатое в уходящем году оправдает вложенные усилия и приведет к большому успеху!

*С наилучшими пожеланиями,
генеральный директор компании «Сингента»
К.А. Бельдюшкин*

«КОДЖЕНТ РУС»



Уважаемые партнеры, дорогие коллеги и друзья!

Компания «Коджент Рус» поздравляет вас и ваших близких с Новым годом и Рождеством Христовым!

Желаем вам удачного, перспективного, прибыльного и продуктивного года.

Пусть грядущий год идет под знаменем больших побед для вас и вашего дела.

Желаем вам свежих сил для новых свершений, успехов в профессиональной деятельности, благосостояния, верных соратников и надежных партнеров.

Мы уверены, что открытость и доверие, которые сложились между нашими компаниями, помогут всем нам достичь еще большего успеха и процветания в будущем году!

С новым, 2024 годом!

С уважением, команда «Коджент Рус»



ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»



Дорогие друзья!

Подводя итоги уходящего 2023 года, хочу выразить благодарность каждому сотруднику, студенту и выпускнику, а также партнерам за вклад в развитие нашей alma mater.

В этом году университет отметил важную дату в своей истории — 215-летие! История университета неотделима от истории страны, становления и развития системы ветеринарного образования. Соблюдая традиции, сегодня вуз является инновационным центром для разработки и тиражирования новых технологий и практик в сфере ветеринарии, биологии и аквакультуре, формирует передовые научные школы. Желаю всем нам в новом году достижения поставленных целей и эффективных результатов!

*С уважением, ректор
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»
д.в.н., профессор, член-корреспондент РАН К.В. Племяшов*

ООО «НОВАЯ ГРУППА»



Уважаемые коллеги и партнеры!

Поздравляем вас с наступающим новым, 2024 годом!

Пусть он станет для вас годом развития, профессионального роста и уверенности в завтрашнем дне! Желаем успехов в работе, надежных партнеров, удачного старта всем вашим проектам и начинаниям!

Желаем крепкого здоровья, благополучия и процветания вам и вашим близким!

Коллектив ООО «Новая Группа»



КАБМИН ПРОДЛИЛ КВОТЫ НА ВЫВОЗ ИЗ РОССИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Как сообщает ИА ТАСС, Правительство РФ продлило квоты на вывоз из России минеральных удобрений до 31.05.2024. Постановление подписал премьер-министр РФ Михаил Мишустин (документ есть в распоряжении информагентства).

В сообщении отмечается, что это решение направлено на поддержание достаточных объемов удобрений на внутреннем рынке. Общий объем экспортной квоты составит порядка 17 млн т, в том числе на азотные удобрения — 9,8 млн т, на сложные удобрения — более 7,1 млн т. Квоты не будут распространяться на поставку удобрений в Абхазию и Южную Осетию.

ТАСС уточняет, что аналогичные меры Правительство РФ приняло в мае текущего года, когда были установлены нетарифные ограничения, действующие с 1 июня по 30 ноября 2023 года. Их объем составил 16,3 млн т.

В РОССИИ ЗАКРЕПЛЯЮТСЯ ЗАКОНОМ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОДУКЦИИ ПЧЕЛОВОДСТВА

Совет Федерации одобрил на пленарном заседании закон, уточняющий понятие «продукция пчеловодства», направленный на борьбу с фальсифицированным медом, сообщает ТАСС, отмечая, что поправки вносятся в закон «О пчеловодстве в Российской Федерации». Документ закрепляет в том числе необходимость обеспечения качества и безопасности продукции пчеловодства. Согласно закону к ней будет относиться продукция, определенная не только в соответствии с общероссийским классификатором продукции, как это предусмотрено сейчас, но и в соответствии с техническими регламентами и документами по стандартизации. Кроме того, закон устанавливает, что обеспечение качества и безопасности продукции пчеловодства осуществляется наряду с российским законодательством актами, составляющими право Евразийского экономического союза.

Один из авторов инициативы, первый заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Сергей Митин, сделав акцент на отсутствии в базовом законе четкого определения меда и его качественных характеристик, отметил, что закон дает возможность через межгосударственные и национальные стандарты определить эти характеристики, тем самым прекратив большой выпуск фальсифицированного меда. По его словам, данный вопрос рассматривался на специальной правительственной комиссии по борьбе с контрафактной продукцией, где было принято поручение Росстандарту разработать необходимые изменения в межгосударственные стандарты с точки зрения определения позиции, что такое мед, и национальные стандарты определения качественных характеристик и их контроля. Учитывая, что закон вступает в действие с 01.09.2024, до этого момента Росстандарт необходимые изменения в стандарты внесет, заключил парламентарий.

Спикер верхней палаты российского парламента Валентина Матвиенко призвала сенаторов держать этот вопрос на контроле.

ЛИПЕЦКИЕ САДОВОДЫ СОБРАЛИ РЕКОРДНЫЙ УРОЖАЙ ЯБЛОК

Сбор урожая яблок в Липецкой области завершен. В этом году в организованном секторе производства получено 80 тыс. т (45 тыс. т уже заложено на хранение). Об этом сообщили в региональном Управлении сельского хозяйства.

В сообщении отмечено, что данный — рекордный — показатель позволил области войти в топ-5 регионов России по производству яблок.

Как уточнили в Управлении, в 2022 году местные садоводы собрали 54 тыс. т яблок, а вот в 2021 году был собран хороший урожай семечковых (тогда в организованном секторе производства их было получено 74,6 тыс. т).

По данным ведомства, производством яблок в области занимаются расположенные в 9 районах 13 специализированных садоводческих хозяйств. В них выращивается свыше 80 сортов яблок, причем более 90% от общеобластного объема товарного производства яблок приходится на два крупнейших садоводческих хозяйства, расположенных в Лебедянском районе. Яблоневыми садами в организованном секторе производства занято 6,2 тыс. га. Почти половина из них — сады интенсивного типа. Замена высокорослых, экстенсивных насаждений яблони на интенсивные низкорослые сады ведется для повышения объемов производства — в таких садах собирают не менее 300–400 ц/га яблок. Ежегодно в регионе получают 50–70 тыс. т плодов. Площади под садами интенсивного типа увеличиваются. В ближайшие годы садоводы в организованном секторе производства планируют собирать не менее 100 тыс. т яблок. Общий объем плодохранилищ в регионе уже составляет свыше 70 тыс. т.



ДОНГАУ — В ТОП-10 АГРАРНЫХ ВУЗОВ РОССИИ

По итогам обнародованного Министерством сельского хозяйства РФ ежегодного рейтинга подведомственных вузов, Донской государственный аграрный университет занимает 7-е место (в рейтинге 2023 года), поднявшись по сравнению с прошлым годом на 10 позиций, сообщили в ДонГАУ.

В университете отметили, что оценка эффективности деятельности аграрных вузов России проводилась по 7 основным направлениям, в их числе — международная, образовательная, научно-исследовательская деятельность и воспитательная работа.

В сводном Национальном рейтинге университетов группы «Интерфакс» за 2023 год ДонГАУ занимает 10-е место среди аграрных университетов и входит в первую пятерку в категории «Социализация», а в обнародованных в мае текущего года агентством RAEX предметных рейтингах вузов, впервые составленным по таким предметным областям, как «Сельское хозяйство» и «Ветеринария и зоотехния», университет вошел в число лучших вузов России по обоим направлениям.

Подпишитесь
на наш
Telegram-канал!



ВРЕДИТЕЛИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ОСЕННИЙ ПЕРИОД



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет рубрику «Три вопроса эксперту». Продакт-менеджер ГК «Шанс» Павел Карайев — о вредителях зерновых культур в осенний период.



1 Чем озимые зерновые культуры отличаются от яровых? Как их особенности влияют на поражаемость болезнями и вредителями?

Озимые зерновые культуры имеют ряд важнейших преимуществ перед яровыми. Урожайность озимых в среднем на 5–10 ц/га выше, чем у яровых, они высеваются в конце лета — начале осени, что позволяет снизить напряженность весенних полевых работ. Еще одним преимуществом озимых является то, что они намного лучше и продуктивнее используют весеннюю почвенную влагу за счет хорошо сформировавшейся к весне мощной корневой системы, и, соответственно, посевы озимых меньше страдают от недостатка влаги в весенний период.

Озимые зерновые культуры наиболее уязвимы в начальный период вегетации. Неблагоприятные погодные условия, высокий прессинг болезней и вредителей в осенний период способны сильно ослабить посевы и ухудшить перезимовку, что приведет к значительным потерям урожайности. Из-за более затяжного теплого периода осенью вредители дольше сохраняют свою активность и наносят больший вред. Более теплые зимы улучшают перезимовку вредителей и способствуют их миграции с южных в северные регионы, изменяя ареал обитания.

2 Какие наиболее опасные вредители озимых существуют на территории РФ?

Основные вредители:

Фото	Описание / меры борьбы	ЭПВ
Хлебная жужелица (<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze)		
	Жук-вредитель питается наливающимися зерновками пшеницы и ячменя, позже частично «вымолачивает» зерно из колосов. Наибольшую опасность представляют личинки хлебной жужелицы, питающиеся листьями озимых зерновых. Всего 15 личинок третьего возраста на 1 м ² уничтожат до 85% растений. Меры борьбы: соблюдение севооборотов. Химический метод: инсектицидные протравители и инсектициды, применяемые по вегетации.	От 0,5 личинки третьего возраста на 1 м ² до 5 жуков первого возраста на 1 м ² .
		
Гессенская муха (<i>Mayetiola destructor</i> Say)		
	Гессенская муха обладает высокой плодовитостью (до 300 яиц). Самки откладывают яйца у основания листа, отродившиеся личинки внедряются в пазухи листа и стебель, где питаются тканями растения. Меры борьбы: агротехнические — борьба со злаковыми сорняками, глубокая обработка почвы; химические — применение инсектицидных протравителей или инсектицидов по вегетации культуры.	Учет проводится в начальные фазы роста растений (всходы — кушение); 3–5 комариков на 10 взмахов сачком (или 5–10% поврежденных стеблей).
Шведские мухи (овсяная шведская муха — <i>Oscinella frit</i> L., ячменная шведская муха — <i>O. pusilla</i> Meigen)		
	Ячменная и овсяная шведские мухи очень похожи между собой, отличаются по форме усиков и окраске ног. Личинки длиной до 4,5 мм прозрачные или желтоватого оттенка. За сезон способны развиваться до 5 генераций. Меры борьбы: химический — применение инсектицидных протравителей или инсектицидов по вегетации культуры.	Яровая пшеница — 1–2 мухи на 10 взмахов сачком, ячмень на фураж — 2–2,5 мухи на 10 взмахов сачком, ячмень пивоваренный — 1–2 мухи на 10 взмахов сачком, озимая пшеница «всходы — кушение» — 3–5 мух на 10 взмахов сачком (или 5–10% поврежденных стеблей).
Зимний зерновой (или красноногий) клещ (<i>Penthaeus major</i> Duges)		
	Повреждает все виды зерновых культур, а также злаковые травы. Клещ разрывает эпидермис листьев и питается клеточным соком растений. Меры борьбы: необходимо соблюдать севооборот. Химические меры: применение инсектицидов на основе фосфорорганических соединений и некоторых пиретроидов дает эффективность до 80%, также возможно применение акарицидов.	Учет проводится в фазах «полные всходы» — «начало кушения». ЭПВ — 5 клещей на один лист (или 10% растений, изменивших окраску).

3 Как сократить потери урожайности озимых зерновых от этих вредителей?

Самое главное в борьбе за урожай — помнить, что важно не решать проблему, а постараться не допустить ее появления. Скрытно живущие вредители могут долгое время оставаться незамеченными, а результат их деятельности становится заметным, когда посевам причинен значительный ущерб. Именно поэтому применение инсектицидных протравителей для озимых культур — это незаменимый элемент технологии защиты посевов, который позволит обеспечить безопасность культуры в самые важные ранние фазы роста и развития культур, а наблюдение за посевами и проведение учета вредителей позволят не допустить роста численности вредных объектов и минимизировать ущерб от них, применив инсектициды.

ГК «Шанс» предлагает уже доказавшие свою высокую эффективность инсектицидные протравители «Имидашанс-С, КС», содержащий 600 г/л имидаклоприда, и «Кругозор, КС», содержащий 600 г/л тиаметоксама. Эти препараты уберегут посевы озимых зерновых от хлебной жужелицы, внутрестеблевых мух и многих других вредителей, а инсектофунгицидный протравитель «Шансометокс Трио, КС», содержащий 262,5 г/л тиаметоксама + 25 г/л дифеноконазола + 25 г/л флудиоксонил, не только защитит от вредителей, но и предотвратит появление и развитие болезней.

Помимо этого, в ассортименте ГК «Шанс» есть 7 инсектицидов, предназначенных для озимых зерновых культур. Многообразие действующих веществ в составе препаратов обеспечит защиту посевов против самых злостных вредителей.

В следующем номере:
«Технология DropFly.
Как эффективнее применять СЗР при использовании дронов»

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

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

ЦИФРОВИЗАЦИЯ АПК: ЗАДАЧИ, ПЕРСПЕКТИВЫ, РЕШЕНИЯ

Цифровые тренды в отечественном агропромышленном комплексе обсудили участники III Конгресса по цифровизации АПК, прошедшего 11.10.2023 в рамках деловой программы 28-й Международной выставки «Агропродмаш-2023» (ЦВК «Экспоцентр», г. Москва).



Цифровизация — это драйвер развития отраслей, отметил в ходе мероприятия директор по развитию бизнеса в АПК компании K2Tech Александр Эдер — модератор конгресса. По его словам, если сравнивать объем инвестиционных проектов в агропромышленном комплексе АПК за 2020–2023 и 2021–2024 годы, замечен рост инвестиций почти на 15%. Инвестиции в отрасли (в развитие новых мощностей) постоянно растут, сообщил спикер. Так, в настоящее время инвестиции в строительство одного объекта в среднем составляют не менее 4 млрд руб., а их общий объем в проекты — более 800 млрд руб., уточнил он. «Однако доля ИТ в этих инвестициях минимальна: компании АПК ЕАЭС в среднем тратят на ИТ 1% от выручки в год», — отметил эксперт.

Согласно данным спикера, 60% компаний АПК считают основными целями цифровизации оптимизацию затрат на ресурсы (от энерго- до трудовых ресурсов) и процессов в производстве и логистике, а также снижение риска непредвиденных поломок и повышение эффективности производственных процессов. Он отметил, что большинство отраслевых предприятий пока не готово к кардинальной цифровой трансформации. «В наиболее благоприятном положении находятся предприятия мясосоперерабатывающей, молочной и масложировой отраслей. Они же могут называться цифровыми лидерами отрасли», — резюмировал эксперт.

В своей презентации Александр Эдер выделил следующие тренды цифровизации АПК-2023:

- 1) переход на отечественное ПО;
- 2) облачные системы на территории России;
- 3) сервисная поддержка оборудования и ПО;
- 4) системы управления микроклиматом;
- 5) MES-системы;
- 6) управление логистикой;
- 7) агроаналитические системы.

В настоящее время цифровизация АПК в нашей стране находится на начальном, точечном уровне, отметил спикер. Основные драйверы внедрения новых технологий для предприятий агропрома — требования регуляторов, новые запросы потребителей и ожидания инвесторов, сообщил он. К точечным изменениям могут

привести проекты внедрения интернета вещей, e-som и облачных технологий, добавил эксперт. «От реализации программ цифровизации предприятий ожидаются прежде всего снижение и оптимизация операционных расходов, что скажется на увеличении эффективности бизнеса и создаст дополнительные ресурсы для дальнейшего развития», — пояснил он.

Цифровизация отрасли, являясь частью общей технологизации АПК, играет в ней одну из ключевых ролей, отметил главный аналитик Центра развития финансовых технологий АО «Россельхозбанк» Владислав Пантюхин, уточнив, что к основным видам агротехнологий относятся биотехнологии, селекция, точное земледелие, БПЛА для мониторинга урожая, распыления удобрений и сбора продукции, робототехника, а также сенсоры и интернет вещей, вертикальные фермы по выращиванию в городских условиях зелени, грибов, яиц и мяса с использованием гидропоники, аквапоники и аэропоники, маркетплейсы и пищевые инновации (доставка еды на дом и приложения для оптимизации ресторанного бизнеса).

Говоря об общих тенденциях в АПК России, эксперт сделал акцент на возрастающей роли государства в развитии и продвижении технологий в АПК, выражающейся в том числе в принятии нормативно-правовых актов, регламентирующих развитие агротехнологий в стране (указов президента, распоряжений Правительства РФ), правительственных грантах и субсидиях, проектах Минсельхоза России. Помимо этого, он отметил усиление влияния миллениалов, активно использующих технологии в своей жизни, на формирование образа современного агрария и увеличивающуюся долю женщин в кадровом составе ИТ.

Россельхозбанк также способствует развитию технологизации отечественного агропрома. В частности, в прошлом году им был запущен проект «РСХБ в цифре» — образовательная платформа, где специалисты в сфере АПК и ИТ, стартаперы и инвесторы, представители научного и экспертного сообщества могут объединить усилия для комплексного развития агротехнологий в России, заключил аналитик.

Ю.Г. Седова

ПИТАТЕЛЬНЫЙ ФОСФОРНО-КАЛЬЦИЕВЫЙ БРИКЕТ-ЛИЗУНЕЦ



ЛИЗУНЦЫ И БРИКЕТЫ ДЛЯ КОРОВ И ТЕЛЯТ



ИЗГОТОВЛЕН ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ
БЕЗ ГОРМОНОВ, АНТИБИОТИКОВ И ДРУГИХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

- ✓ **P** Фосфор **ФОСФОР ОБЕСПЕЧИВАЕТ РОЖДЕНИЕ КРЕПКОГО ЖИЗНЕСПОСОБНОГО ПОТОМСТВА, АКТИВНЫЙ РОСТ И РАЗВИТИЕ МОЛОДНЯКА**
- ✓ **Ca** Кальций + **vit D3** **КАЛЬЦИЙ С ВИТАМИНОМ D3 ФОРМИРУЕТ КОСТНУЮ И МЫШЕЧНУЮ ТКАНЬ, ПРЕДУПРЕЖДАЕТ ОСТЕОМАЛЯЦИЮ И ОСТЕОПОРОЗ**
- ✓ **Na** Натрий **НАТРИЙ УЛУЧШАЕТ ПИЩЕВАРЕНИЕ, ПОЕДАЕМОСТЬ И УСВОЯЕМОСТЬ КОРМОВ, СТИМУЛИРУЕТ ВЫРАБОТКУ СЛЮНЫ**
- ✓ **S** Сера **Mg** Магний **Zn** Цинк **Cu** Медь **Co** Кобальт **I** Йод **Se** Селен **МИНЕРАЛЫ (СЕРА, МАГНИЙ, ЦИНК, МЕДЬ, КОБАЛЬТ, ЙОД, СЕЛЕН) ПОДДЕРЖИВАЮТ НА СТАБИЛЬНО ВЫСОКОМ УРОВНЕ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ИММУНИТЕТ**
- ✓ **САХАРНАЯ МЕЛАССА АКТИВИЗИРУЕТ КИШЕЧНУЮ МИКРОФЛОРУ**



ООО "Агровит" - АО "Капитал-ПРОК"

8-800-200-3-888

agrovit87.ru, prok.ru



Наша продукция на маркетплейсах:

WILDBERRIES OZON Я Market

ВЫХОД В ТОП–5 МИРОВЫХ ЭКСПОРТЕРОВ СВИНИНЫ — ГЛАВНЫЙ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ ДЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СВИНОВОДОВ

В рамках XIV годового общего собрания членов Национального союза свиноводов (НСС), прошедшего на площадке Международной промышленной академии с участием ведущих экспертов и игроков отрасли, состоялось обсуждение текущей ситуации и перспектив развития российского свиноводства, а также итогов деятельности за 2022 год.

В настоящее время свиноводство является одной из важнейших и стратегически значимых подотраслей животноводства для обеспечения продовольственной безопасности России, заявил в приветственном слове к участникам директор департамента животноводства и племенного дела Минсельхоза России Дмитрий Бутусов. «Прошу обратить внимание, что предположительно уже к 2026 году мы запустим в промышленную эксплуатацию новую информационно-аналитическую систему, учитывающую все племенные ресурсы РФ. Это будет касаться и свиноводства», — сообщил он.

С отчетным докладом о деятельности Национального союза свиноводов за 2022 год (с обзором текущих тенденций в свиноводстве России в новой реальности и среднесрочных перспектив до 2025 года) выступил генеральный директор НСС Юрий Ковалев. В своем докладе он отметил, что главным стратегическим вызовом для отечественных свиноводов в предстоящее десятилетие станет выход в топ–5 мировых экспортеров свинины. Для реализации этой задачи следует нарастить экспорт продукции как минимум вдвое — до 350–400 тыс. т, уточнил спикер. «Это хотя и амбициозная, но вполне реалистичная задача при открытии новых рынков Юго-Восточной Азии», — сказал он.

Что касается итоговых оценок прошлого года, то прежде всего необходимо отметить, что его главной стратегической тенденцией стала адаптация к новым реалиям, пояснил глава НСС, обозначив следующие основные риски отрасли в ситуации новых реалий 2022 года: риск разрыва логистических цепочек поставок генетики, ветеринарных препаратов, кормовых добавок, оборудования, запчастей и др.; возможное падение внутреннего потребления на фоне снижения доходов населения; сокращение экспорта из-за ковидных и логистических ограничений в Юго-Восточной Азии и существенного укрепления рубля; доступность господдержки в виде дополнительных льготных оборотных кредитов, а также инвестиционных кредитов для СГЦ и предприятий по убою и переработке свинины; ужесточение госрегулирования в вопросах природоохранного законодательства.

Все эти риски усугубляет главный вызов — риск пересыщения рынка, отметил докладчик. «Единственным реалистичным ответом на этот вызов мог стать только рост потребления, — сказал он. — Ну а теперь уже точные факты — итоги 2022 года. Производство свинины в индустриальном секторе прогнозируемо выросло на 338,2 тысячи тонн в живом весе, или на 6,9 процента. Общий прирост составил 5 % с учетом падения в секторе ЛПХ и КФХ. В результате на уже



самообеспеченный рынок добавилось почти 220 тысяч тонн свинины в убойном весе».

В презентации докладчик представил основные факторы, обеспечившие рекордный рост потребления свинины в 2022 году, в их числе — снижение среднегодовых оптовых цен на продукцию свиноводства на 5–7%, отсутствие роста розничных цен на фоне повышения цен на другие виды мяса, общей инфляции на уровне более 10%, существенное снижение разницы в стоимости мяса птицы и свинины, что привело к частичному перетоку спроса в сторону продукции свиноводства. В результате потребление свинины выросло почти на 5,9% — до 29,8 кг/чел в год. «Это наибольший показатель за последние 30 лет. Таким же рекордным (за 30 лет) стал достигнутый уровень общего потребления всех видов мяса — 78,9 килограмма на человека в год», — сказал спикер. Он уточнил, что за последние годы неуклонно растет не только общее потребление свинины, но и ее доля в общей структуре потребляемого мяса. В прошлом году эта доля достигла рекордных 38%, что также стало наибольшим значением за последние три десятка лет.

Согласно данным спикера, общий экспорт продукции свиноводства (по итогам 2022 года) составил 173 тыс. т. При этом значительно изменились поставки по странам. Так, доля в общем экспорте стран Юго-Восточной Азии (Вьетнам и Гонконг) снизилась с 50% (2021 год) до 29%, а стран ЕАЭС — выросла с 20 до 60%. Экспорт в Беларусь вырос в 2,5 раза, превысив 80 тыс. т и став главным направлением российского экспорта с долей в 46% от общего объема.



Докладчик представил прогноз по экспорту продукции. Согласно его данным, по итогам 2023 года экспорт в страны ЕАЭС может составить около 50%, остальные 50% — в страны Юго-Восточной Азии и другие. При сохранении текущих тенденций в этом году экспорт продукции свиноводства может достичь рекордных 220–230 тыс. т, разгрузив внутренний рынок на 50–60 тыс. т, сообщил спикер. Таким образом, рост экспорта — это одновременно самый большой риск и самая большая возможность в случае открытия новых рынков в Юго-Восточной Азии, отметил он.

Среди особо важных для отрасли свиноводства федеральных законов, вступающих в силу в 2023–2024 годах, Юрий Ковалев выделил:

Федеральный закон от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

Федеральный закон от 28.06.2022 № 221-ФЗ (изменения в Федеральный закон «О ветеринарии» в части, касающейся маркирования и учета животных) (ст. 19.1);

Федеральный закон от 02.07.2021 № 317-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обращении лекарственных средств» (ст. 522).

Спикер заострил внимание на сформулированных на прошлогоднем годовом собрании и по сей день не утрачивших актуальности концептуальных изменениях в базовых условиях развития отрасли свиноводства после 2020 года на среднесрочный период до 2025 года:



в связи с достижением 100%-ной самообеспеченности по свинине и продолжающимся ростом отечественного производства резко возрастает внутренняя конкуренция, из-за чего оптовые цены на свиней планомерно снижаются или как минимум не растут в условиях инфляции в ближайшие годы;

ускоренное развитие в последние 2–3 года экспортной инфраструктуры зерна создает условия для роста объемов его экспорта, превышающих темпы роста его производства, что практически гарантирует формирование высокого уровня цен на зерно на внутреннем рынке в среднесрочной перспективе (более 15 тыс. руб/т с НДС), даже с учетом мер таможенно-тарифного регулирования;

переход от импортозамещения к экспортно-ориентированной стратегии отечественного свиноводства означает наступление нового периода прямой жесткой конкуренции с мировыми гигантами в экспорте свинины не только на защищенном внутреннем рынке РФ, где пошлина 25%, но прежде всего на рынках Юго-Восточной Азии.

Совокупное действие этих трех факторов создает дополнительный импульс для повышения эффективности и конкурентоспособности отрасли всеми имеющимися методами (генетика, корма, ветпрепараты, масштабирование бизнеса, снижение затрат и т. д.), отметил спикер. «Это уже не просто вопрос повышения прибыли, а вопрос выживаемости компании», — добавил он.

Актуальную ситуацию на рынках зерновых и масличных культур представил в докладе «Кормовая база животноводства: зерно и масличные» генеральный директор Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) Дмитрий Рылько. Он сообщил, что по итогам текущего сельскохозяйственного года экспорт российского зерна может составить 60 млн т, отметив, что такого грандиозного объема Россия еще никогда не поставляла за рубеж.

Прогноз по урожаю зерновых — 132 млн т, включая 86 млн т пшеницы, уточнил эксперт. В частности, в южных регионах РФ ожидается второй по величине урожай озимых, добавил он. По данным спикера, валовой сбор масличных культур в 2023 году может сократиться до 28 млн т, при этом переходящие запасы масличных по итогам сезона могут составить более чем 3 млн т, включая порядка 2 млн т подсолнечника. «Возможно, в этом году нас ожидает рекордный урожай по сое (и это здорово!) и рекордное предложение шротов с внутреннего рынка», — сказал он. Что касается мировых цен на зерно и масличные, то они пока остаются низкими, заключил эксперт.

Ю.Г. Седова

ПРИМЕНЕНИЕ БЛОКЧЕЙНА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Использование инноваций блокчейна в сельскохозяйственной сфере дало замечательные результаты, особенно в сфере управления цепочкой поставок. В Южной Корее, например, блокчейн используется для отслеживания пути говядины по цепочке поставок. Это мероприятие существенно сократило время, необходимое для отслеживания продукта от производителя до покупателя, с прежних шестидневных сроков до всего лишь 10 секунд, сохраняя при этом точную идентификацию продукта на 99%. Этот результат способствует совершенствованию логистических операций, а также может гарантировать, что конечный покупатель получит достоверную информацию о происхождении и стоимости товаров.

Неотъемлемым компонентом использования блокчейна является поддержание высшего качества аграрных товаров. В Австралии предприятие, реализованное на ферме, является примером использования технологии блокчейн для повышения безопасности продукции. В этом случае блокчейн применяется для сохранения юрисдикции над параметрами транспортировки и складирования молочных товаров, способствуя корреляции температурных непредвиденных обстоятельств и соблюдению гигиенических норм на каждом этапе цепочки поставок. В результате этой новаторской инициативы качество товаров возросло на 30%, что сопровождалось снижением на 45% случаев несоответствия установленным правилам. Развитие блокчейна не исключило экономического разделения, связанного с сельским хозяйством. Один из таких случаев наблюдается в индийской инициативе, которая включила использование блокчейна в упрощение процедур кредитования для фермеров. В результате время обработки заявки на получение кредита сократилось с семи дней до всего лишь 24 часов. Кроме того, кредитные учреждения теперь обладают более высокой степенью доверия к фермерам благодаря прозрачности и последовательности, обеспечиваемым данными о финансовом состоянии ферм на основе блокчейна. Блокчейн также привел к трансформации парадигм управления земельными ресурсами. Южноамериканская страна Бразилия может похвастаться новой инициативой, которая использует технологию блокчейн для каталогизации земельных участков. В результате то, что обычно длится месяцы, теперь занимает всего несколько дней. Упрощенный процесс облегчает передачу прав собственности и в то же время снижает вероятность подделки документов. Более того, он усиливает правовую защиту собственников земли.

Внедрение технологии блокчейн в сельскохозяйственную сферу имеет большое значение. Это ответ на множество факторов, главным образом направленный на повышение прозрачности и эффективности сельскохозяйственных процессов. Сельскохозяйственный ландшафт сложен, запутан и сталкивается со многими препятствиями. Главные из них — соблюдение стандартов качества, управление цепочками поставок, а также управление использованием ресурсов и финансовыми транзакциями. Интеграция технологии блокчейн предлагает надежное решение для борьбы с этими трудностями, предоставляя надежный и неизменяемый архив транзакций. Это приводит к снижению рисков и повышению доверия участников сельскохозяйственного рынка [4].

Ценный потенциал применения блокчейна в сельскохозяйственной сфере был выявлен в результате тщательного исследования. В частности, недавнее исследование 2021 года сделало примечательное открытие: административное внедрение технологии блокчейн в управление цепочками сельскохозяйственных поставок может снизить темпы истощения запасов продовольствия на 20% за счет усовершенствованного мониторинга и регулирования [8]. Это открытие имеет особое значение в усилиях по борьбе с повсеместной проблемой глобальной продовольственной безопасности. Кроме того, использование механизмов блокчейна дает возможность улучшить проблемы, связанные с производством продуктов питания и медицинских товаров, что является решающим фактором для поддержания общественного благополучия. В 2020 году публикация представила еще один анализ, который показал, как использование блокчейна в инициативах по управлению земельными ресурсами повысило прозрачность и снизило количество споров относительно земли, особенно в развивающихся странах, где право собственности на землю остается затруднительным [11]. Внедрение этой технологии обеспечивает надежное и четкое подтверждение права собственности на землю, что уменьшает вероятность незаконной конфискации земли и повышает компетентность управления землей.

Использование технологии блокчейн для финансовой оптимизации в сельскохозяйственной сфере становится всё более распространенным. Исследование, проведенное в 2019 году, показало, что блокчейн ускоряет финансовые транзакции между

Таблица 1. Количественное сравнение ключевых показателей эффективности цепочек поставок с применением и без применения технологии блокчейн в аграрном секторе

№	Показатели	Без применения блокчейна	С применением блокчейна
1	Время отслеживания продукции	6 дней	10 секунд
2	Точность информации о продукте	70%	99%
3	Сокращение потерь продукции	15%	5%
4	Скорость финансовых транзакций	3–5 дней	Несколько минут
5	Уровень доверия между участниками	Низкий	Высокий

поставщиками и фермерами, тем самым сокращая сроки транзакций с многодневных испытаний до нескольких минут. Это не только улучшает финансовую стабильность сельскохозяйственных предприятий, но и увеличивает оборотный капитал [15].

Исследование показывает, что технология блокчейн может полностью изменить управление цепочками

поставок в сельском хозяйстве, повышая прозрачность и обеспечивая обогащение продуктов. Использование блокчейна для отслеживания продуктов питания от фермы до тарелки позволяет тщательно учитывать каждый аспект товарной одиссеи, заметно снижая вероятность обмана и неточностей. Как показано (рис. 1), продолжительность мониторинга продукта сокращается с нескольких дат до нескольких моментов [7], что ускоряет прогресс и способствует искренности доверия потребителей к качеству продукта.

Благодаря использованию технологии блокчейн точность информации о продуктах возрастает до ошеломляющих 99%, что приводит к достоверному и тщательному анализу происхождения и качества пищевых продуктов [9]. Это особенно выгодно для продуктов со строгими стандартами качества, таких как безглютеновые или органические. Снижая потери продукции в цепочке поставок, распределенные реестры, реализованные с помощью блокчейна, минимизируют возникновение экономических потерь и решают сложную дилемму мирового дефицита продовольствия. Управление данными о состоянии продукта в режиме реального времени становится эффективным, тем самым уменьшая порчу и продлевая срок службы продуктов [12].

Высокая скорость фискальных процедур — важнейший аспект технологии распределенного реестра — обеспечивает быстрые и надежные средства перевода средств между участниками цепочки поставок. Устраняя необходимость в посредниках, технология распределенного реестра сокращает продолжительность транзакций и повышает наблюдаемость [3].

На рисунке 1 наблюдается значительное улучшение контроля качества продуктов питания с 2010 по 2020 год. Этот рост в особенности заметен с 2015 года, что может коррелировать с увеличением внедрения технологии блокчейн в аграрной сфере. Возможно, это связано с улучшением способов отслеживания и проверки происхождения продуктов, а также с усилением мер по борьбе с подделками и улучшением систем сертификации [7].

Подтверждая эффективность предотвращения

Рис. 1. Динамика повышения контроля качества продуктов питания с внедрением технологии блокчейн

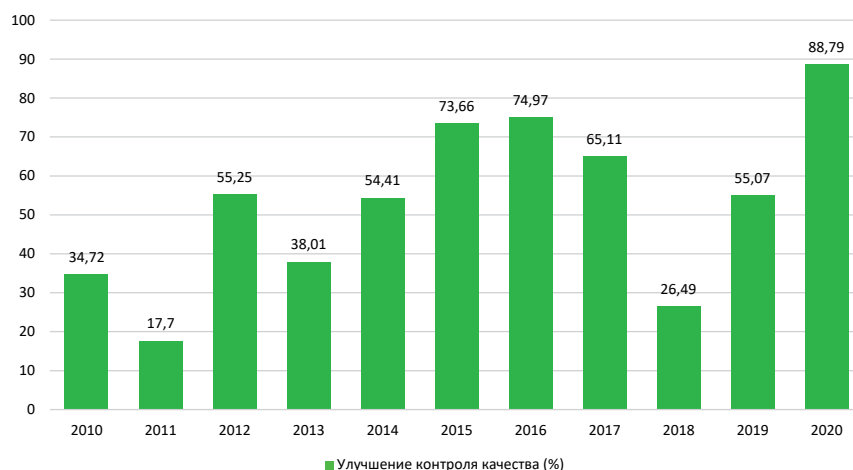


Рис. 2. Статистический анализ эффективности предотвращения фальсификации продуктов с помощью блокчейна

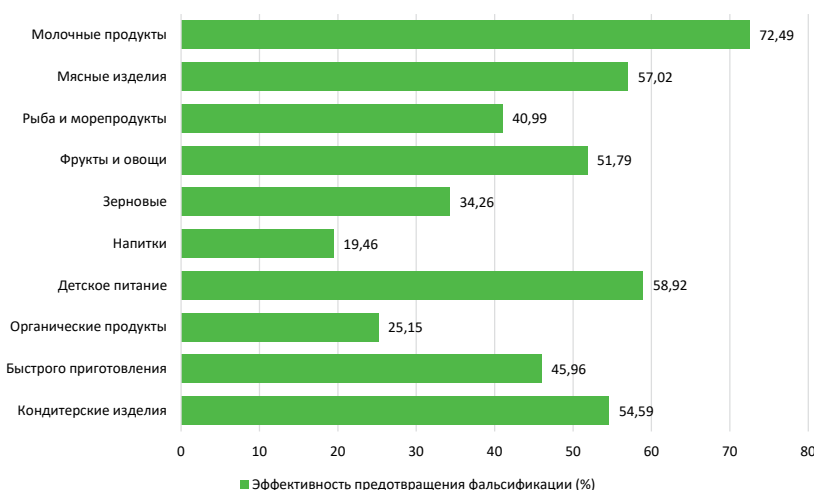
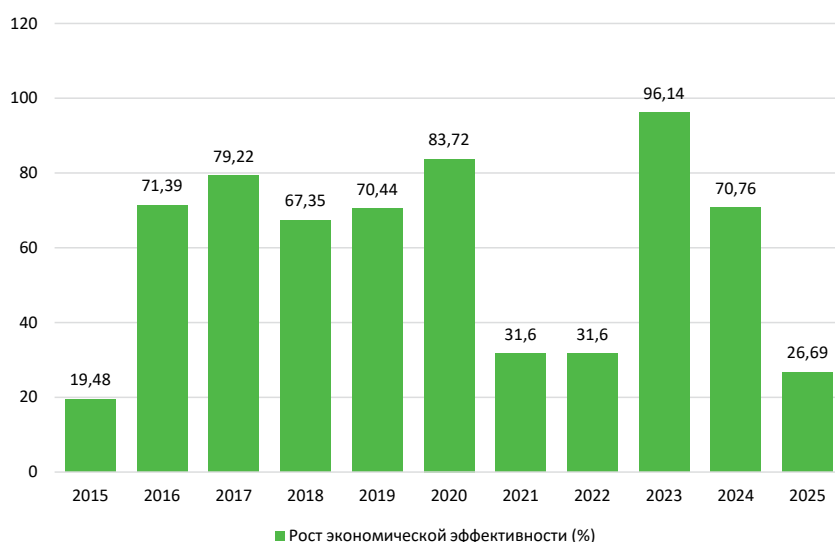


Рис. 3. Тенденции роста экономической эффективности аграрных предприятий с использованием блокчейна



подделки продукции, технология блокчейн, по-видимому, значительно усиливается по нескольким категориям. Образно говоря, особенно высокий уровень эффективности демонстрируют категории «Органические продукты» и «Молочные продукты». Это может быть связано с особой важностью соблюдения строгих стандартов качества и подлинности в этих секторах. Обеспечивая надежную и четкую отслеживаемость происхождения, блокчейн оказывается непоколебимым фактором в предотвращении подделок. Эти результаты подчеркивают растущую важность блокчейна «от фермы к столу» в сельском хозяйстве, в первую очередь в отношении повышения качества и безопасности продуктов питания [10].

Начиная с 2015 года и (по оценкам) до 2025 года использование технологии блокчейн привело к заметному росту финансовой эффективности сельскохозяйственных предприятий (рис. 3). Становится очевидным неуклонный рост эффективности: прогресс начинается примерно с 10% и достигает кульминации в поразительных 100% в 2025 году. Это означает, что технология блокчейн не только усиливает управление и надзор, но и положительно влияет на совокупный финансовый доход предприятий, поскольку подтверждено источником [12].

Всплеск расширения обусловлен сокращением расходов, повышением операционной эффективности, повышением потребительского доверия и по умолчанию увеличением объемов производства

товаров. Например, сокращение затрат на транспортировку на 20% и снижение износа продукции на 15% однозначно ведут к снижению затрат и максимизации прибыли. Кроме того, заметный рост продаж в результате беспрепятственной видимости закупок и превосходства продукции также служит неотъемлемым фактором общей финансовой оптимизации.

Заключение

В результате тщательного изучения и обсуждения диаграммы установлено, что использование технологии блокчейн оказывает существенное положительное влияние на экономическую эффективность сельского хозяйства. Интеграция блокчейна не только оптимизирует операции и сокращает расходы, но также открывает новые перспективы для увеличения прибыли за счет повышения прозрачности и зависимости от сырьевых товаров. К примеру, внесение первоначальных затрат в размере 5 млн рублей оправдано в связи с последующим снижением операционных расходов и увеличением доходов. Сокращение продолжительности фискальных операций на 30% дает дополнительные преимущества под видом повышения эффективности и оперативности хозяйственных операций.

Прогресс сельскохозяйственного подразделения в направлении устойчивого развития и конкурентоспособности агропромышленных компаний заключается в благоприятном потенциале внедрения технологии блокчейн.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.А., Кружкова Т.И., Ручкин А.В. и др. От интернета вещей к интернету поведения: государственное регулирование цифровой трансформации АПК. Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021; 6–1: 5–13.
2. Бабкин А.В., Либерман И.В., Клачек П.М., Шкарупета Е.В. Индустрия 5.0: основы создания системной тетрады киберсоциальных экосистем. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2023; 1: 103–120.
3. Вишневский М.В. Современные механизмы реализации проектного финансирования в программах ГЧП. Инновации и инвестиции. 2022; 9: 105–109.
4. Головина Л.А., Кислицкий М., Логачева О.В. Специфика взаимодействия организаций основных отраслей АПК при ускорении цифровизации. ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. 2021; 2: 49–60.
5. Ковалева И.В., Чирухин А.В. Цифровизация и управление земельно-ресурсным потенциалом АПК. Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2022; 2: 1: 23–31.
6. Курбанов К.К. Активизация инновационной деятельности и цифровизация — важнейшие факторы развития АПК региона юга России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2022; 10(144): 31–38.
7. Куценко С.Ю., Куценко И.А. Перспективы экономического развития агропромышленного комплекса Республики Хакасия // Дружеровский вестник. 2022; 6: 162–169.
8. Меденников В.И. Цифровые технологии для национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство» // Хроноэкономика. 2020; 5(26): 12–25.
9. Рыбина С.Н., Подопригора Л.М. Развитие агропромышленного комплекса России в условиях санкций // Наукосфера. 2023; 1(2): 432–436.
10. Трошин А.С., Санду И.С., Кочина С.К., Осыченко Е.В. Роль и место кластера как кооперативной инфраструктуры в экосистеме региона (на примере АПК Белгородской области) // Научно-теоретический журнал. 2023; 1: 10–17.
11. Федоров В.Х., Шейхова М.С., Орлова Е.П., Кувичкин Н.М. Цифровая трансформация сельского хозяйства как элемент устойчивого развития экономики // Московский экономический журнал. 2022; 1: 280–287.
12. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты. Доклад к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апреля 2021 г. М.: Издательский дом Высшей школы экономики. 2021; 239.
13. Шарипов С.А., Титов Н.Л., Харисов Г.А. Обеспечение конкурентных преимуществ сельскохозяйственных формирований АПК Республики Татарстан в условиях инновационного развития экономики // АПК: экономика, управление. 2023; 2: 52–58.
14. Шокумова Р.Е. Конкурентные преимущества и тенденции развития агропромышленного комплекса региона // Журнал прикладных исследований. 2022; 8: 11: 677–683.
15. Эдер А.В. Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022; 84: 2(92): 387–393.

Курдюмов А.В. *, Шайбакова Л.Ф., Шеина Е.Г., Громова Н.С.

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

* kurdyumov@usue.ru

РОССИЯ ОБЛАДАЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ В ЭКСПОРТЕ АГРОПРОДУКЦИИ

Текущее положение дел и перспективы развития растениеводческой отрасли обсудили участники XVII отраслевой бизнес-конференции «Агроинвестор: PRO растениеводство».

По итогам текущего года экспорт продовольственных товаров из РФ может составить 46 млрд долл., а импорт — 34 млрд долл., сообщила руководитель направления «Аграрная экономика» Института исследований и экспертизы ВЭБ Лидия Илюшина. Согласно ее данным, основные позиции экспорта — зерно и семена масличных культур — в 2024 году составят порядка 38% от всего экспорта продовольственных товаров. В среднесрочной перспективе рост экспортного потенциала будет обеспечиваться ростом численности населения и повышения уровня жизни в приоритетных для экспорта государствах, пояснила эксперт. Россия обладает значительным потенциалом в экспорте агропродукции, но для его реализации необходимо изменить систему регулирования и совершенствовать логическую инфраструктуру, отметила она.

Прогноз по урожаю зерновых представил генеральный директор аналитической компании «ПроЗерно» Владимир Петриченко. По его оценке, зерна в 2023 году может быть собрано 140 млн т, при средней урожайности 31 ц/га (валовой сбор пшеницы может составить 90 млн т). Что касается ячменя и кукурузы, то их сбор ожидается на уровне 21 млн т и 15 млн т соответственно. «Зернобобовые: это будет суперурожай», — отметил докладчик. — Пока в расчетах сбор в 5,8 миллионов тонн, реально 25 процентов в плюсе, а, может, и выше». В целом показатели очень хорошие — вторые после «космического» урожая прошлого года, резюмировал он.

По словам аналитика, экспортный потенциал в этом сельхозгоду (июль 2023 года — июнь 2024 года), с учетом огромных, практически в 28 млн т, переходящих запасов зерна, будет выше прошлогоднего. «Хорошо бы вывезти 50 миллионов тонн пшеницы, 5,6 миллионов тонн ячменя, почти 6 миллионов тонн кукурузы, всего зерна — 64 миллиона тонн», — сказал он. — Главное — экспорт, поскольку роста внутреннего потребления я не вижу».

Урожай овощей открытого грунта в текущем году предположительно превысит уровень прошлого года на 2% и составит порядка 300 ц/га, проинформировал исполнительный директор Национального союза производителей плодов и овощей Андрей Казаков. За пять лет посевные площади овощей открытого грунта увеличились на 4% — очень неплохой показатель, добавил он.

В этом году ожидается рекордный урожай картофеля, — его товарное производство может составить 8 млн т при площади сева 300 тыс. га, сообщил председатель Картофельного союза Сергей Лупехин. Таким образом, РФ достигла самообеспечения на рынке столового картофеля, «фактически, расти уже некуда», отметил он. Излишки приводят к снижению цены и, соответственно, доходности сельхозтоваропроизводителей, — снизить давление на цены в регионах с высокими урожаями картофеля позволил бы экспорт, пояснил спикер. «Достаточно интересные для нас рынки Центральной Азии — Узбекистан, Таджикистан и Туркменистан, но в этих странах у России есть серьезные соперники: Иран и Пакистан», — отметил он. По словам эксперта, еще одним трендом развития, помимо экспорта, является переработка (так, в 2022–2023 годах ряд отечественных компаний заявил собственные проекты в области переработки картофеля на фри, дольки и чипсы). Он сделал акцент на необходимости снижения зависимости от импортной селекции семян картофеля, которая сегодня составляет порядка 90%. «В этой связи есть определенные решения правительства РФ и Минсельхоза России, — известное постановление о локализации. И сейчас на рынке будет представлено больше сортов российской селекции», — отметил спикер.

О ситуации на отечественном рынке сельскохозяйственной техники сообщила директор ассоциации «Росспецмаш» Алла Елизарова. По ее данным, в январе-августе текущего года производство сельхозмашин в денежном выражении увеличилось на 24% относительно показателя за тот же период 2022 года (202,1 млрд руб. против 163,1 млрд руб. — данные с НДС). Экспорт за это время в стоимостном выражении вырос на 12%, достигнув 14,2 млрд рублей. Однако доля российской сельхозтехники на внутреннем рынке снизилась с 59% до 53,1%, отметила эксперт. «Главным фактором успешного развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения является создание благоприятных условий для аграриев, — это и льготные кредиты, и страхование урожая, и доступ сельхозпродукции в зарубежные страны, и предоставление адресной продовольственной помощи малоимущим слоям населения. И, конечно гарантирование минимальных цен на сельхозпродукцию», — заключила спикер.

Ю.Г. Седова



АПРОБАЦИЯ НОВЫХ ПОРОД, ТИПОВ, ЛИНИЙ И КРОССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОТЛИЧИМОСТЬ, ОДНОРОДНОСТЬ, СТАБИЛЬНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ БУДЕТ ПРОВОДИТЬСЯ В ЕВРАЗИЙСКОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СОЮЗЕ ПО ЕДИНЫМ МЕТОДИКАМ

21 ноября 2023 года Коллегия Евразийской экономической комиссии (далее — ЕЭК, Комиссия) на очередном заседании приняла решение о внесении изменений в Порядок проведения апробации новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных в государствах — членах Евразийского экономического союза, утвержденный решением Коллегии ЕЭК от 22.09.2020 № 113 (далее — ЕАЭС, государства-члены, Порядок проведения апробации, Союз, Решение).

Порядок проведения апробации дополняется приложением, содержащим 35 единых для применения на территории государств — членов ЕАЭС методик оценки на отличимость, однородность, стабильность и устойчивость к заболеваниям апробируемых новых пород, типов, линий и кроссов сельскохозяйственных животных (далее — оценка на ООС), в том числе крупного рогатого скота, свиней, овец, коз, лошадей, верблюдов, маралов, северных оленей, кур, гусей, уток, индеек, цесарок, перепелов, кроликов, норки американской, лисиц, песцов, шиншилл, хорьков, собак енотовидных, нутрий, соболей, сурка степного, карпов, осетра сибирского, бестера, калуги, севрюги, сома обыкновенного, афри-



канского клариевого сома, стерляди, форели радужной, телляпии, медоносных пчел.

Оценка на ООС животных апробируемых селекционных достижений, виды которых не вошли в утвержденные методики, осуществляется в соответствии с методиками, предусмотренными законодательством государств — членов Союза.

Методики оценки на ООС разработаны Всероссийским научно-исследовательским институтом племенного дела Минсельхоза России во взаимодействии с научными учреждениями государств — членов Союза — Научным центром оценки и анализа рисков безопасности пищевых продуктов и Национальным аграрным университетом Республики Армения, Научно-практическим центром Национальной академии наук Беларуси по животноводству, Кыргызским национальным аграрным университетом им. К.И. Скрябина — на основе анализа международного опыта и практики апробации новых селекционных достижений сельскохозяйственных животных в государствах — членах ЕАЭС по инициативе и при финансировании ЕЭК.



При разработке методик учтены видовые особенности и направления продуктивности сельскохозяйственных животных, установлены алгоритмы определения (расчета) показателей ООС и устойчивости к заболеваниям, методы их измерения (определения, исследований), дано описание показателей (включая иллюстрации).

Согласно документу оценка на ООС апробируемых новых пород сельскохозяйственных животных проводится одновременно по апробируемой и исходным (одной из исходных) родительским породам.

Оценка апробируемых типов и линий сельскохозяйственных животных проводится в сравнении с исходными породами, а оценка апробируемых кроссов сельскохозяйственных животных — в сравнении с исходными линиями.

При оценке новой породы, типа, линии сельскохозяйственных животных оцениваются мужские и женские особи племенного поголовья, используемого для воспроизводства, при оценке кросса — мужские и женские особи исходных линий и гибридное (товарное) поголовье (одного или обоих полов).

Количество, половозрастной состав представляемых для оценки сельскохозяйственных животных, другие требования к ним, а также признаки, используемые для установления отличимости, однородности, стабильности и устойчивости к заболеваниям, определены по каждому виду сельскохозяйственных животных, в том числе по направлениям продуктивности.

Так, например, для оценки степени выраженности признаков у животных апробируемой породы, типа, линии, кросса крупного рогатого скота методом случайной выборки отбираются группы не менее 50 голов: телочек и бычков в возрасте 6 месяцев, бычков в возрасте 12 месяцев, коров первотелок; 20–25 голов бычков в возрасте 24 месяцев. При этом для оценки степени выраженности признаков у бычков апробируемых молочных пород в анкете селекционного достижения предоставляются сведения по 50 головам бычков в возрасте 24 месяцев (живых и выбывших с запасом спермопродукции).

Учет признаков проводят по апробируемой и похожей породе (оцениваемым типу, линии и исходной породе) в соответствии со шкалой оценки признаков крупного рогатого скота.

Шкала оценки селекционного достижения крупного рогатого скота содержит 87 признаков с индексной оценкой степени их выраженности в баллах от 3 до 11.

Шкала оценки признаков крупного рогатого скота

№ п/п	Признак	Степень выраженности	Индекс
1. (*)	Животное: основная окраска	белая	1
		серая	2
		кремовая	3
		рыжая	4
		красная	5
		красная чалая	6
		вишневая	7
		палевая	8
		бурая	9
		черная	10
		черная чалая	11
2 (*)	Животное: наличие дополнительной окраски	отсутствует	1
		имеется	9
3.	Животное: дополнительная окраска	белая	1
		серая	2
		рыжая	3
		красная	4
		палевая	5
		бурая	6
4.	Животное: дополнительная окраска на голове	отсутствует	1
		вокруг глаз (очки)	2
		вокруг носового зеркала (кольцо)	3
		вокруг глаз и на других частях головы	4
		отсутствует	1
87.	-----//-----	-----//-----	-----//-----

(*) обязательный признак.

Например, признак № 12 — бык в возрасте 24 месяцев: живая масса взвешивается индивидуально. Взвешивание проводится на весах с пределом до 1000 кг и погрешностью не более 1 кг. Степень выраженности признака соответствует следующим средним значениям, кг:

Степень выраженности	Молочные, молочно-мясные	Мясные	Индекс
Малая	менее 600	менее 570	3
Средняя	600–720	570–690	5
Большая	более 720	более 690	7

Описание отдельных признаков и порядка их измерения сопровождается рисунками (например, признак № 14 — голова коровы: профиль, определяется визуально).



При необходимости апробируемое и сравниваемое селекционное достижение может быть оценено по дополнительным признакам.

Данные учета количественных показателей (продуктивность, живая масса, оценка экстерьера и др.) обрабатываются статистически. Рассчитываются среднее значение, ошибка среднего значения (при уровне достоверности 0,95) и коэффициент вариации.

По количественным признакам, учтенным в ходе непосредственного измерения определенного числа животных, рассчитываются: M — среднее значение признака; C_v — коэффициент вариации (для сравнения изменчивости признака у апробируемого селекционного достижения с селекционным достижением, включенным в реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (далее — сравниваемые селекционные достижения), при оценке однородности апробируемого селекционного достижения); md — ошибка среднего

значения признака; td — коэффициент достоверности разницы средних значений признака сравниваемых селекционных достижений (для оценки достоверности отличимости или идентичности сравниваемых селекционных достижений).

Среднее значение признака (M) рассчитывается путем деления суммы значений показателей признака (ΣX) на размер выборки (n):

$$M = \Sigma X / n.$$

Коэффициент вариации (Cv) рассчитывается путем деления среднего квадратического отклонения (σ) на среднее значение признака (M) и умножения на 100:

$$Cv = (\sigma / M) \times 100.$$

Коэффициент достоверности разницы средних значений признака (td) рассчитывается путем деления разности средних значений признака сравниваемых селекционных достижений на корень квадратный суммы квадратов ошибок средних значений признака:

$$td = (M1 - M2) / \sqrt{md1^2 + md2^2}.$$

Разность средних значений признака является достоверной (селекционное достижение по признаку отличается), если значение td больше 1,95.

Среднее квадратическое отклонение (σ) равно корню квадратному из дисперсии (суммы квадратов) ошибки (σ^2):

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}.$$

Дисперсия (сумма квадратов) рассчитывается путем деления суммы квадратов разности значений показателя признака и среднего значения признака на размер выборки без единицы по формуле:

$$\sigma^2 = \Sigma(X - M)^2 / (n - 1).$$

Критерием отличимости апробируемого селекционного достижения и сравниваемой популяции сельскохозяйственных животных по количественным показателям является их отличие на величину, значение которой не менее значения ошибки разности средних (при уровне достоверности 0,95).

Критерием однородности и стабильности является количество нетипичных особей по качественным признакам или величина превышения значения коэффициента вариации по количественным признакам апробируемого селекционного достижения над значением коэффициента вариации сравниваемого.

Оценка устойчивости к заболеваниям животных апробируемых селекционных достижений осуществляется путем расчета частоты встречаемости генов Toll-подобных рецепторов (TLR) у исследуемого поголовья, ответственных за врожденный иммунный ответ. Наличие гена TLR в крови животных или других тканях определяется методом полимеразной цепной реакции.

TLR являются важными компонентами врожденного иммунного ответа и имеют решающее значение для иммунной системы. Они способны распознавать бактериальные продукты вне клеток и вирусную нуклеиновую кислоту внутри клетки. Таким образом, некоторые TLR локализуются во внутриклеточных компартментах для распознавания вирусной или бактериальной нуклеиновой кислоты. Другие TLR находятся на поверхности клетки и распознают бактериальные продукты (липиды, пептидогликаны, липополисахариды).

Результаты оценки селекционного достижения заносятся в анкеты селекционных достижений, единые формы которых утверждены настоящим Решением.

Для признания селекционного достижения однородным и стабильным по каждому виду животных определено количество нетипичных животных по качественным признакам (например, для КРС — не более 6 %, для сви-



ней — не более 4%), а также коэффициент вариации по количественным признакам животных апробируемого селекционного достижения (не должен превышать коэффициент вариации сравниваемого селекционного достижения более чем в 1,5 раза).

Описание признаков отличимости, однородности, стабильности и устойчивости к заболеваниям новой породы, типа, линии и кросса сельскохозяйственных животных составляет заявитель и прилагает его к заявлению о проведении апробации селекционного достижения.

Оценка соответствия апробируемых селекционных достижений проводится уполномоченным органом государства — члена ЕАЭС, к компетенции которого относятся вопросы проведения апробации селекционных достижений, либо государственным научным учреждением, осуществляющим организацию и координацию фундаментальных и прикладных научных исследований в соответствии с законодательством государства-члена.

Результаты оценки селекционного достижения являются основанием для принятия уполномоченным органом государства-члена в отношении селекционного достижения решения о выдаче документов.

Требования к организации и проведению апробации селекционного достижения (в том числе касающиеся порядка подачи заявления о проведении апробации, комплектности документов, порядка и сроков их рассмотрения уполномоченным органом государства-члена, выдачи документов по результатам апробации, а также оснований для отказа в выдаче таких документов) определяются законодательством государств — членов Союза.

Данный методологический подход и руководство по применению успешно апробированы в производственных условиях Российской Федерации на поголовье новой выводимой породы крупного рогатого скота российская голштинская и поголовье овец нового селекционного достижения породы сарпинская.

Принятие данного акта является продолжением работы Комиссии и экспертов государств-членов по формированию права ЕАЭС в сфере племенного животноводства.

Вступление в силу настоящего решения с 23 декабря 2023 года унифицирует в ЕАЭС работу по проведению апробации создаваемых селекционных достижений в животноводстве, обеспечит взаимопризнание ее результатов, что в свою очередь создаст дополнительные условия для развития селекционной работы в животноводстве и снижения зависимости стран ЕАЭС от поставок импортной племенной продукции.

Кусаинова А.Б., Аверьянова Е.Г., Арнаутков О.В.,
Мельников А.Ф., Высочина Е.Ю.

Департамент агропромышленной политики
Евразийской экономической комиссии

ВНЕДРЕНИЕ ПРОБИОТИКОВ В ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ПТИЦЕВОДСТВО И ЖИВОТНОВОДСТВО В КАЧЕСТВЕ ЭВОЛЮЦИОННО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.В. Новикова¹
И.А. Лебедева^{1,2}
Л.И. Дроздова¹

¹ ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Свердловская обл., Россия

² laledeva@yandex.ru

УДК 636.5:636.03:636.087.7

DOI: 10.30975/2073-4999-2022-24-3-28-31

Наличие микрофлоры у животных зависит от их видовых особенностей и санитарно-гигиенических условий содержания [5, 8, 9, 11]. У детенышей, проходящих через родовые пути матери или вылупившихся из яйца, организм заселяется как микроорганизмами матери (*Lactobacillus*, *Bifidobacteriaceae*, *Enterococcus faecalis*), так и почвенными микроорганизмами (*Bacillus subtilis*), то есть характерными для всех видов сельскохозяйственных животных, в том числе для птиц [2–5].

У молодняка, который растет в естественных или пастбищных условиях, иммунитет формируется на 1–2-е сутки жизни, а в условиях промышленного содержания с использованием интенсивных технологий — только на 10–14-е [6–8].

При промышленном содержании высокопродуктивные птицы и животные получают в основном обеззараженные, консервированные, частично или полностью переработанные корма. Их желудочно-кишечный тракт не пополняется извне природными микроорганизмами, из-за чего ухудшается его функционирование. В результате высокой технологической и ветеринарной нагрузки взрослые особи не выходят на заданную продуктивность и их генетически заложенный потенциал не реализуется в полном объеме. Это обусловлено тем, что нарушается (или полностью отсутствует) связь «мать — дитя» [1, 10, 12–15].

В связи с этим с первых дней жизни такого молодняка в качестве корректирующих средств следует использовать кормовые добавки на основе живых полезных микроорганизмов. Они нормализуют процессы пищеварения, активизируют деятельность желудочно-кишечного тракта и иммунной системы. К таким средствам относятся, в частности, пробиотические кормовые добавки «Бацелл-М» и «Моноспорин», которые содержат микроорганизмы, характерные для микробиоты здорового молодняка и взрослых особей.

Кормовая пробиотическая добавка «Бацелл-М» состоит из микробной массы живых бактерий *Bacillus subtilis* в количестве не менее 1×10^8 КОЕ/г, *Lactobacillus paracasei* — не менее 1×10^6 КОЕ/г, *Enterococcus faecium* — не менее 1×10^7 КОЕ/г. Номер госрегистрации препарата — ПВР-2-4.14/03028.

«Моноспорин» — это суспензия для перорального применения, содержит живые спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* в среде культивирования. В 1 см³ препарата не менее 1×10^8 КОЕ спорообразующих бактерий. Номер регистрационного удостоверения препарата — ПВР-1-4.7/02/02099.

Согласно инструкции «Бацелл-М» и «Моноспорин» рекомендуется применять с первых дней жизни в течение всего периода выращивания и содержания сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. В ряде исследований была изучена эффективность использования этих кормовых препаратов [1, 10, 13, 15]. Так, применение пробиотической добавки «Бацелл-М» на родительском стаде бройлеров способствовало увеличению выхода инкубационных яиц (патент РФ от 20.10.2013 № 2495588). Кроме того, установлено снижение отложений абдоминального жира с 10 до 4% и количества патологий репродуктивной системы птицы (например, кальцинация яйцеводов уменьшилась с 15 до 0%). У петухов-производителей при использовании пробиотического препарата «Моноспорин» повысилось качество спермы: сократилось количество деформированных и двухголовых сперматозоидов, а также санитарного брака (заявка на изобретение № 2016126825). При введении в рацион пробиотиков у птицы родительского стада бройлеров отсутствовали патологические изменения внутренних органов: в печени не было выявлено отека доли и жировой дистрофии, а в кишечнике — воспалительных очагов.

Установлено, что использование препаратов способствует повышению выхода деловых молодок на 1,0–1,7%, их сохранности — на 1,25–2,5% и однородности — на 3,8–5,6%. У промышленных кур-несушек зафиксировано длительное удержание пика продуктивности на уровне генетического потенциала (патент РФ от 21.02.2019 № 2680450) по сравнению с контролем.

Использование «Моноспорины» для цыплят-бройлеров в стартовый период характеризовалось повышением у них к концу срока выращивания выхода мышечной массы на 1,4% (59,3% против 57,9% в контроле) и снижением отложений подкожного жира на 3,1% (2,8% против 5,9% в контроле).

При изучении гистологической картины установлено положительное влияние пробиотического препарата «Моноспорин» на слизистые зоба, железистого и мышечного желудков, тонкой кишки, а также на печень и мышечное волокно (рис. 1–12).

Рис. 1. Зоб цыплят-бройлеров (контроль). Ороговение слизистой

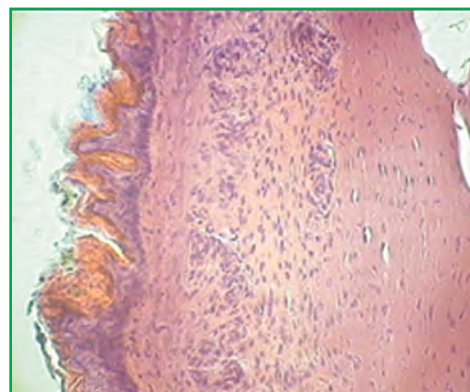


Рис. 2. Зоб цыплят-бройлеров (пробиотик). Гистологическая норма

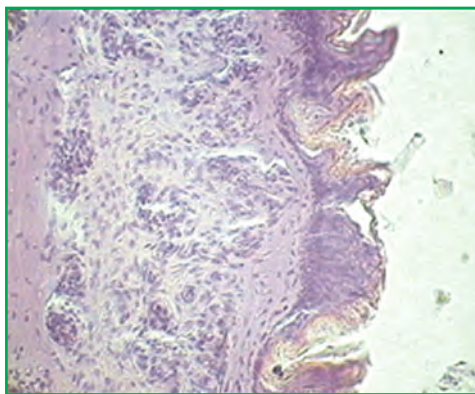


Рис. 3. Ворсинки железистого желудка цыплят-бройлеров (контроль). Нарушение структуры пищеварительных желез

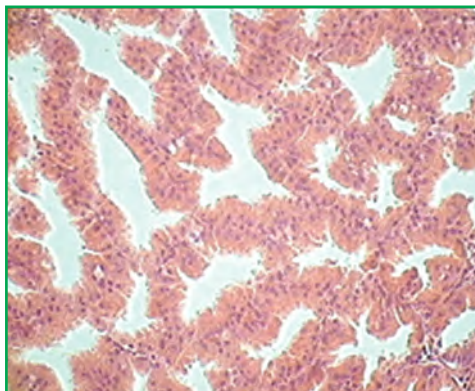


Рис. 4. Структура пищеварительных желёз цыплят-бройлеров (пробиотик). В пределах гистологической нормы

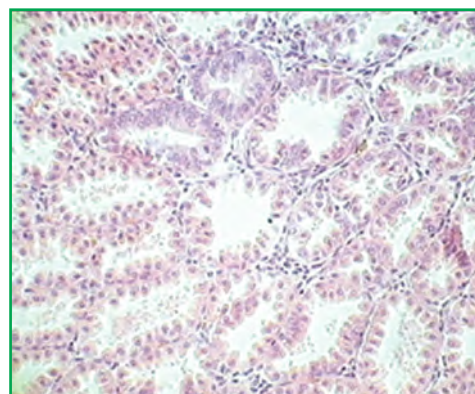


Рис. 5. Подкутикулярный слой мышечного желудка цыплят-бройлеров (контроль). Отек тканей и нарушение просветов желудочных ямок

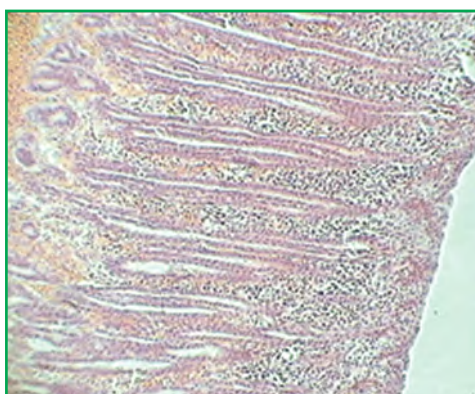


Рис. 6. Подкутикулярный слой мышечного желудка цыплят-бройлеров (пробиотик). В пределах гистологической нормы

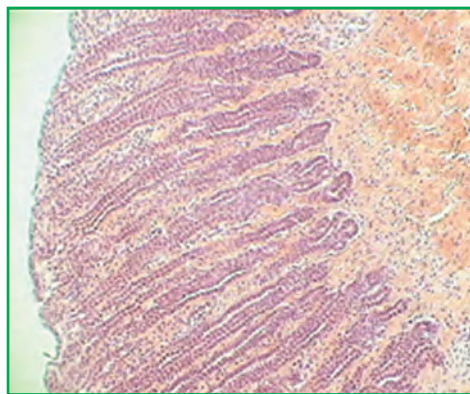


Рис. 7. Печень цыплят-бройлеров (контроль). Деформация гепатоцитов и жировая дистрофия

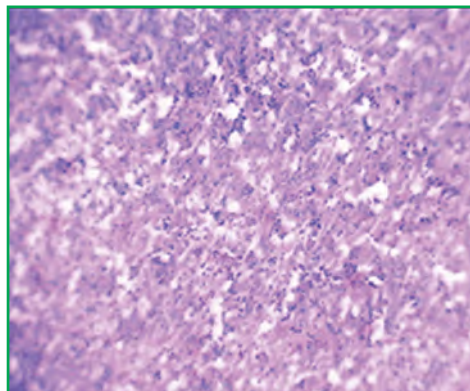


Рис. 8. Паренхима печени цыплят-бройлеров (пробиотик) в норме. Отдельные гепатоциты в стадии деления

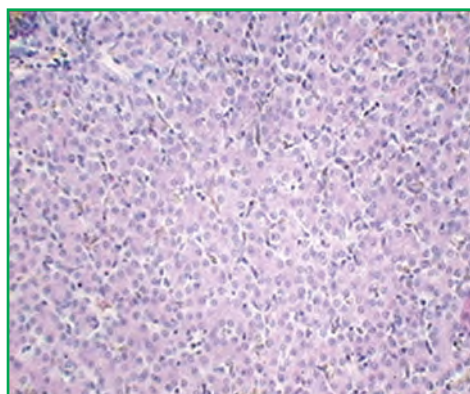


Рис. 9. Нарушение структуры ворсинок тонкой кишки цыплят-бройлеров (контроль)

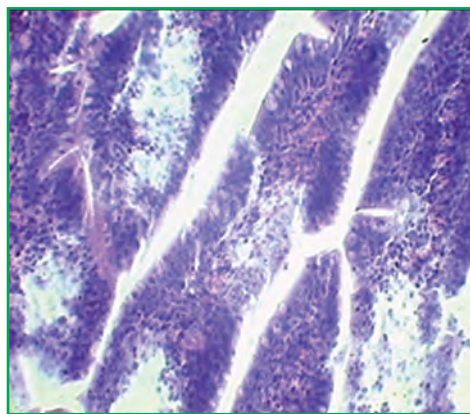


Рис. 10. Ворсинки тонкой кишки цыплят-бройлеров (пробиотик) в пределах нормы

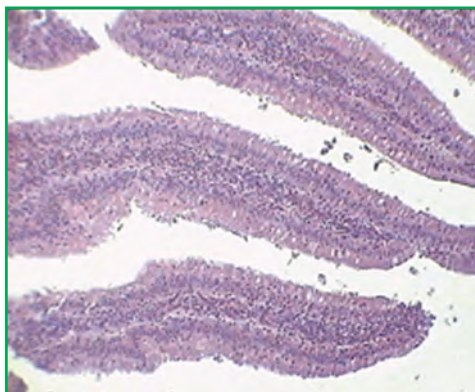


Рис. 11. Ножные мышцы цыплят-бройлеров (контроль). Перерождение мышечного волокна в жировую ткань

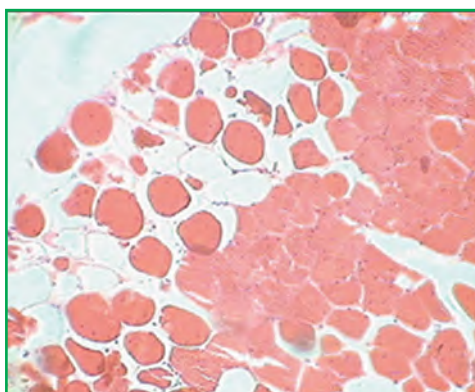
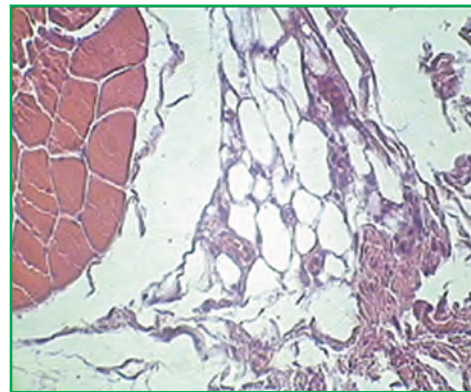


Рис. 12. Ножные мышцы цыплят-бройлеров (пробиотик). Мышечное волокно и жировая ткань в пределах нормы



Выводы

В природных условиях в процессе роста и в репродуктивный период животные и птицы ежедневно пополняют свой организм почвенными микроорганизмами (в том числе *Bacillus subtilis*), которые поддерживают в оптимальном режиме работу микрофлоры желудочно-кишечного тракта и выработку иммунных тел. Этот природный симбиоз макро- и микроорганизмов, сложившийся в процессе эволюции, обеспечивает нормальное функционирование пищеварительной и иммунной систем, а также организма в целом, поэтому его следует в обязательном порядке поддерживать с помощью пробиотиков у животных и птиц, содержащихся на сельхозпредприятиях, особенно промышленного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусыгин П.О. Эффективность использования пробиотического препарата «Моноспорин» при микотоксикозах животных / П.О. Бусыгин, И.В. Коноплева // Инновационные решения актуальных проблем в АПК: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Екатеринбург: Уральское издательство. 2013; 26–29.
2. Дроздова Л.И. Роль пробиотиков в жизнедеятельности животных и птиц / Л.И. Дроздова, У.И. Кундюкова, Н.В. Архипенко // Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК: Сборник материалов конференции. Екатеринбург: Уральский ГАУ. 2018; 129–139.
3. Дроздова Л.И. Влияние пробиотических препаратов на экологические аспекты качества мясной продукции птицеводства / Л.И. Дроздова, А.А. Невская, И.А. Лебедева // Химия и жизнь — XXI век. 2012; 1: 151–158.
4. Игнатьев В.Э. Влияние *Bacillus subtilis* на биохимические показатели мяса и обмен кальция в костной ткани цыплят-бройлеров / В.Э. Игнатьев, И.А. Лебедева, М.В. Новикова // Молодой ученый. 2016; 5–6(110): 68–70.
5. Кошаев А.Г. Технологические аспекты производства и результаты применения кормовой добавки на основе ассоциативной микрофлоры в птицеводстве / А.Г. Кошаев, С.А. Калужный, Е.И. Мигина и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2014; 96: 1090–1113.
6. Лебедева И.А. Влияние *Bacillus subtilis* на формирование минерального обмена кур-несушек / И.А. Лебедева, М.В. Новикова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2016; 3: 186–188.
7. Лебедева И.А. Состояние селезенки у ремонтных молодых и кур-несушек при использовании *Bacillus subtilis* / И.А. Лебедева, Л.И. Дроздова, М.В. Новикова // Инновационное обеспечение яичного и мясного птицеводства России: Сборник материалов XVIII Международной конференции ВНАП. Сергиев Посад: Российское отделение ВНАП — НП «Научный центр по птицеводству». 2015; 347–349.
8. Лебедева И.А. Эффективность применения в птицеводстве биоконфлюэтов на основе пробиотических штаммов / И.А. Лебедева, Ж.А. Прокоева, С.В. Щепеткина // Биотехнология и общество в XXI веке: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский государственный университет. 2015; 370–374.
9. Лебедева И.А. Использование пробиотика «Моноспорин» в птицеводстве / И.А. Лебедева, М.В. Новикова // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. 2008; 4: 72, 73.
10. Мымрин В.С. Влияние пробиотического препарата «Бацелл» на повышение качества спермы быков-производителей / В.С. Мымрин, Л.В. Халтурина, И.А. Лебедева // Эффективное животноводство. 2016; 5: 30, 31.
11. Новикова М.В. Снижение риска патологий репродуктивной системы петухов при использовании пробиотика «Моноспорин» / М.В. Новикова, И.А. Лебедева, Л.И. Дроздова // Птица и птицепродукты. 2018; 3: 56, 57.
12. Рясосова М.В. Применение пробиотического препарата «Моноспорин» в комплексных схемах лечения коров с хроническим эндометритом // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Екатеринбург: Уральское издательство. 2012; 209–212.
13. Халтурина Л.В. Влияние пробиотической добавки к корму «Бацелл» на воспроизводительную способность быков-производителей // Сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. 2014; 144–146.
14. Чепуштанова О.В. Пробиотические препараты «Бацелл» и «Моноспорин» в свиноводстве / О.В. Чепуштанова, И.В. Черепанов, И.А. Лебедева // Разработка и испытание здоровьесберегающих технологий получения продукции животноводства: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург: ИП Кузнецова Н.Н. 2008; 139–141.
15. Якубенко Е.В. Эффективность применения пробиотиков «Бацелл» и «Моноспорин» разных технологий получения в составе комбиормов для цыплят / Е.В. Якубенко, А.И. Петенко, А.Г. Кошаев // Ветеринария Кубани. 2009; 4: 2–5.

Статья была опубликована в журнале «Птица и птицепродукты» № 3, 2022 г.

На правах рекламы

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТRENDS, NOVELTIES

НОВИНКА ДЛЯ КОЗЕВОДСТВА: ЗЦМ ДЛЯ ВЫПОЙКИ КОЗЛЯТ «БИОЛАКТИС»

Сегодня в России животноводство на подъеме, и козоводство — одна из наиболее перспективных отраслей с учетом невысоких затрат по сравнению с разведением крупного рогатого скота и ростом спроса на козье молоко.

Всё больше фермеров отдают предпочтение заменителям цельного молока (ЗЦМ) для выпойки молодняка. Одним из ключевых производителей отечественных ЗЦМ является Уральский маслозавод, зарекомендовавший себя надежным поставщиком продукции для животноводства. Торговые марки «Биолактис» и «Агро-милк» хорошо известны как крупным агрохолдингам, так и мелким фермерам.

В настоящее время УМЗ выпускает заменители цельного молока для выпойки телят, поросят, а с недавнего времени на рынке появился ЗЦМ для козлят.

Руководитель проекта ЗЦМ для животных ТМ «Биолактис» Евгений Марков рассказал о новинке.

— **Для чего нужны ЗЦМ при выращивании сельскохозяйственных животных?**

— По своим свойствам ЗЦМ ничем не уступает цельному молоку, и стоимость его ниже. В Европе аналоги молока появились еще в конце прошлого века и прекрасно себя зарекомендовали. В России мы идем в ногу с современными тенденциями и постоянно ищем возможность для наших фермеров сократить затраты и повысить эффективность.

— **Под брендом «Биолактис» выпускаются ЗЦМ для телят и поросят. Теперь еще и для козлят. Расскажите подробнее об этом продукте.**

— Наши специалисты в сотрудничестве с ветеринарной академией тщательно разработали рецептуру ЗЦМ именно для козлят с учетом особенности состава животного молока.

Продукт обогащен необходимыми минералами, витаминами и микроэлементами, содержание белково-жирового концентрата составляет не менее 75%. При этом исключены антибиотики и тяжелые металлы.

Заменители цельного и обезжиренного молока для кормления сельскохозяйственных от УМЗ:

- **заменители молока для выпойки телят;**
- **заменители молока для выпойки козлят и поросят;**
- **кормовая добавка для козлят и ягнят.**

Использование кормовых добавок и смесей снижает рост болезнетворных бактерий, предотвращает расстройство ЖКТ. Все смеси сбалансированы по биохимическому составу. Продукция имеет оптимальную усвояемость, стимулирует рост молодого поголовья.



Опытные технологи следят за соблюдением микробиологических показателей, поэтому выпаивать козлят специализированным ЗЦМ «Биолактис» можно буквально со второго дня жизни.

Важно соблюдать условия хранения концентрата молока и точные пропорции его разведения. В первые дни кормить молодых козлят следует из бутылочки, чтобы вырабатывался сосательный рефлекс. Это благоприятно сказывается на пищеварении.

— **Как животноводы оценивают ЗЦМ «Биолактис»?**

— Обратная связь очень важна для постоянного совершенствования продукции. Наши специалисты всегда готовы разъяснить, как точно готовить раствор ЗЦМ из сухого концентрата молока, как кормить молодняк и соблюдать нормы выпойки.

Практически все отзывы на «Биолактис» положительные. Организм даже новорожденных козлят прекрасно усваивает ЗЦМ, животные хорошо себя чувствуют, быстро набирают вес и растут здоровыми.

— **Имеются ли на продукцию «Биолактис» ветеринарные сертификаты?**

— Сухие смеси для выпойки молодняка производятся на современном оборудовании, установленном на собственных производственных площадях, с использованием качественных ингредиентов и добавок. Хранение готовой продукции производится на оборудованных складах, что гарантирует качество.

Продукция имеет сертификат и декларацию соответствия государственного формата.

На каждом этапе производства, хранения, отгрузки продукции ведется строгий контроль качества.

— **Как вы оцениваете востребованность ЗЦМ для выпойки козлят в России?**

— Согласно данным Росстата, на конец 2022 года поголовье коз в сельскохозяйственных организациях выросло на 12,6% по сравнению с 2021 годом. В Ежегоднике по племенной работе в овцеводстве и козоводстве Минсельхоза сообщается, что в хозяйствах всех категорий общая численность коз по состоянию на 31 декабря 2021 года составила 1,8 миллиона голов коз. При этом отмечена тенденция к успешному развитию молочного козоводства.

На XXIII Российской выставке племенных овец и коз в Дагестане, которая состоялась в мае 2023 года, руководитель Минсельхоза России Дмитрий Патрушев подчеркнул важность развития козоводства.

Мы понимаем, что козоводческие хозяйства будут расти, стало быть, увеличится потребность в качественном и недорогом заменителе цельного молока для молодняка.

Сегодня мы работаем не только с животноводческими хозяйствами в России, поставляем продукцию и в страны СНГ. Перспективы развития очень неплохие.

Отдел продаж «БИОЛАКТИС»
454045, г. Челябинск, ул. Маслобазовая, д. 6
Тел. +7 (351) 220-31-21; доб. номера 405, 407;
8 (922) 724-15-58
sales@biolaktis.ru
www.biolaktis.ru

НОВА
ИН
КА



Заменитель молока для козлят и ягнят ЗЦМ БИОЛАКТИС 25

Для выпойки козлят и ягнят со 2 дня.
ЗЦМ «Биолактис» - оптимальное соотношение
молочных и растительных компонентов
с добавлением витаминных, минеральных комплексов
и пробиотиков, которые почти полностью
перекрывают потребность организма в них

Преимущества продукции серии «Биолактис»:

- ✓ предотвратит расстройства ЖКТ;
- ✓ снизит рост болезнетворных бактерий;
- ✓ все смеси сбалансированы по биохимическому составу;
- ✓ продукция имеет оптимальную усвояемость;
- ✓ стимулирует быстрый рост молодого поголовья;
- ✓ легко растворяются



эксперт на рынке кормов и кормовых добавок



предлагаем комплексные технологии кормления



сбалансированный продуктовый портфель



несем ответственность за результат



организуем доставку



Реклама



+7 351 262-18-22



sales@biolaktis.ru



www.biolaktis.ru

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ФАКТОР УКРЕПЛЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Актуальные вопросы обеспечения продовольственной безопасности обсудили участники пресс-конференции, прошедшей 27 ноября в ММПЦ «Россия сегодня». Особый интерес вызвал доклад «Органическое земледелие и устойчивое развитие сельских территорий» заведующего кафедрой земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, доктора биологических наук, профессора Александра Яковлева.



В своем выступлении Александр Сергеевич Яковлев акцентировал внимание на связи продовольственной безопасности с качеством продукции и с качеством жизни населения сельских территорий. «Важность темы Органическое земледелие и устойчивое развитие сельских территорий заключается в достижении оптимизации взаимного влияния между сельскохозяйственными угодьями и окружающими их компонентами природной среды (в их числе почва, недра, атмосфера, водные среды, животный и растительный мир) и, как следствие, в достижении безопасности для жителей сельских территорий», — пояснил он.

В презентации докладчик указал, что оптимизация аграрного, природного и социального секторов в практическом плане предполагает естественную взаимозависимость по линиям чистой органической продукции, здоровой почвы и окружающей природной среды, здоровой среды обитания человека.

Исходным действующим началом (драйвером) развития сельских территорий и качества жизни сельского населения может служить система органического земледелия, которая предполагает минимизацию

антропогенной нагрузки на агроценозы и окружающую среду, отметил спикер. По его словам, идея органического земледелия заключается прежде всего в здоровой почве как основе окружающей природной среды в целом и безопасную среду обитания человека.

Основное, с чем приходится сталкиваться службам мониторинга и контроля качества почв и земель, — это проблемы оценки антропогенного влияния на агроценозы и окружающую среду. В настоящее время в процессе мониторинга, контроля качества почв и продукции сельского хозяйства опора делается на санитарно-гигиенические нормы, направленные преимущественно на защиту человека, отметил спикер. «При этом важная экологическая составляющая защиты природы еще недостаточно развита. Но она крайне необходима, так как природа на порядок чувствительнее людей к антропогенной нагрузке. Соответственно, неуверенность местного населения в оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты и недостаточно развитая система информации, мониторинга и контроля приводят к росту определенной напряженности в сельских регионах нашей страны. В результате множатся различные легенды.

Например, что при опылении полей пчела не долетает до улья, а куры не клюют зерно, обработанное пестицидами. Или что цена ведра необработанного зерна на сельском рынке в 10 раз выше, чем с обрабатываемых площадей. Причем эти легенды зачастую рождаются не на пустом месте. Какой выход мы видим? Каким образом можно снять экологическую и социальную напряженность в сельских регионах? Какие к этому существуют практические и научные предпосылки? К практическим предпосылкам можно отнести динамику естественного развития системы органического земледелия в стране и мире. Например, за 2000–2018 годы более чем в 5 раз выросли площади предназначенных для ведения сельского хозяйства земель и соответствующий объем продаж органической продукции. В практическом



плане дороги органическому земледелию, (а следовательно, и устойчивой жизни на селе) прокладывает малое и среднее семейное предпринимательство. Причем усилия малого и среднего бизнеса, по нашим наблюдениям, направлены не только на поэтапное развитие системы органического земледелия, но и на обустройство на селе комфортной жизни. Таким образом, данная категория землепользователей вносит весомую лепту в гармонизацию экологической и социальной обстановки на российских аграрных территориях. К научно-практическим предпосылкам развития органического земледелия можно отнести и то, что большая наука страны занимается преодолением сложившейся неопределенности и дезориентированности в органическом земледелии и получении чистой продукции. Какая же конкретно наука в первую очередь отвечает за решение этих проблем? Поскольку качество органической продукции напрямую связано с качеством почвы, в центре рассматриваемых проблем оказались наука и практика почвоведения и землепользования. На сегодняшний день нашей наукой решается главная задача: чистая органическая продукция — это миф или реальность? Где пределы роста этой чистоты почв и продукции? Как, например, быть с остаточным содержанием токсикантов, накопившихся в почве? Ученые МГУ считают, что возникшие глобальные проблемы — не пределы роста, а вызовы, которые следует преодолеть. Для этого необходимо направить технологический уклад не на рост потребления, а на решение глобальных проблем в экологии и других родах деятельности, в частности в поиске разумного соотношения количества и качества продукции. Мы обозначили основные пути решения этой проблемы в организационном и научном плане. Они заключаются в минимизации или исключении негативного влияния химизации агроландшафтов на почвы, на сопредельные природные среды и территории сельских поселений путем введения новых агрономических технологий, эталонирования земель и новых методов защиты растений», — резюмировал ученый.



Экологи и почвоведы видят достижение успеха в указанных направлениях деятельности, а именно в гармонизации и оптимизации уровней внутреннего и внешнего экологического функционирования почв и земель агроландшафтов с окружающей средой и территориями сельских поселений, отметил докладчик. Он пояснил, что внутреннее функционирование включает оптимальные значения физических, химических и биологических показателей экологического состояния непосредственно почв, а внешнее — оптимальные значения прямой — обратной связи экологического состояния почв с сопредельными природными средами. «Важно подчеркнуть, что характеристика этих двух видов функционирования лежит в основе всей современной системы оценки и нормирования качества почв и других компонентов окружающей среды как в области санитарно-гигиенического, так и экологического направлений», — сказал профессор.

Спикер отметил, что в основе научно-практической поддержки органического земледелия лежат:

1) разработка единых подходов к экологической и санитарно-гигиенической оценке и нормированию качества агроландшафтов на основе идеи регулирования внутреннего и внешнего функционирования почв, а также природных комплексов земельных участков разного хозяйственного назначения;

2) объединение разрозненных структур экологического мониторинга и контроля страны на базе единых принципов оценки и нормирования качества почв и земель;

3) подготовка и принятие Федерального закона «Об охране почв» с целью консолидации усилий по устранению межведомственной разобщенности в области охраны почв и окружающей среды в целом.

Таким образом, расширение органического сельскохозяйственного производства в нашей стране (в сочетании с развитием малого и среднего семейного предпринимательства на селе) рассматривается как перспективный драйвер совершенствования системы охраны и восстановления природных свойств почв и устойчивого развития сельских территорий, заключил ученый.

Ю.Г. Седова



ПОЧЕМУ ИМЕННО СОЯ? «ТАРГЕТ АГРО» — О НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ РОССИЙСКИХ ФЕРМЕРОВ

Соя — одна из самых выгодных в производстве и реализации культур. При должном подходе ее достаточно просто выращивать. Кроме того, спрос на нее с каждым годом растет.

Почему стоит выращивать сою

В основном эту культуру приобретает Китай, который много лет сотрудничает с аграриями Амурской области. Но это не значит, что рынок пресыщен производителями. Напротив, их число должно расти. Мир открыт для покупки сои, а значит, самое время не только задуматься о ее выращивании, но и перейти к активным действиям.

В разных регионах выращивания к сое (а точнее, к подбору сортов) предъявляют различные требования. Соя — теплолюбивая культура, любящая влагу. Но технологии и селекция развиваются, поэтому сегодня практически любой регион в России может подобрать сорта, которые успеют созреть за короткий промежуток времени и при том количестве осадков, которое свойственно местному климату.

На что обратить внимание при выборе сорта

Чтобы определиться с правильностью выбора сорта сои для посевной, необходимо особое внимание уделить следующим показателям:

- вегетационному периоду (количество дней от начала прорастания до полного созревания сорта);
- количеству (сумме) положительных температур (более 10 °C);
- содержанию протеина (белка), заложенного в геномике сорта;
- устойчивости сорта к стрессовым ситуациям (болезни, полеганию, растрескиванию);
- высоте прикрепления нижнего боба;
- качеству и правильности подготовки и подработки семенного материала.

В портфеле продуктов компании «Таргет Агро» представлены качественные и отборные семена сои, которые различны по многим характеристикам: высокопротеиновые, высокоурожайные и интенсивные. Эксперты помогут определиться с выбором подходящего сорта как отечественной селекции (ВНИИ сои, НПО «Соя-Центр»), так и зарубежной (Prograin, Lidea) селекции.

Как подготовить семена

Один из важнейших показателей, влияющих на урожайность, — правильность подготовки семенного материала. Многие хозяйства подрабатывают семена самостоятельно, но намного эффективнее подработка семян на промышленном оборудовании. Качественная подработка позволяет увеличить показатели всхожести до 99%, что позволяет снизить норму высева и увеличить урожайность. Так, подготовка семенного материала ведется на современном высокотехнологичном



«Таргет Агро» — это:

- лучшие практики и накопленный опыт выращивания, которым специалисты готовы делиться с другими регионами;
- 11 филиалов в России — от Приморья до Курска;
- агропровождение клиента — от выбора агротехнологии до сбора урожая;
- выкуп и реализация вашей продукции на рынках России и зарубежья.

семенном заводе «Таргет Агро». Технологический процесс включает в себя предочистку, камнеотборку, фракционер, полировку фотосепарацию, пневмостол и протравку.

Важным приемом в протравке семян сои является инокуляция, которая позволяет формировать на корне сои крупные азотфиксирующие клубеньки для фиксации в нужном объеме атмосферного азота, что приводит к увеличению урожайности и содержанию белка в сое.

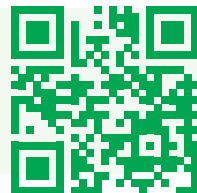
Генеральный директор «Таргет Агро» Степан Инюточкин уверен, что рынку сегодня нужны готовые решения. На ошибки просто нет времени. У организации как раз есть то, что нужно любому фермеру, — услуга агропровождения. Специалисты компании просто берут вас за руку и помогают пройти сельхозсезон без проблем, используя многолетний опыт компании, прошедшей проверку временем и мировыми финансовыми кризисами.

Кто, как не специалисты с исторической родины сои — Дальнего Востока (в частности, Амурской области), знает больше о выращивании сои. «Таргет Агро» — это спасительный ключ, который подходит к любым проблемам сельхозтоваропроизводителей.

В чем преимущества сотрудничества с «Таргет Агро»

За 10 лет работы компания выстроила комплексную экосистему для агробизнеса от семян и гибридов, средств защиты растений, микро- и макропитания, цифровых решений в точном земледелии, агрономической экспертизы и сопровождения, а также готова взять на себя заботы по реализации вашего урожая — как внутри России, так и на экспорт.

Отдел продаж:
Тел. 8 (800) 200-62-18
info@targetagro.ru
www.targetagro.ru





Качественные **семена сои** - залог вашей рентабельности

В наличии высокопродуктивные сорта сои разных групп спелости, пригодные для промышленного возделывания в ЦФО, Нижнем и Среднем Поволжье, Южном Урале, Западной и Восточной Сибири, Дальнем Востоке.

Припять

Волма

Говернор

Кофу

Фавор



РЕКЛАМА

www.targetagro.ru



ТАРГЕТ АГРО

Телефон отдела продаж:
8(800)200-62-18

ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ

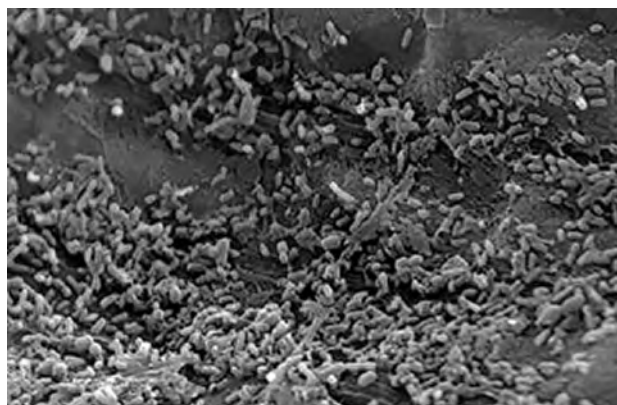
ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ — уникальная* система обработки семян для полноценного азотного питания сои и подавления комплекса грибных и бактериальных патогенов.

Система обработки семян ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ состоит из трех компонентов:

- ХАЙКОУТ® СУПЕР СОЯ — чистый препарат клубеньковой бактерии *Bradyrhizobium japonicum* на водной основе;
- ХАЙКОУТ® СУПЕР ЭКСТЕНДЕР — питательный раствор сахаров;
- ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ — чистый препарат бактерии *Bacillus amyloliquefaciens*.

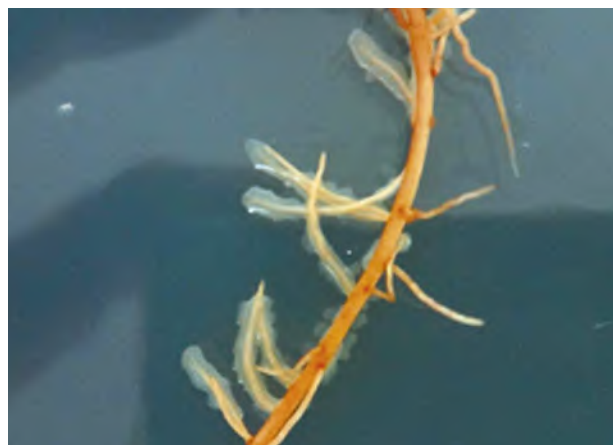
■ Как работает ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ

1. Клетки *Bacillus amyloliquefaciens* быстро разрастаются, заполняя внешнюю поверхность корня, потребляя азот и углерод из корневых выделений.



Клетки *Bacillus amyloliquefaciens* колонизируют корень сои

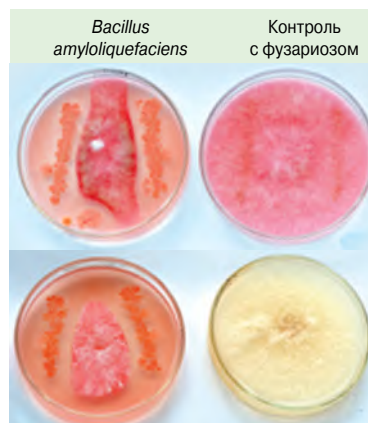
2. Клетки *Bacillus amyloliquefaciens* формируют защитную биопленку на поверхности растущего корня, тем самым не давая возможности патогену механически проникнуть к корню.



3. По мере размножения клетки бактерии *Bacillus amyloliquefaciens* выделяют активные метаболиты, которые подавляют или контролируют рост комплекса грибных патогенов (фузариоз и ризоктониоз) и бактериоза.

■ Подавление роста видов фузариума

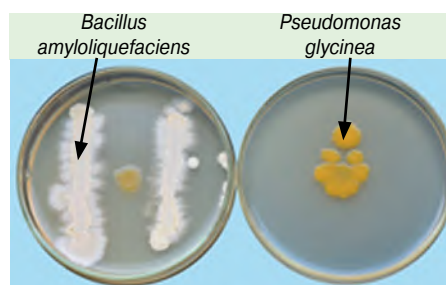
Клетки бактерии *Bacillus amyloliquefaciens* способны подавлять развитие фузариоза и ризоктониоза. Это хорошо видно на данном модельном опыте, в котором мы поместили на чашки Петри разные виды фузариума и бактериальный препарат ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ. В результате наблюдалось подавление развития фузариоза, мицелий которого просто не мог занять или перерасти зону, занятую колониями *Bacillus amyloliquefaciens*.



ФГБУН институт микробиологии им. С.Н. Виноградского. 2020 г.

■ Подавление роста бактериоза сои

Помимо подавления грибных патогенов и отличного дополнительного действия к фунгицидным протравителям, от ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ можно ожидать и контроля такого опасного патогена, как бактериоз сои, который крайне трудно контролируется препаратами, доступными на сегодня. Для демонстрации эффективности мы заложили опыт с бактериозом сои — *Pseudomonas glycinea* и инокулянт ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ. Здесь также наблюдается подавление роста и развития колоний бактериоза сои.



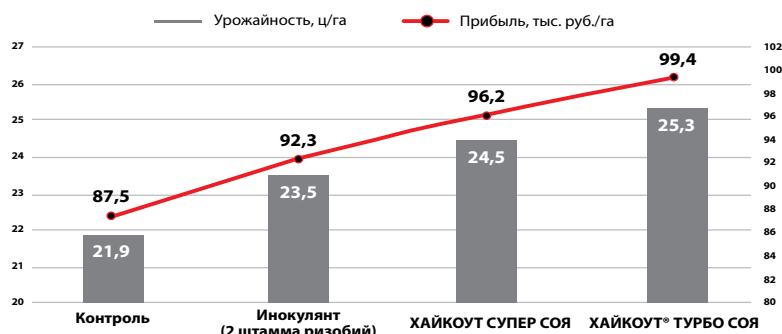
ФГБУН институт микробиологии им. С.Н. Виноградского. 2020 г.

Таким образом, при применении инокулянта ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ, помимо эффективной азотфиксации, мы получаем возможность контроля и такого опасного патогена сои, как бактериоз. Одним словом, в системе обработки семян ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ к эффективному и качественному инокулянту (ризобии, фиксирующей азот) добавляется вторая бактерия, которая усиливает действие химических протравителей по основным корневым гнилям сои, а также позволяет подавлять развитие бактериоза сои.

* Под словом «уникальный» подразумевается запатентованная формуляция инокулянта и питательного раствора ЭКСТЕНДЕР, содержащая штаммы ризобий 532С и *Bacillus amyloliquefaciens* штамм МВ1600.

Результаты демонстрационных испытаний

Сравнение эффективности различных инокулянтов. 2021–2023 гг.



Среднее значение по данным АгроЦентров BASF за три года (n = 7).
Стоимость сои — 40 руб/кг, стоимость инокулянтов — согласно прайс-листу 2023 г.

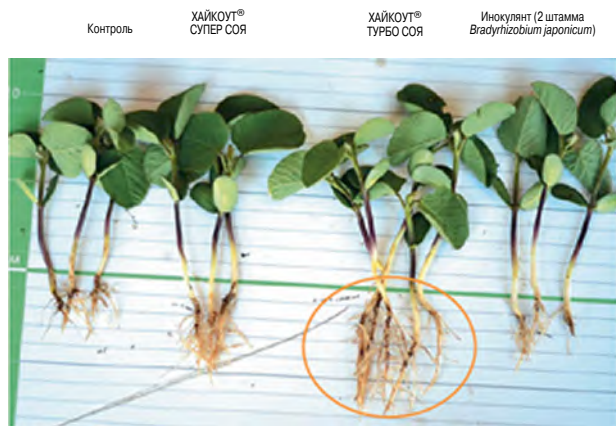
По результатам трехлетних испытаний в АгроЦентрах BASF на варианте с ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ была зафиксирована максимальная эффективность (урожайность и рентабельность). Так, средняя прибавка урожайности от применения ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ составила 3,4 ц/га по сравнению с контрольным вариантом и 1,8 ц/га по сравнению с инокулянтом, содержащим два штамма ризобий.

■ Применение системы ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ позволило эффективно проконтролировать бактериоз сои на опытном участке.



АгроЦентр BASF. г. Благовещенск. 2023 г.

■ На варианте ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ длина корней на 84% больше, чем на варианте с инокулянтом сравнения, уже на стадии примордиальных листьев → турбоэффект!



Анализ морфологии корней

	толщина корня, ед.	длина корня, ед.	% к варианту сравнения
Инокулянт сравнения (2 штамма <i>Bradyrhizobium japonicum</i>)	334	270	100
ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ	552	449	184



АгроЦентр BASF. г. Краснодар. 2021 г.

■ В АгроЦентре BASF г. Краснодар ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ способствовал развитию мощной корневой системы.



АгроЦентр BASF. г. Краснодар. 2023 г.

■ Обработка ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ способствует активации защитных механизмов растения и ускорению процессов роста тканей корня и листьев.



АгроЦентр BASF. г. Благовещенск. 2023 г.



На урожайность сои влияет многое, но особую роль в развитии здоровых и высокопродуктивных растений играет своевременная и грамотная инокуляция. О том, как технологии BASF помогают получать отличные результаты по всему миру, мы поговорили с руководителем направления исследований и разработок BASF США Пиромом Карги.



Современные технологии выращивания сои уже невозможно представить без инокулянтов, помогающих растениям усваивать азот. В новом видео мы расскажем о преимуществах системы ХАЙКОУТ® ТУРБО СОЯ, а также поделимся результатами опытов. Смотрите и узнавайте больше о том, как вырастить богатый урожай сои с помощью решений компании BASF.

BASF
We create chemistry

www.agro.basf.ru
agro-service@basf.com
podpiska.basf.ru —
онлайн-подписка
на рассылку региональных
имейл-рекомендаций BASF

СТАРТАПЫ — ВЕКТОР РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА

В сентябре 2023 года старейшему ветеринарному вузу России — Санкт-Петербургскому университету ветеринарной медицины — исполнилось 215 лет!

История университета неотделима от истории страны, становления и развития системы ветеринарного образования. Соблюдая традиции, сегодня вуз является инновационным центром для разработки и тиражирования новых технологий и практик в сфере ветеринарии, биологии и аквакультуре, формирует передовые научные школы.

Одним из основных направлений деятельности университета является привлечение студентов в научно-исследовательские общества для участия в проектах. Но мы решили пойти дальше. Прорывным событием для университета в 2022 году стало открытие стартап-студии в рамках гранта Министерства науки и высшего образования России. Деятельность стартап-студии заключается в поиске перспективных гипотез и научных идей, создании на их основе уникальных продуктов и услуг, отвечающих современным запросам потенциальных пользователей и требованиям рынка.

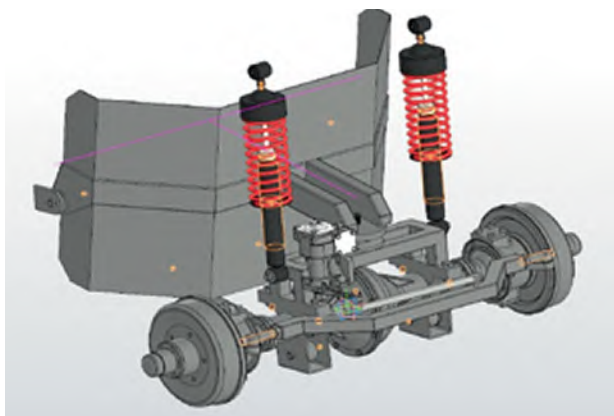
Команда стартап-студии в своей работе идет на опережение плана. За 10 месяцев создано 25 университетских стартап-проектов, из которых 15 получили статус полноценных стартапов с общим объемом финансирования 60 млн рублей. Зарегистрированы 13 юридических лиц, трудоустроены 15 студентов и 4 сотрудника вуза. В целом к деятельности студии и созданных ею стартапов в рамках Федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» привлечены 40 студентов и сотрудников университета.

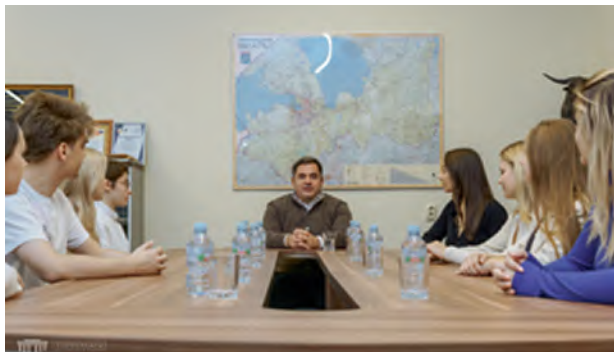
В стартап-студии мы привлекаем талантливую молодежь и постоянно проводим различные тренинги и мозговые штурмы. Основной фокус деятельности — выявление и развитие предпринимательских компетенций студентов, аспирантов и сотрудников университета, а также стимулирование технологического предпринимательства.

Не все студенты сразу и одновременно вливаются в коллектив, некоторые делают шаг назад. Но в дальнейшем, проходя практику на предприятиях, понимают, что их проекты могут быть востребованы. Обогащенные этими идеями, они возвращаются в стартап-студию для их реализации.

В проектной деятельности уже появилось горизонтальное взаимодействие, когда команды стартапов помогают друг другу. Так, одна команда стартапа может качественно проработать технологию, которая станет моделью для идеи другой. Мы выстраиваем партнерское взаимоотношение. У нас одна общая команда, которая стремится к общему результату: сделать инновационный продукт, провести тестовые испытания в реальных условиях и масштабироваться на рынке стран БРИКС.

На данный момент в стартап-студии создано восемь проектов аграрной направленности. Один из таких проектов — GenStore. Это комплекс автоматизированной измерительной системы определения фенотипических признаков живых организмов и система сбора и анализа информации. Полученная информация будет





сопоставляться с результатами молекулярно-генетического исследования. Данный комплекс может быть востребован в сельском хозяйстве для оценки рисков наследственных заболеваний, отклонений в развитии и снижения продуктивности животных.

В проекте «Цифровой Кентавр» конечным продуктом станет система автономного управления и навигации беспилотной роботизированной платформы для погрузки и раздачи готовой кормосмеси по группам животных. Данный комплекс позволяет заменить двух механизаторов на молочной ферме, что значительно улучшает эффективность и условия содержания животных. В результате — увеличение производительности и снижение затрат для фермеров.

Цифровой доильный робот Milkea — это трехтактный доильный аппарат попарного действия, имитирующий физиологию сосания теленком коровы. Он исключает травмирование вымени, позволяет получать высококачественное молоко и увеличивать продуктивность животного. Инновационное решение комбинирует технологии и сенсоры для обеспечения эффективного и комфортного процесса доения коров. Внедрение цифрового доильного робота, который сам находит животное и сдаивает сырое молоко, позволяет отказаться от доярок на ферме.

Роботизированная платформа для приготовления кормосмеси для животных «Агрокитчен» позволяет автоматизировать и контролировать процессы взвешивания, дозирования и нарезки ингредиентов, а также способна автоматически адаптировать рецептуру кормосмеси в реальном времени в зависимости от актуальных данных о состоянии животных и изменяющихся климатических условий. Это значительно повышает эффективность кормления, улучшает здоровье и продуктивность животных, а также сокращает расходы на корма.

В рамках проекта «Посейдон» разрабатывается система дистанционного мониторинга показателей воды в поилках для животных. Система оповещает сотрудников сельскохозяйственных предприятий о случаях отклонения показателей от нормы, позволяет осуществлять аналитику данных для выявления проблемных зон. Это позволит минимизировать негативные эффекты здоровья животных.

В проекте CyberVet конечный продукт — экспертная система для подбора рационов питания, схем лечения и ветеринарных препаратов. На практике технология может быть использована в ветеринарных клиниках, так как она полностью ориентирована на взаимодействие ветеринарного врача-диетолога, животного и его владельца. Проект направлен на решение проблем нехватки квалифицированных кадров в области диетологии и ветеринарной медицины.

Проект Artificia lite направлен на разработку системы многозонального освещения и питания растений с использованием искусственного интеллекта. Это позволяет существенно увеличить урожайность и качество кормовых фитодобавок, обеспечивая оптимальное освещение растений в условиях закрытого грунта. Продукт предназначен для сельскохозяйственных предприятий, занимающихся производством кормовых фитодобавок, с целью оптимизации процесса выращивания и увеличения продуктивности.

В SunnyGen ведется работа по получению экспериментальной линии подсолнечника с внесенной целевой модификацией генома, которая обуславливает устойчивость к новым агрессивным расам паразитического растения — заразику кумской. В некоторых регионах поражение заразой полей, занятых подсолнечником, достигает до 60%, что существенно снижает его урожайность. Так, эффективно решается проблема поражения посевных площадей заразой, приводящая к существенным экономическим потерям при производстве подсолнечника.

Стартап-студия предоставляет студентам возможности создания решений для бизнес-процессов, развития продаж и клиентского сервиса, которые в дальнейшем могут успешно масштабироваться в современном цифровом сельском хозяйстве. Это бесценный мотивирующий и ценный опыт в обучении и последующей карьере. Стартапам — быть!



ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5

ЮБИЛЕЙНАЯ ВЫСТАВКА «АГРОС-2024»: ПЯТЬ ЛЕТ УСПЕШНОГО РАЗВИТИЯ НА БЛАГО ОТРАСЛИ



V Международная выставка племенного дела, кормов, ветеринарии и технологий для животноводства, свиноводства, птицеводства, кормопроизводства и зернохранения пройдет с 24 по 26 января 2024 года в МВЦ «Крокус Экспо» в Москве. О выставке, ее пути, целях и задачах рассказал генеральный директор ООО «Агрос Экспо» Геннадий Мындрю.

Как вы оцениваете пятилетний путь развития выставки «АГРОС»?

Наш путь удивительный и вдохновляющий. Небольшая, но полная энтузиазма команда профессионалов успешно запустила и последовательно растила этот замечательный проект. Начиная с небольшой выставки в 2020 году, мы преодолели трудности, связанные с пандемией, и достигли внушительных результатов, превратив «АГРОС» в одну из ведущих выставок АПК России и ЕАЭС в целом. Выставочная площадь пятой выставки в три раза превысит размеры мероприятия, а количество экспонентов вырастет вдвое — до порядка 600 компаний.

Как это возможно?

Вы хотите, чтобы я раскрыл секреты нашего успеха? Их нет. По моему мнению, ключевыми факторами являются профессионализм команды, нацеленность на созидание, честность по отношению к рынку и партнерам, понимание актуальных задач, стоящих перед отраслью, и ее потребностей.

Осознание задач позволяет организовать мероприятие, направленное на их решение. Это отражается как в растущем количестве предложений в рамках выставочной экспозиции, так и в распространяемых в рамках деловых мероприятий знаниях. В деловой программе 2024 года, кстати, выступят более 400 спикеров — рекордное число.

Мы проводим выставку после новогодних праздников и перед началом основных работ в сельском хозяйстве. Бизнес-атмосфера «АГРОС» в самом начале года стала для многих представителей бизнеса своеобразным «с 0 до 100 км/ч за 5 секунд».

В 2023 году вы ввели раздел «Оборудование для производства комбикормов и зернохранения». Успешно?

До этого (в 2021 году) мы запустили раздел «Корма и ветеринария». И что мы имеем сегодня? Целый выставочный зал с почти 200 участниками. Такие компании, как «АгроВитЭкс», ГК «ВИК», ГК «МЕГАМИКС», «Мустанг Технологии Кормления», Huverpharma, Lallemand Animal Nutrition, «Ярвет», и некоторые другие поддержали нас с самого начала. Огромная благодарность им и всем, кто сейчас участвует в выставке, за оказанное доверие.

Зерновая тема также развивается серьезными темпами. В 2024 году выбор решений в этом разделе увеличитсякратно. Особенно радует участие отечественных и белорусских компаний «Агро-Инжиниринг», «Агромиг», «Агропромтехника», Koblik Group, «Мельинвест», «Полымя», СКЭСС, «Технэкс», «Элеватормонтаж», «Элеваторстройдеталь» и других. Среди зарубежных участников компания «Асена» из Азербайджана, такие гранды, как Atlas Yem, FAMSUN, MYSILO, Obial, Oryem, и другие.





Охват выставки уже сейчас огромен. Планируете ли вы дальнейшее развитие?

Разделы выставки «АГРОС» связаны с темой животноводства, кормов, ветеринарии. Направление «Генетика и оборудование для молочного и мясного животноводства» широко представлено на выставке. С ним тесно взаимосвязан раздел «Техника и оборудование для кормопроизводства и кормозаготовки». Это те разделы, с которых начиналась выставка. Вы сами видите, насколько она за эти пять лет преобразилась. Дальнейшему развитию всех существующих тематик мы уделяем большое внимание. Запуск новых направлений зависит от потребностей и запросов отрасли.

Вы не упомянули тему птицеводства и свиноводства.

Действительно. С нее нужно было и начинать. Раздел «Генетика и оборудование для птицеводства и свиноводства» — самый динамично развивающийся на «АГРОС-2024». Многие ведущие производители приняли решение об участии впервые: Aytav, Babolna TETRA, «Биг Дачмен», Hog Slat Rus, Kunlong, Kutlusan, «ТЕХНА» и другие. Дополнительно учитывая предложение от порядка 200 компаний в разделе «Корма и ветеринария», птицеводы и свиноводы могут закрыть на «АГРОС» практически все волнующие их вопросы на долгое время вперед.

Параллельно с «АГРОС» вы запустили новую выставку «Картофель и Овощи Агротех» — Potato Horti Agritech. Расскажите о ней.

Выставка является ответом на запрос со стороны отрасли. Взаимосвязи с животноводством здесь нет,

поэтому это направление стало не разделом «АГРОС», а отдельной выставкой. Генеральный партнер мероприятия — Картофельный союз.

Выставка будет состоять из выставочной экспозиции и деловой программы. В совокупности на обеих выставках ожидаются более 600 участников, порядка 75 деловых мероприятий и более 17 тысяч посетителей — профессионалов АПК со всей России и из стран ЕАЭС.

Экспонентами выставки «Картофель и Овощи Агротех» — Potato Horti Agritech являются ведущие российские и зарубежные селекционеры, производители и поставщики техники, оборудования и других средств производства. Среди них: «Август», «Агрико Евразия», «Агро Эксперт Групп», «Алчак», «АПХ Групп», «ГК Шанс», «Гомсельмаш», «Гримме», «Дары Малиновки», «Интерагро», «Кузница — Коблик Групп», «Колнаг», «Костромской Картофель», LOVOL, «Норика-Славия», «Стронг Техник», «Щёлково Агрохим» и другие.

Что интересного мы можем ожидать от вашей команды в будущем?

Нашей основной целью всегда было создание одной из ведущих мировых отраслевых выставок под знаком «Сделано в России». Этот амбициозный проект требует решения множества задач. Мы активно работаем в этом направлении, что подтверждается постоянным ростом посетителей из стран ЕАЭС и утверждением нашей выставки как ключевого события в отрасли. Наш путь к достижению поставленной цели — поэтапный процесс, который вы можете наблюдать.

УДК 636:612.336.3

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45

А.Д. Филимонова ✉

А.А. Шабейкин

А.И. Лаишевцев

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

✉ angelina.fil2011@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.11.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45

Angelina D. Filimonova ✉

Alexander A. Shabeykin

Alexey I. Laishevtsev

Federal Scientific Center — All-Russian
Research Institute of Experimental Veterinary
Medicine named after K.I. Scriabin and
Y.R. Kovalenko of the Russian Academy
of Sciences, Moscow, Russia

✉ angelina.fil2011@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.11.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Проблема антибиотикорезистентности при терапии мелких домашних животных по данным лабораторных исследований в Москве за I полугодие 2023 года

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Повсеместное нерациональное использование антибиотиков превратило устойчивость к противомикробным препаратам в глобальную проблему не только в ветеринарии, но и в здравоохранении, которая усугубляется прекращением разработки антибиотиков. Данное исследование поможет практикующим врачам оперативно принимать решения по выбору тактики антибактериального лечения еще до результатов лабораторной диагностики.

Цель исследования — проведение кросс-секционного исследования за 2023 год на территории Московского мегаполиса, направленное на определение наиболее распространенных условно-патогенных возбудителей в популяциях животных-компаньонов, выявляемых при болезнях различных групп органов, с одновременным исследованием явления антибиотикорезистентности и составлением списка антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности.

Методы. Определение антибиотикочувствительности проводили дискодиффузным методом (ДДМ) в соответствии с МУК 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам».

Результаты. В результате исследовательской работы было проведено исследование образцов микробиологических посевов, взятых у животных-компаньонов (попугаев, кошек и собак домашнего содержания) на территории Московского мегаполиса и выделено 258 патогенов.

Были определены наиболее встречаемые бактерии:

- из мочевыделительной системы животных наиболее часто выделяются *Staphylococcus epidermidis* и *Escherichia coli*;
- из желудочно-кишечного тракта наиболее часто выделяются грамотрицательные патогены с преобладанием штаммов *Escherichia coli*;
- при дерматологических заболеваниях животных чаще всего выделяются грамположительные бактерии с доминированием *Staphylococcus spp.*

Была исследована антибиотикорезистентность патогенов, а также проведено ранжирование антибактериальных препаратов по эффективности к определенным видам микроорганизмов.

Ключевые слова: микробиологическое исследование, антибиотикорезистентность, патогенные бактерии, антибиотики, животные-компаньоны

Для цитирования: Филимонова А.Д., Шабейкин А.А., Лаишевцев А.И. Проблема антибиотикорезистентности при терапии мелких домашних животных по данным лабораторных исследований в Московском мегаполисе за I полугодие 2023 года. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 40–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45>

© Филимонова А.Д., Шабейкин А.А., Лаишевцев А.И.

The problem of antibiotic resistance in the treatment of small domestic animals according to laboratory research data in the Moscow metropolis for the first half of 2023

ABSTRACT

Relevance. Widespread irrational use of antibiotics has turned antimicrobial resistance into a global problem not only in veterinary medicine, but also in healthcare, which is exacerbated by the cessation of antibiotic development. This study will help practitioners to promptly make decisions on the choice of tactics of antibacterial treatment even before the results of laboratory diagnostics.

The aim of the study is to conduct a cross-sectional study for 2023 on the territory of the Moscow metropolis, aimed at determining the most common opportunistic pathogens in companion animal populations detected in diseases of various organ groups, while simultaneously investigating the phenomenon of antibiotic resistance and compiling a list of antibacterial agents with ranking by their effectiveness.

Methods. The determination of antibiotic sensitivity was carried out by the discodiffuse method (DDM) in accordance with MUC 4.2.1890-04 "Determination of the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs".

Results. As a result of the research work, a study of samples of microbiological crops taken from companion animals (parrots, cats and domestic dogs) on the territory of the Moscow metropolis was carried out and 258 pathogens were identified.

The most common bacteria were identified:

- *Staphylococcus epidermidis* and *Escherichia coli* are most often isolated from the urinary system of animals;
- gram-negative pathogens with a predominance of *Escherichia coli* strains are most often isolated from the gastrointestinal tract;
- in dermatological diseases of animals, gram-positive bacteria with the dominance of *Staphylococcus spp.* are most often isolated.

The antibiotic resistance of pathogens was investigated, as well as the ranking of antibacterial drugs by effectiveness to certain types of microorganisms was carried out.

Key words: microbiological research, antibiotic resistance, pathogenic bacteria, antibiotics, companion animals

For citation: Filimonova A.D., Shabeykin A.A., Laishevtsev A.I. The problem of antibiotic resistance in the treatment of small domestic animals according to laboratory research data in the Moscow metropolis for the first half of 2023. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 40–45 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-40-45>

© Filimonova A.D., Shabeykin A.A., Laishevtsev A.I.

Введение/Introduction

В 2017 году Всемирная организация здравоохранения опубликовала список из 12 устойчивых к антибиотикам приоритетных патогенных бактерий¹, включая *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter spp.*, которые могут вызывать опасные для жизни заболевания как для человека, так и для животных [1].

Отсутствие эффективных антибиотиков создает угрозу общественному здоровью, усугубляя проблемы здравоохранения [2].

Антибиотикорезистентность патогенов давно затронула многие развитые страны, по всему миру создаются специальные подразделения для контроля использования антибактериальных препаратов [3].

Проблема антибиотикорезистентности не обошла и Москву, ведь это крупнейший город Российской Федерации с населением более 13 млн человек, который является центральным звеном Московской агломерации, где содержатся миллионы животных-компаньонов, тесно связанных с людьми.

В ветеринарной практике каждому третьему животному назначаются антибиотики, и наиболее распространенным классом антибиотиков для системного применения являются пенициллины, где чаще всего выбираются амоксициллин + клавулановая кислота и ампициллин + сульбактам. Цефалоспорины первого поколения и фторхинолоны — второй или третий класс препаратов [4].

Среди существующих альтернативных методов лечения многообещающей является применение бактериофагов и эндолизингов [2, 5, 6].

Устойчивость к антибиотикам может возникать как в результате мутаций в уже существующем геноме бактерии, так и в результате поглощения чужеродной ДНК [7].

Бактериальные инфекции животных по характеру взаимодействия «возбудитель — хозяин» подразделяются на две крупные группы — облигатные патогены и условные патогены. Условно-патогенная микрофлора в большинстве случаев представлена бактериями, входящими в состав нормальной микрофлоры макроорганизма или окружающей среды, которые способны при условии воздействия определенных факторов и снижении резистентности животного вызвать развитие патологического процесса.

Некоторые виды условно-патогенных микроорганизмов могут стать настоящими устойчивыми патогенами, особенно для ослабленных животных и людей [8, 9].

Возбудители инфекционных бактериальных заболеваний, относимые к группе облигатных патогенов, распространяются между животными с формированием инфекционных циклов передачи. Для борьбы с ними проводятся противозoonотические мероприятия, прописанные в ветеринарных правилах. Например, для профилактики лептоспироза ежегодно проводится вакцинация всех собак, а при обнаружении бруцеллеза животное умерщвляется. В условиях отлаженной работы ветеринарной службы данная группа бактериальных заболеваний регистрируется относительно редко.

Заболевания, сопровождающиеся развитием условно-патогенных бактериальных инфекций у животных, носят массовый характер и требуют адекватного применения

антибиотиков [4]. С момента их появления в качестве терапевтических средств у многих бактерий развилась устойчивость к антибиотикам. Мобильные гены устойчивости, приобретенные путем горизонтального переноса генов, играют важную роль в этом процессе [10].

Цель исследования — провести кросс-секционные исследования на территории Московского мегаполиса, направленные на определение наиболее распространенных условно-патогенных возбудителей в популяциях животных-компаньонов, выявляемых при болезнях различных групп органов, с одновременным исследованием явления антибиотикорезистентности и составлением списка антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Отбор образцов для исследования проводился в ряде ветеринарных клиник г. Москвы, которые были выбраны рандомизированно в Восточном, Юго-Восточном, Южном, Юго-Западном, Западном и Северном административных округах (всего 18 клиник). С 01.01 по 01.07.2023 был получен (рандомизированно) биологический материал от животных (попугаи, домашние кошки и собаки) с клинико-морфологическими проявлениями различных заболеваний и разных возрастных категорий. Отбирались следующие материалы: моча (92 пробы); смывы из прямой кишки (7 проб); фекалии (12 проб); мазки из наружных слуховых проходов (17 проб); мазки-отпечатки с кожи (23 пробы); смывы со слизистых конъюнктивы, носовых ходов, ротовой полости (11 проб); аспирационный материал после бронхоальвеолярного лаважа (1 проба); мазки из наружных половых органов (5 проб); аспират из слюнных желез (1 проба); перитонеальная (2 пробы) и синовиальная жидкость (1 проба). Все материалы отбирались сотрудниками клиник.

Исследование проводили на базе лаборатории диагностики и контроля антибиотикорезистентности возбудителей наиболее клинически значимых инфекционных болезней животных Федерального научного центра — Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук с использованием стандартных бактериологических методов².

Питательные среды

При проведении комплексного бактериологического исследования были использованы: агар Мюллера-Хинтона (M173); агар Эндо (M029); висмут-сульфит агар (M027); основа колумбийского кровяного агара (M144); основа триптозного кровяного агара (M095); основа уреаза бульона (M111); питательный агар (M001); питательный бульон (M002); цитратный агар с дезоксирилатом натрия (M065); цитратный агар Симмонса (M099); эскулиновый агар с аزيدом и канамицином (M510) (Himedia, Индия).

В ходе проведения исследования использовано следующее оборудование: термостат с возможностью регулирования температуры Sanyo MIR-262 (Panasonic-Sanyo, Япония); микроскоп Jeneval (Carl Zeiss, ГДР); автоклав ВК-75 (АО «Тюменский завод медицинского оборудования и инструментов», Россия);

¹ GLASS Manual for Early Implementation 2017. World Health Organization. — ISBN: 9789241549400

² Руководство по медицинской микробиологии / Под ред. А.С. Лабинской, Е.Г. Волиной / А.С. Лабинская, Е.Г. Волина, Н.Е. Березкина и др. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008; 1: 1077. — ISBN 978-5-9518-0264-4. EDN WMPZJL

весы электронные AND GX-200 (AND Company Limited, Япония); ламинарный бокс БМБ-II-«Ламинар-С»-1,2 Neoteric (ЗАО «Ламинарные системы», Россия).

Определение антибиотикочувствительности проводили диско-диффузным методом (ДДМ) в соответствии с МУК 4.2.1890-04³.

В работе были использованы диски с: клиндамицином, амоксицином, гентамицином, доксициклином, азитромицином, имипенемом, линкомицином, левомицетином, неомицином, норфлоксацином, офлоксацином, полимиксином В, тилозином, тобрамицином, триметопримом, цефалексином, цефиксимом, цефоперазоном, цефотаксимом, цефтриаксоном, ципрофлоксацином, энрофлоксацином, ампициллином (Himedia, Индия).

Учет результатов проводился спустя 18–24 часа термостатирования по диаметру зон задержки роста бактерий, интерпретация результатов проводилась в соответствии с рекомендациями CLSI⁴ и EUCAST⁵ в зависимости от антибактериального средства.

Микроскопирование использовали для изучения морфологических и тинкториальных свойств культур микроорганизмов. Основным методом окраски при проведении работ являлся метод Грама⁶.

Результаты статистически обработаны с использованием программного обеспечения Microsoft Excel (Microsoft, США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

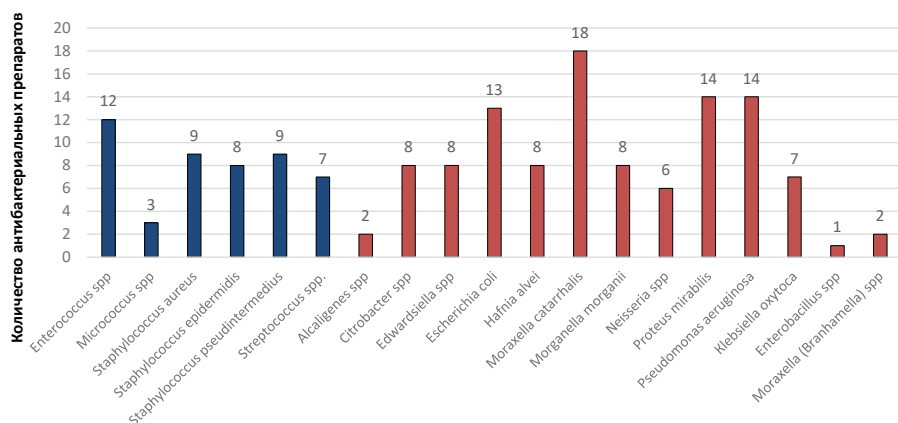
В результате исследования биологического материала, полученного от животных-компаньонов на территории Москвы, было выделено 258 бактериальных патогенов, среди которых грамположительных 143 (Г+) и грамотрицательных 115 (Г-). Исследовалась их чувствительность к 21 антибиотику для грамположительных и к 20 антибиотикам для грамотрицательных бактерий.

В биологическом материале (моча), полученном из мочевыделительной системы животных, всего было выявлено 54 грамположительных и 56 грамотрицательных бактериальных патогенов, из них наиболее часто встречаются *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Escherichia coli* (Г-).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамположительных патогенов в моче животных: *Staphylococcus epidermidis* (33%), *Staphylococcus pseudintermedius* (26%), *Staphylococcus aureus* (20%), *Enterococcus spp.* (9%), *Streptococcus spp.* (8%), *Micrococcus spp.* (4%). Определено процентное соотношение грамотрицательных патогенов в моче животных: *Escherichia coli* (34%), *Proteus mirabilis* (18%),

Рис. 1. Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных в моче животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

Fig. 1. Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated in animal urine (average value for each type of bacterium)



Грамположительные и грамотрицательные бактерии

Pseudomonas aeruginosa (5%), *Neisseria spp.* (5%), *Moraxella catarrhalis* (5%), *Hafnia alvei* (5%), *Edwardiella spp.* (5%), *Moraxella (Branhamella) spp.* (4%), *Enterobacillus spp.* (4%), *Klebsiella oxytoca* (4%), *Morganella morganii* (4%), *Citrobacter spp.* (4%), *Alcaligenes spp.* (4%).

Была изучена устойчивость бактерий, выделенных из мочевыделительной системы. Наиболее резистентными к антибактериальным препаратам оказались *Enterococcus spp.* и *Staphylococcus pseudintermedius* (Г+), а также *Moraxella catarrhalis*, *Proteus mirabilis* и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 1).

При ранжировании антибиотиков по эффективности получены следующие результаты: среди грамположительных бактерий (54 всего) оказались наиболее эффективными имипенем (подавлял рост 44 патогенов) и гентамицин (подавлял рост 35 патогенов), а среди грамотрицательных бактерий (56 всего) — азитромицин (подавлял рост 41 патогена) и гентамицин (подавлял рост 35 патогенов).

При исследовании образцов из желудочно-кишечного тракта (смывы из прямой кишки, фекалии) было выявлено 21 грамположительный и 30 грамотрицательных патогенов, среди которых чаще всего встречаются *Enterococcus spp.* (Г+) и *Escherichia coli* (Г-).

В результате исследования установлено процентное соотношение грамположительных патогенов в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) животных: *Enterococcus spp.* (33%), *Staphylococcus aureus* (19%), *Staphylococcus pseudintermedius* (14%), *Streptococcus spp.* (9,5%), *Micrococcus spp.* (9,5%), *Bacillus spp.* (5%), *Corynebacterium spp.* (5%), *Listeria monocytogenes* (5%).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамотрицательных патогенов в ЖКТ животных: *Escherichia coli* (40%), *Neisseria spp.* (13%), *Klebsiella spp.* (10%), *Moraxella catarrhalis* (10%), *Acinetobacter spp.* (7%), *Edwardiella spp.* (7%), *Shimwellia blattae* (7%), *Pseudomonas aeruginosa* (3%), *Shimwellia pseudoproteus* (3%).

³ МУК 4.2.1890-04 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам.

⁴ Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 33rd Edition, Chairholder: James S. Lewis II, PharmD, FIDSA. March 3, 2023. — ISBN 978-1-68440-171-0

⁵ European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters Version 12.0, valid from 2022-01-01

⁶ ГОСТ ISO 7218-2015. Межгосударственный стандарт. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям.

Рис. 2. Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

Fig. 2. Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated from the gastrointestinal tract of animals (average value for each type of bacterium)



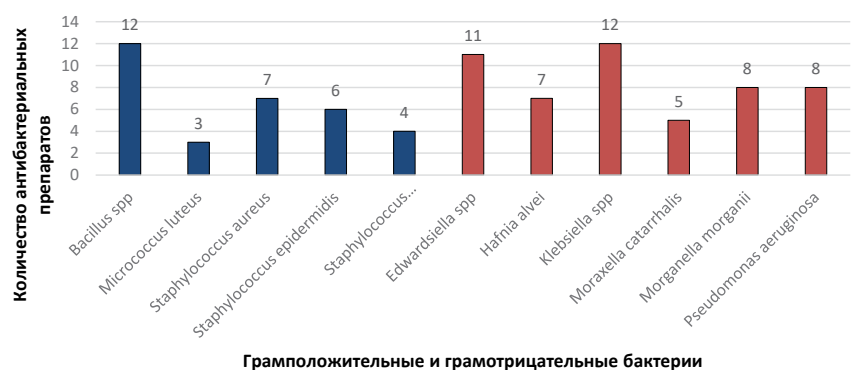
Рис. 3. Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

Fig. 3. Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative bacteria (red) isolated from pathologies on the skin of animals (average value for each type of bacterium)



Рис. 4. Устойчивость к антибиотикам грамположительных (синий цвет) и грамотрицательных бактерий (красный цвет), выделенных из желудочно-кишечного тракта животных (среднее значение по каждому виду бактерии)

Fig. 4. Antibiotic resistance of gram-positive (blue) and gram-negative (red) respiratory pathogenic bacteria (average value for each type of bacterium)



Самыми устойчивыми бактериями в ЖКТ животных оказались *Micrococcus spp.* (Г+) и *Neisseria spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 2).

При ранжировании антибиотиков по эффективности при патологиях ЖКТ получены следующие результаты: наиболее эффективные антибиотики для грамположительных бактерий — ампициллин и амоксилав (подавляли рост 14 патогенов), для грамотрицательных бактерий — амоксилав (подавлял рост 20 патогенов).

При дерматологических проблемах животных брались образцы: мазки-отпечатки с кожи, мазки из ушей.

Выделено 50 грамположительных и 14 грамотрицательных бактерий. Самыми многочисленными из них стали *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Proteus mirabilis* (Г-).

В результате исследования было установлено процентное соотношение грамположительных патогенов на кожных покровах животных: *Staphylococcus epidermidis* (30%), *Staphylococcus pseudintermedius* (20%), *Staphylococcus aureus* (20%), *Bacillus spp.* (8%), *Micrococcus spp.* (8%), *Streptococcus spp.* (6%), *Enterococcus spp.* (4%), *Corynebacterium spp.* (2%), *Listeria monocytogenes* (2%). Установлено процентное соотношение грамотрицательных патогенов на кожных покровах животных: *Proteus mirabilis* (43%), *Escherichia coli* (21,5%), *Pseudomonas aeruginosa* (21,5%), *Enterobacter spp.* (7%), *Shimwellia pseudoproteus* (7%).

Самыми устойчивыми бактериями из обнаруженных на кожных покровах оказались *Corynebacterium spp.* (Г+) и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-) (рис. 3).

Наиболее эффективными антибиотиками для патогенов кожных покровов животных оказались имипенем и цефотаксим для грамположительных бактерий (угнетали рост 45 и 40 патогенов соответственно), а для грамотрицательных бактерий — имипенем и тобрамицин (подавляли рост 10 и 8 патогенов соответственно).

При исследовании респираторных патогенов были исследованы смывы с конъюнктивы, носовых ходов, ротовой полости, аспирационной жидкости после бронхоальвеолярного лаважа и выявлены 10 грамположительных и 13 грамотрицательных бактерий, среди которых наиболее многочисленны *Staphylococcus epidermidis* (Г+) и *Pseudomonas aeruginosa* (Г-).

В результате исследования выявлено процентное соотношение грамположительных респираторных патогенов животных: *Staphylococcus aureus* (30%), *Staphylococcus pseudintermedius* (30%), *Bacillus spp.* (20%), *Staphylococcus epidermidis* (10%), *Micrococcus luteus* (10%), а также процентное соотношение грамотрицательных респираторных патогенов животных: *Pseudomonas aeruginosa* (33%), *Edwardsiella spp.* (17%), *Klebsiella spp.* (17%), *Moraxella catarrhalis* (17%), *Hafnia alvei* (8%), *Morganella morganii* (8%).

Самыми устойчивыми респираторными патогенными бактериями животных оказались *Bacillus spp.* (Г+) и *Klebsiella spp.* (Г-) (рис. 4).

В результате исследования наиболее эффективными антибиотиками для респираторных патогенов животных

оказались: для грамположительных бактерий — амоксиклав и цефтриаксон (угнетали рост 10 и 9 патогенов соответственно), для грамотрицательных бактерий — азитромицин и имипенем (подавляли рост 9 патогенов).

Были исследованы патогены половых органов животных, где грамположительных бактерий выявлено всего 3 — *Staphylococcus epidermidis* (60%), *Micrococcus luteus* (20%), *Staphylococcus aureus* (20%), а грамотрицательных бактерий — всего 2: *Escherichia coli* (100%). Самым устойчивым грамположительным патогеном оказался *Micrococcus luteus* (резистентность к 13 антибиотикам), а грамотрицательная *Escherichia coli* резистентна к 18 из 20 антибиотиков.

Самыми эффективными антибактериальными препаратами для патогенов половых органов стали неомидин и цефтриаксон (подавляют рост 6 из 7 патогенов).

При исследовании других жидкостей организма (выпоты и синовиальная жидкость) грамположительных бактерий выявлено всего 3 — *Staphylococcus pseudintermedius* (67%), *Staphylococcus epidermidis* (33%). Самым устойчивым оказался *Staphylococcus pseudintermedius* (резистентность к 6 антибиотикам).

Таким образом, на основании подавления наибольшего количества патогенных и условно-патогенных бактерий был составлен список самых эффективных антибиотиков для 143 грамположительных изолятов (табл. 1).

Для 115 грамотрицательных патогенов был также составлен список по эффективности антибактериальных препаратов (табл. 2).

Формирование списков эффективности антибиотиков с учетом актуальности в настоящее время важно для оптимизации терапевтических мероприятий и позволяет замедлить развитие устойчивости к антибиотикам.

Несмотря на то что некоторые антибиотики из общего списка оказались эффективнее тех, что используются на практике в качестве первого выбора, это не значит, что терапию нужно начинать с более сильных препаратов. Важно обращать внимание на более эффективные антибиотики для конкретной системы органов. Антибиотикотерапия должна подбираться адекватно (исходя из системы поражения и индивидуальных особенностей животного).

Высокая устойчивость некоторых патогенов в данном исследовании несет большую опасность в будущем не только для животных, но и для людей. Это необходимо для разработки новых антибактериальных препаратов и поиска средств, альтернативных антибиотикам [11]. Ведь на практике, если у животного был обнаружен устойчивый к расширенному списку антибиотиков патоген, который не поддается антибиотикотерапии, с большей вероятностью животное подвергнется эвтаназии [12].

Выводы/Conclusion

В результате исследования были определены наиболее распространенные патогенные и условно-патогенные возбудители болезней в популяциях животных-компаньонов на территории Москвы: *Staphylococcus epidermidis* (51 изолят), *Escherichia coli* (36 изолятов), *Staphylococcus pseudintermedius* (19 изолятов), *Proteus mirabilis* (16 изолятов), *Enterococcus spp.* (14 изолятов), *Pseudomonas aeruginosa* (11 изолятов). Самыми устойчивыми из выделенных патогенов оказались *Corynebacterium spp.* (20 из 20 антибиотиков), *Micrococcus spp.*, *Neisseria spp.*, *Proteus mirabilis*, *Moraxella catarrhalis* (19 из 20 антибиотиков).

Был составлен список антибактериальных средств с ранжированием по их эффективности по итогам исследований за I полугодие 2023 года.

Таблица 1. Эффективность антибиотиков для грамположительных бактерий.

Table 1. Efficacy of antibiotics for gram-positive bacteria

Антибактериальный препарат	Количество подавляемых Г+ патогенов
Имипенем	115
Гентамицин	102
Цефотаксим	100
Цефтриаксон	99
Амоксиклав	96
Цефалексин	96
Энрофлоксацин	89
Доксициклин	87
Тобрамицин	86
Цефоперазон	85
Неомицин	82
Ципрофлоксацин	82
Офлоксацин	78
Ампициллин	76
Левомецетин	76
Цефиксим	72
Норфлоксацин	67
Азитромицин	59
Тилозин	45
Клиндамицин	35
Линкомицин	28

Таблица 2. Эффективность антибиотиков для грамотрицательных бактерий.

Table 2. Efficacy of antibiotics for gram-negative bacteria

Антибактериальный препарат	Количество подавляемых Г- патогенов
Тобрамицин	62
Имипенем	62
Амоксиклав	61
Азитромицин	57
Гентамицин	56
Цефтриаксон	56
Ципрофлоксацин	55
Энрофлоксацин	55
Доксициклин	50
Неомицин	49
Офлоксацин	48
Цефотаксим	46
Цефоперазон	43
Левомецетин	42
Триметоприм	40
Норфлоксацин	39
Ампициллин	37
Цефалексин	35
Полимиксин В	34
Тилозин	9

В результате исследования для подавления патогенов мочевыделительной системы наиболее эффективны такие антибиотики, как имипенем, гентамицин и азитромицин.

Для подавления возбудителей инфекции желудочно-кишечного тракта наиболее эффективными оказались ампициллин и амоксиклав.

Среди дерматологических инфекций наиболее эффективно подавляют рост бактерий имипенем, цефотаксим и тобрамицин.

Наиболее эффективными антибиотиками для подавления роста респираторных патогенов животных оказались амоксилав, цефтриаксон, азитромицин и имипенем.

Самые эффективные для борьбы с патогенами половых органов антибиотики неомидин и цефтриаксон.

Выборка в отношении патогенов выпотов и синовиальной жидкости оказалась недостаточной для определения наиболее эффективного антибактериального препарата.

При ранжировании антибиотиков по эффективности были получены данные для каждой системы органов. Результаты могут служить рекомендацией для практикующих врачей по определению препаратов первого и второго выборов, что позволит врачам ветеринарной медицины оперативно принимать решения по выбору тактики лечения еще до результатов лабораторной диагностики.

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. Tacconelli E. *et al.* Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018; 18(3): 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
2. Smirnov D.D., Kapustin A.V., Yakimova E.A., Savinov V.A., Laishchev A.I. Perspectives of the use of bacteriophages in agriculture, food and processing industries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548(7): 72058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072058>
3. Kostyanov T. *et al.* The Innovative Medicines Initiative's New Drugs for Bad Bugs programme: European public-private partnerships for the development of new strategies to tackle antibiotic resistance. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016; 71(2): 290–295. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv339>
4. Beaudoin A.L. *et al.* Prevalence of antibiotic use for dogs and cats in United States veterinary teaching hospitals, August 2020. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2023; 37(5): 1864–1875. <https://doi.org/10.1111/jvim.16814>
5. Алешкин А.В. и др. Эндолитины vs бактериофаги: перспективы производства, эффективность и безопасность применения. *Бактериология*. 2022; 7(3): 12, 13. <https://www.elibrary.ru/hysnvk>
6. Khan F.M. *et al.* The applications of animal models in phage therapy: An update. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2023; 19(1): 2175519. <https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2175519>
7. Larsson D.G.J., Flach C.-F. Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*. 2022; 20(5): 257–269. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>
8. Martin R.M., Bachman M.A. Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018; 8: 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00004>
9. Buddle J.E., Fagan R.P. Pathogenicity and virulence of *Clostridioides difficile*. *Virulence*. 2023; 14(1): 2150452. <https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2150452>
10. Ebmeyer S., Kristiansson E., Larsson D.G.J. A framework for identifying the recent origins of mobile antibiotic resistance genes. *Communications Biology*. 2021; 4(1): 8. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01545-5>
11. Tang K.W.K., Millar B.C., Moore J.E. Antimicrobial Resistance (AMR). *British Journal of Biomedical Science*. 2023; 80: 11387. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11387>
12. Herdan C.L. *et al.* Multi-drug-resistant *Enterococcus* spp. as a cause of non-responsive septic synovitis in three horses. *New Zealand Veterinary Journal*. 2012; 60(5): 297–304. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.651702>

ОБ АВТОРАХ

Ангелина Дмитриевна Филимонова

научный сотрудник

angelina.fil2011@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

Александр Александрович Шабейкин

доктор ветеринарных наук

viev@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>

Алексей Иванович Лаишевцев

кандидат биологических наук

a.laishevcev@gmail.com

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук, Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

REFERENCES

1. Tacconelli E. *et al.* Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. *The Lancet Infectious Diseases*. 2018; 18(3): 318–327. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
2. Smirnov D.D., Kapustin A.V., Yakimova E.A., Savinov V.A., Laishchev A.I. Perspectives of the use of bacteriophages in agriculture, food and processing industries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548(7): 72058. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072058>
3. Kostyanov T. *et al.* The Innovative Medicines Initiative's New Drugs for Bad Bugs programme: European public-private partnerships for the development of new strategies to tackle antibiotic resistance. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016; 71(2): 290–295. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv339>
4. Beaudoin A.L. *et al.* Prevalence of antibiotic use for dogs and cats in United States veterinary teaching hospitals, August 2020. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2023; 37(5): 1864–1875. <https://doi.org/10.1111/jvim.16814>
5. Aleshkin A.V. *et al.* Endolysins vs bacteriophages: production prospects, efficiency and safety of use. *Bacteriology*. 2022; 7(3): 12, 13 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hysnvk>
6. Khan F.M. *et al.* The applications of animal models in phage therapy: An update. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*. 2023; 19(1): 2175519. <https://doi.org/10.1080/21645515.2023.2175519>
7. Larsson D.G.J., Flach C.-F. Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*. 2022; 20(5): 257–269. <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>
8. Martin R.M., Bachman M.A. Colonization, Infection, and the Accessory Genome of *Klebsiella pneumoniae*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018; 8: 4. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00004>
9. Buddle J.E., Fagan R.P. Pathogenicity and virulence of *Clostridioides difficile*. *Virulence*. 2023; 14(1): 2150452. <https://doi.org/10.1080/21505594.2022.2150452>
10. Ebmeyer S., Kristiansson E., Larsson D.G.J. A framework for identifying the recent origins of mobile antibiotic resistance genes. *Communications Biology*. 2021; 4(1): 8. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01545-5>
11. Tang K.W.K., Millar B.C., Moore J.E. Antimicrobial Resistance (AMR). *British Journal of Biomedical Science*. 2023; 80: 11387. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11387>
12. Herdan C.L. *et al.* Multi-drug-resistant *Enterococcus* spp. as a cause of non-responsive septic synovitis in three horses. *New Zealand Veterinary Journal*. 2012; 60(5): 297–304. <https://doi.org/10.1080/00480169.2011.651702>

ABOUT THE AUTHORS

Angelina Dmitrievna Filimonova

Researcher

angelina.fil2011@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

Alexander Alexandrovich Shabeykin

Doctor of Veterinary Sciences

viev@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3413-8131>

Alexey Ivanovich Laishchev

Candidate of Biological Sciences

a.laishevcev@gmail.com

Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences, 24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia

Д.А. Алонцева ✉
А.Е. Дрошнев
Е.А. Завьялова

Федеральный научный центр
Всероссийский научно-
исследовательский институт
экспериментальной ветеринарии
им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко,
Москва, Россия

✉ livejustonce@yandex.ru

Поступила в редакцию:
26.09.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Review

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52

Darya A. Alontseva ✉
Alexey E. Droshnev
Elena A. Zavyalova

Federal Scientific Centre VIEV, Moscow,
Russia

✉ livejustonce@yandex.ru

Received by the editorial office:
26.09.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Эпизоотическая ситуация по бактериальной почечной болезни (BKD)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Бактериальная почечная болезнь (БПБ, BKD, коринеальная почечная инфекция, болезнь Ди), возбудителем которой является грамположительная неспоровая неподвижная бактерия *Renibacterium salmoninarum*, — это распространенное заболевание рыб семейства лососевых (*Salmonidae*), которое наносит существенный ущерб производству рыбы в аквакультуре и развитию отрасли, а также снижает численность диких популяций.

Цель данного обзора — являлся анализ эпизоотической ситуации по бактериальной почечной болезни (BKD) среди диких популяций лососевых и рыб в аквакультуре на территории Российской Федерации, а также в других странах.

В статье представлена информация по заболеваемости BKD в мире и на территории Российской Федерации за 1933–2023 гг., показаны данные по распространению болезни среди диких популяций и выращиваемых рыб в аквакультуре, описаны возможные пути передачи, нативные и предполагаемые векторы-переносчики инфекции.

Методы. Рассмотрены меры контроля роста заболеваемости BKD в мире и на территории Российской Федерации. В связи с отсутствием эффективной вакцины и способа лечения наиболее доступным методом контроля распространения болезни является своевременная диагностика. Указаны методы, разработанные для быстрой и эффективной диагностики сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФНЦ ВИЭВ РАН: реакция микроагглютинации (РМА) и полимеразно-цепная реакция в реальном времени (ПЦР-РВ).

Результаты. В отличие от классических бактериологических методов, данные реакции позволяют провести индикацию и идентификацию возбудителя BKD в течение 24 часов.

Ключевые слова: бактериальная почечная болезнь, BKD, *Renibacterium salmoninarum*, *Oncorhynchus*, *Salmo salar*, аквакультура, эпизоотология

Для цитирования: Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. Эпизоотическая ситуация по бактериальной почечной болезни (BKD). *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 46–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52>

© Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А.

Epizootic situation of bacterial kidney disease (BKD)

ABSTRACT

Relevance. Bacterial kidney disease (BKD, corineal renal infection, Di disease), the causative agent of which is the gram-positive non-spore motionless bacterium *Renibacterium salmoninarum*, is a common disease of salmon fish (*Salmonidae*), which causes significant damage to fish production in aquaculture and the development of the industry, as well as reduces the number of wild populations.

The purpose of this review was to analyze the epizootic situation of bacterial renal disease (BKD) among wild salmon and fish populations in aquaculture on the territory of the Russian Federation, as well as in other countries.

The article presents information on the incidence of BKD in the world and on the territory of the Russian Federation for the period 1933–2023, shows data on the spread of the disease among wild populations and farmed fish in aquaculture, describes possible transmission routes, native and suspected vectors of infection.

Methods. The authors consider measures to control the growth of the incidence of BKD in the world and on the territory of the Russian Federation. Due to the lack of an effective vaccine and a method of treatment, the most affordable method of controlling the spread of the disease is timely diagnosis. The article describes the methods developed for fast and effective diagnostics by the staff of the Laboratory of Ichthyopathology of the FSC VIEV: microagglutination reaction (PMA) and polymerase chain reaction in real time (real-time PCR).

Results. Unlike classical bacteriological methods, these reactions allow for the indication and identification of the causative agent of BKD within 24 hours.

Key words: bacterial kidney disease, BKD, *Renibacterium salmoninarum*, *Oncorhynchus*, *Salmo salar*, aquaculture, epizootology

For citation: Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A. Epizootic situation of bacterial kidney disease (BKD). *Agrarian science*. 2023; 377(12): 46–52 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-46-52>

© Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A.

Введение/Introduction

Одним из интенсивных направлений сельского хозяйства в мире является аквакультура. Российская Федерация благодаря обширной акватории озер, рек, морей и океанов обладает огромным потенциалом для активного развития данной отрасли.

Согласно актуальным данным мировой статистики, объем производства продукции в рамках данной отрасли в 2018 году составил рекордного уровня — 114,5 млн т в живом весе, при этом России находится в списке 10 стран с наиболее высокими показателями в мире по объему искусственно выращиваемой и дикой рыбы, а доля продукции аквакультуры в стране превысила 50% от общего объема производства рыб¹.

Однако получению высоких стабильных показателей в значительной мере препятствуют масштабные потери, связанные с поражением гидробионтов различными инфекционными заболеваниями, которые также могут быть общими и для диких популяций рыб. Значительный процент занимают бактериальные заболевания, и среди наиболее важных выделяют бактериальную почечную болезнь [1].

Бактериальная почечная болезнь (bacterial kidney disease, BKD), возбудителем которой является бактерия *Renibacterium salmoninarum* — это распространенное заболевание рыб семейства лососевых (*Salmonidae*), которое наносит существенный ущерб воспроизводству в аквакультуре, а также снижает численность диких популяций рыб [2].

Бактериальная почечная болезнь является хронической инфекцией, которая поражает рыб разного возраста. Болезнь развивается медленно, и ее типичными клиническими признаками являются снижение темпа роста и стабильно невысокая смертность. Наибольшие потери обычно наблюдаются у половозрелых особей. Симптомы могут быть различными, но чаще всего рыба анемична, кожный покров темный, отмечается асцит и пучеглазие. При вскрытии рыб в почках, печени и селезенке заметны светловатые очаги воспаления и гранулематозные поражения. При низкой температуре воды (около 8 °C) почки могут быть целиком покрыты светлой пленкой выделений. Почечная ткань в значительной степени некротизируется, что ослабляет выделительную и кроветворную функции органа. При острой форме болезни смертность может быть высокой, у рыб появляются кровоизлияния в мускулатуре, на коже и во внутренних органах [3].

Первый случай возникновения BKD был зарегистрирован в 1933 году в Шотландии, и патоген был выделен у атлантического лосося [4]. Инфекцию называли по месту ее обнаружения — болезнью Ди, а также применяли такие термины, как болезнь белого фурункула, сальмонеллезная болезнь почек или коринебактериальная почечная инфекция.

В 1935 году BKD впервые была обнаружена в США [5], однако американские ученые не смогли культивировать возбудителя. Лишь спустя 10 лет культивирование

микроорганизма на среде, обогащенной цистеином, сделало возможным завершение постулатов Коха и идентификацию этиологического возбудителя в виде медленно растущей грамположительной бактерии [6, 7].

Renibacterium salmoninarum может передаваться как вертикальным, так и горизонтальным путем [8], что делает её уникальным и схожим по своей природе с вирусами. Дикие и культивируемые лососевые могут поражаться *R. salmoninarum* на любой жизненной стадии [9, 10], и это оказывает серьезное влияние на численность популяций рыб².

Согласно статистическим данным, смертность при BKD достигает 80% у форели (*Oncorhynchus spp.*) и 40% у атлантического лосося (*Salmo salar*)². В некоторых экстремальных случаях ежедневные показатели смертности достигают 95% [11], что наблюдается в основном у молоди лососей в возрасте от 6 до 12 месяцев, а также у взрослых особей перед нерестом².

Несколько факторов риска могут влиять на размножение бактерии и развитие патологии, включая экологические особенности, географический регион, экосистему, размер и возраст рыбы [12]. Например, заболеваемость BKD значительно выше в летний сезон [11]. Тяжесть течения может варьироваться от субклинической до острой², субклиническое течение наиболее часто встречается у диких популяций [13].

Профилактика BKD является достаточно сложной задачей, поскольку ни одна вакцина не обладает достаточно надежной эффективностью [14]. Более того, в Российской Федерации пока отсутствуют какие-либо вакцины против бактериальной почечной болезни лососевых рыб. Также немаловажным фактором является малая эффективность химиотерапии в результате развития у микроорганизмов антибиотикорезистентности связанное с неконтролируемым применением антибиотиков в сельском хозяйстве ведет к формированию устойчивости к ним. Контроль распространения BKD может быть осуществлен лишь с помощью надлежащей практики ведения сельского хозяйства [15] и своевременной диагностики заболевания [16].

Цель работы — анализ эпизоотической ситуации бактериальной почечной болезни (BKD) среди диких популяций лососевых и рыб в аквакультуре на территории Российской Федерации и в других странах, а также формирование рекомендаций по контролю распространения заболевания.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Для составления обзора был использован 70 источников информации, затрагивающих 90-летний период изучения заболевания (1933–2023 гг.) как в мировой практике, так и на территории Российской Федерации.

Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ³, ScienceDirect⁴, Pubmed⁵, Scopus⁶, Web of Science⁷, «Академия Google»⁸, «КиберЛенинка»⁹.

¹ ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры. Рим: ФАО. 2020.

² Wiens G.D. Bacterial Kidney Disease (*Renibacterium salmoninarum*), Fish Diseases and Disorders: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd ed.; Woo P.T.K., Bruno D.W., Eds.; CAB International: Wallingford, UK, 2011; 338–374.

³ <https://www.elibrary.ru>

⁴ <https://www.sciencedirect.com>

⁵ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

⁶ <https://www.scopus.com/home.uri>

⁷ <https://www.webofscience.com/wos/>

⁸ <https://scholar.google.com/>

⁹ <https://cyberleninka.ru/>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Восприимчивые виды рыб и векторы-переносчики.

Согласно литературным данным [16] и скрининговым исследованиям лаборатории ихтиопатологии Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко», основными естественно восприимчивыми к BKD видами являются лососевые рыбы¹⁰ родов *Oncorhynchus*, *Salmo* и *Salvelinus* [17].

Бактериальная почечная болезнь регистрировалась также и у других видов рыб: у дунайского лосося (*Hucho taimen*) [18], хариуса (*Thymallus thymallus*) [19], аю (*Plecoglossus altivelis*) [20] и сига (*Coregonus lavaretus*) [21].

Экспериментальная инфекция была успешно произведена у видов, не относящихся к семейству Лососевых: у угольной рыбы (*Anoplopoma fimbria*) [22] и тихоокеанской сельди (*Culpea harengus pallasii*) [2]. Однако искусственное заражение карпа (*Cyprinus carpio*) [23] и миноги (*Lampetra tridentata*) [24] не выявило восприимчивости.

Некоторые виды моллюсков и других рыб могут выступать в качестве векторов передачи инфекции и способствовать распространению BKD среди диких популяций и лососевых рыб в аквакультуре. Японские ученые обнаружили антиген *R. salmoninarum* в патматериале, полученном от морских гребешков (*Patinopecten yessoensis*), индийского плоскоголова (*Platycephalus indicus*) и японской лисички (*Cottus japonicus*), отобранных вблизи садков с кижучем в соленой воде [24]. Однако важность этих видов как резервуаров инфекции до конца не ясна, поскольку жизнеспособного возбудителя бактериальной почечной болезни культивировать не удалось. Попытки выявить *R. salmoninarum* у мидий (*Mytilus edulis*) и рыб, не принадлежащих семейству Лососевых, обитающих в морских садках на северо-западе Тихого океана, не увенчались успехом [25]. Кроме того, у трех видов пресноводных двустворчатых моллюсков, экспериментально зараженных BKD, не было выявлено инфекции или передачи возбудителя радужной форели при совместном содержании [26].

Распространение BKD в мире. Первые официальные случаи возникновения бактериальной почечной болезни лососевых рыб относятся к 30-м годам XX века, тогда патоген был обнаружен на территории Шотландии [4] и США [5]. С тех пор болезнь регистрируется по всему миру, и особенно часто в странах с развитым лососеводством.

В США эпизоотическая ситуация остается сложной. На протяжении долгих лет BKD была причиной гибели диких популяций лососевых¹¹. В 1980–1990-х годах в штате Мичиган (Великие озера) регистрировалась массовая вспышка. *R. salmoninarum* обнаруживали у диких лососевых трех видов: чавычи (*O. tshawytscha*), кижуча (*O. kisutch*) и радужной форели (*O. mykiss*) [27]. С целью контроля распространения правительство США и Американское рыболовное общество разработали и внедрили усиленную программу биозащиты в государственных инкубаторах и на плотинах [27], которая продолжает действовать по настоящее время¹². Принятые меры способствовали снижению уровня заболеваемости на

территории страны, однако пока не привели к полной элиминации возбудителя⁴.

Бактериальная почечная болезнь рыб обнаруживалась также на территории Европы. В Великобритании, на территории Шотландии, болезнь обнаруживают как у диких лососевых, так и у рыб в аквакультуре. Так, в период 1990–2002 годов был официально зарегистрирован и подтвержден 41 случай BKD в пресной воде, но также возбудителя болезни обнаруживали и в морской среде в 1993–2000 годы [9]. В настоящее время в стране предприняты меры по контролю распространения болезни [28].

В Исландии вспышки BKD у диких популяций лососевых имеют спорадический характер и регистрируются у арктического гольца (*Salvelinus alpinus* (L.)), кумжи (*Salmo trutta* L.) и атлантического лосося (*S. salar* L.), а также у радужной форели (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)). Однако, согласно данным исследователей, частота возникновения клинических случаев болезни значительно увеличивается при интенсивном выращивании лососевых вблизи естественного ареала диких популяций [12].

Впервые бактериальная почечная болезнь была зарегистрирована в Дании в 1998 году [29]. Несмотря на то, что представители датских рыбоводческих инкубаторов, поставляющих рыбопосадочный материал за границу, заявляют о том, что страна является исторически свободной от BKD, с тех пор на территории страны регистрируются спорадические вспышки заболевания, затрагивающие дикую и искусственно выращиваемую рыбу [30].

BKD регистрируют в Норвегии на протяжении всего периода интенсивного ведения аквакультуры [3], и эта болезнь является одной из наиболее важных проблем для отрасли в стране, а также для диких Лососевых [10]. Однако, более современные данные мониторинга заболеваемости диких популяций атлантического лосося (*S. salar* L.) говорят об отсутствии возбудителя у исследованных рыб¹³.

Многолетний скрининг заболеваемости диких популяций ручьевой (*Salmo trutta fario*) форели, проводимый на протяжении 2017–2019 годов в реках Австрии, показал, что *R. salmoninarum* встречается повсеместно у обоих видов и чаще отмечается хроническое и субклиническое течение болезни. Однако такие факторы, как гипоксия, стресс и повышение температуры воды приводят к более интенсивному развитию заболевания [31].

Начиная с 2016 года Чили возглавляет рейтинг стран с наиболее развитым лососеводством, и на территории страны присутствуют значительные популяции чавычи, кумжи и радужной форели. BKD является серьезной проблемой для аквакультуры региона [32], и согласно проведенному геномному анализу *R. salmoninarum* мог быть завезен в страну из США и европейских стран [33].

Япония, как и Чили, является страной с хорошо развитой аквакультурой, и упоминание о BKD часто можно встретить в работах японских ученых [34, 35]. В 2017 году Сузуки с соавторами обнаружил возбудителя BKD у диких популяций кеты (*Oncorhynchus keta*) в Хоккайдо [36], причем болезнь протекала субклинически у малька и молоди рыбы. Уже год спустя тот же коллектив

¹⁰ Buller N. B. Bacteria from Fish and Other Aquatic Animals: A Practical Identification Manual. Wallingford, United Kingdom: CABI, 2004.

¹¹ Alaa E.E. Bacterial Kidney Diseases (BKD) in Michigan Salmonids, PhD thesis. USA: Michigan State University College of Veterinary Medicine Department of Pathobiology and Diagnostic Investigation. 2005. 225 p.

¹² American Fisheries Society. Fish Health Section FHS Blue Book: Suggested Procedures for the Detection and Identification of Certain Finfish and Shellfish Pathogens, 2010.

¹³ Davidsen J.G. et al. Habitatbruk og vandringer til sjøørret i Hemnfjorden og Snillfjorden. Norway: NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport, 2014. 56 pp.

авторов сообщил о высокой смертности у кеты, выращиваемой в садках в открытой воде в том же регионе [37]. Японские исследователи также связывают рост заболеваемости BKD и ее широкое распространение с международными перевозками и торговлей рыбопосадочным материалом [38].

О случаях BKD среди диких или выращиваемых лососевых не сообщалось ни в Ирландии, ни в Австралии, ни в Новой Зеландии [9]. Эти территории на данный момент считаются свободными от заболеваемости бактериальной почечной болезнью лососевых рыб.

BKD в Российской Федерации. Бактериальная почечная болезнь является сравнительно новой нозологической единицей для России. Отечественные исследователи-ихтиопатологи в своих работах освещали распространение заболевания за рубежом¹⁴, но какие-либо данные о заболеваемости BKD на территории страны отсутствовали. Российская Федерация считалась свободной от патогена, и *R. salmoninarum* отмечался как этиологически мало значимый патоген [39].

Впервые на территории Российской Федерации возбудитель BKD — *Renibacterium salmoninarum* — был выделен сотрудниками лаборатории ихтиопатологии Федерального научного центра «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко» в 2016 году от радужной форели [1]. С тех пор авторами проводится ежегодный скрининг заболеваемости, и согласно полученным данным наибольшее распространение болезни встречается на юге страны, а также в Северо-Западном регионе РФ [16, 40].

В период 2000-2010 годов на Дальнем Востоке проводился скрининг заболеваемости тихоокеанских лососей 5 видов: кета (*O. keta*), горбуша (*O. gorbuscha*), нерка (*O. nerka*), чавыча (*O. tshawytscha*), кижуч (*O. kisutch*), а также реже встречающийся вид — сима (*O. masou*), выращиваемых на рыбных заводах. В течение десяти лет исследований у молоди тихоокеанских лососей ни на одном рыболовном заводе Камчатки не было зафиксировано ни острого, ни субклинического течения BKD¹⁵. В 2018 году возбудитель BKD был изолирован у половозрелого кижуча, отловленного в озере Большой Вилюй (Камчатка) и имевшего признаки заболевания [41].

Методы контроля распространения BKD в мире. На протяжении последних 30 лет исследователями в США, Канаде и Европе ведутся исследования по созданию эффективной вакцины против бактериальной почечной болезни лососевых рыб¹⁶.

В Канаде была разработана и зарегистрирована живая вакцина «Renogen» на основе охарактеризованного штамма почечной бактерии *Arthrobacter davidanieli* [42]. Данная бактерия имеет 97% гомологичности по 16s rPHK с *Renibacterium salmoninarum*, что позволило использовать ее в качестве основы для формирования искусственного иммунитета у рыб. Однако сведения об эффективности вакцины противоречивы [43], и она не нашла широкого применения по всему миру¹⁶.

Классический способ диагностики представляет собой бактериологические исследования, включающие в себя посев на питательные среды KDM-2 [44] и SKDM [45]. Однако первичная изоляция *R. salmoninarum* достаточно сложна из-за контаминации среды гетеротропными микроорганизмами, а также времязатратна: рост возбудителя на данных питательных средах составляет от 2 до 19 недель².

За рубежом были разработаны более быстрые методы диагностики бактериальной почечной болезни лососевых рыб: ИФА (ELISA) [46], Вестерн-блот¹⁷, гнездовая ПЦР¹⁸ [47], ПЦР в реальном времени [48, 49], метод гибридизации нуклеиновых кислот [50].

В Российской Федерации сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН были разработаны и внедрены быстрые и доступные методы, позволяющие провести идентификацию *Renibacterium salmoninarum* — возбудителя BKD: реакция микроагглютинации (PMA) [51] и полимеразно-цепная реакция в реальном времени [52].

Лабораторный анализ, проводимый при помощи данных реакций, позволяет получить результат в течение 24 часов, что позволяет своевременно обнаружить возбудителя и принять меры по контролю распространения болезни.

Ежегодный скрининг, проводимый при помощи новых разработанных, а также известных классических методов позволяет получить информацию по заболеваемости в различных регионах Российской Федерации.

Выводы/Conclusion

Бактериальная почечная болезнь является одной из наиболее серьезных проблем как для диких популяций рыб, так и для лососевых в аквакультуре. Отсутствие эффективной вакцины и широкое, бесконтрольное применение антибиотиков снижает эффективность принимаемых мер по контролю возбудителя и усугубляет смертность рыб.

Ежегодное увеличение объемов международной торговли рыбопосадочным материалом приводит к все более широкому распространению болезни между рыбохозяйственными предприятиями. В свою очередь, теснота взаимодействия предприятий с акваторией водоемов приводит к возрастанию риска заболевания диких популяций лососевых рыб, которые, в свою очередь, болея субклинически, способны выступать в качестве переносчиков заболевания.

Проведенные зарубежными учеными исследования говорят о том, что некоторые виды рыб, принадлежащие другим семействам (таймень, хариус, аю, сиг, угольный рыба, тихоокеанская сельдь, индийский плоскоголов, японская лисичка), а также моллюски (морские гребешки) могут быть векторами инфекции и способствовать распространению BKD в природе и аквакультуре.

Согласно проведенному анализу литературных источников, проблема BKD стала общемировой. Наиболее серьезная эпизоотическая ситуация присутствует

¹⁴ Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н., Головин П.П., Евдокимова Е.Б., Юхименко Л.Н. Ихтиопатология / Под ред. Н. А. Головиной, О. Н. Бауера. — М.: Мир, 2003 — 448 с.

¹⁵ Устименко Е.А. Бактериальные инфекции у тихоокеанских лососей при искусственном воспроизводстве на Камчатке. Автореф. дисс. на соискание уч. степени к.б.н. 2012. Петропавловск-Камчатский. 23 с.

¹⁶ Fish Vaccination, First Edition. Edited by Roar Gudding, Atle Lillehaug and Øystein Evensen.

© 2014 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2014 by John Wiley & Sons, Ltd.

¹⁷ Wiens G.D., Turaga P.S.D. and Kaattari S.L. (1990) Western blot analysis of a fish pathogen. In: Stolen J.S., Fletcher T.C., Anderson D.P., Roberson B.S. and Van Muiswinkel W.B. (eds) Techniques in Fish Immunology. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, pp. 87–94.

¹⁸ Pascho R.J., Elliott D.G. and Chase D.M. (2002) Comparison of traditional and molecular methods for detection of *Renibacterium salmoninarum*. In: Cunningham C.O. (ed.) Molecular Diagnosis of Salmonid Diseases. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 157–209.

в США, Японии и странах Европы. Менее 10 лет назад бактериальная почечная болезнь стала регистрироваться и в других, ранее свободных от нее странах — например, в Чили, где также создала большие проблемы при больших объемах выращивания в аквакультуре и поставила под вопрос существование диких популяций Лососевых рыб.

В Российской Федерации ВКД впервые была зарегистрирована в 2016 году в Северо-Западном регионе сотрудниками лаборатории ихтиопатологии ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. Ежегодный проводимый скрининг показывает растущую заболеваемость ВКД на юге и северо-западе страны. Также болезнь регистрируется на Дальнем Востоке с 2018 года. Однако конкретные эпизоотологические данные по заболеваемости среди

диких популяций лососевых на данный момент на территории России отсутствуют.

В связи с отсутствием эффективной вакцины, хроническим течением заболевания и широким мировым распространением ВКД необходимо усилить меры по контролю заболевания на территории Российской Федерации и в мире.

С помощью существующих лабораторных методов, разработанных в США, Канаде, Испании и России необходимо проводить скрининг заболеваемости как среди диких рыб, так и в рамках аквакультуры.

Также необходимо изучить вопрос о возможных векторах заболевания, которые могут способствовать распространению ВКД.

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. Droshnev A.E., Bulina K.Y., Alontseva D.A., Belimenko V.V., Zavyalova E.A. Microbiological monitoring of causative agents of infectious diseases of salmonids in the Northwest region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 315(7): 72007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072007>
2. Evelyn T.P.T. Bacterial Kidney Disease — BKD. Inglis V., Roberts R.J., Bromage N.R. (eds.). *Bacterial Diseases of Fish*. Oxford, UK: *Blackwell Scientific Publications*. 1993; 177–195.
3. Рахконен Р., Веннерстрем П., Ринтамки П., Каннел Р. Здоровая рыба. Профилактика, диагностика и лечение болезней. 2-е изд. Хельсинки: *НИИ Охотничьего и рыбного хозяйства Финляндии*. 2013; 177. ISBN 978-951-776-935-8
4. Mackie T.J., Arkwright J.A., Pryce-Tannatt T.E., Mottram J.C., Johnston W.P., Menzies W.J.M. Second Interim Report of the Furunculosis Committee. Edinburgh: *HMSO*. 1933; 81.
5. Belding D.L., Merrill B. A Preliminary Report upon a Hatchery Disease of the Salmonidae. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1935; 65(1): 76–84. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1935\)65\[76:APRUAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1935)65[76:APRUAH]2.0.CO;2)
6. Rucker R.R., Earp B.J., Ordal E.J. Infectious Diseases of Pacific Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1954; 83(1): 297–312. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1953\)83\[297:IDOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1953)83[297:IDOPS]2.0.CO;2)
7. Ordal E.J., Earp B.J. Cultivation and Transmission of Etiological Agent of Kidney Disease in Salmonid Fishes. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1956; 92(1): 85–88. <https://doi.org/10.3181/00379727-92-2239>
8. Balfry S.K., Albright L.J., Evelyn T.P.T. Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1996; 25(1–2): 63–69. <https://doi.org/10.3354/dao025063>
9. Bruno D.W. Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2004; 59(2): 125–130. <https://doi.org/10.3354/dao059125>
10. Johansen L.-H., Jensen I., Mikkelsen H., Bjørn P.-A., Jansen P.A., Bergh Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*. 2011; 315(3–4): 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>
11. Boerlage A.S., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K.L. Case definition for clinical and subclinical bacterial kidney disease (BKD) in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40(3): 395–409. <https://doi.org/10.1111/jfd.12521>
12. Jónsdóttir H., Malmquist H.J., Snorrason S.S., Gudbergsson G., Gudmundsdóttir S. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in wild Arctic charr and brown trout in Iceland. *Journal of Fish Biology*. 1998; 53(2): 322–339. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00984.x>
13. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/JSPF.52.89>
14. Du Y., Hu X., Miao L., Chen J. Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*. 2022; 13: 1040336. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>
15. Bruneau N.N., Thorburn M.A., Stevenson R.M.W. Occurrence of *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum*, and Infectious Pancreatic Necrosis Virus in Ontario Salmonid Populations. *Journal of Aquatic Animal Health*. 1999; 11(4): 350–357. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0350:ooasrs>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0350:ooasrs>2.0.co;2)
16. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Bulina K.Yu. Screening of bacterial kidney disease in the North-West region of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 052092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052092>

REFERENCES

1. Droshnev A.E., Bulina K.Y., Alontseva D.A., Belimenko V.V., Zavyalova E.A. Microbiological monitoring of causative agents of infectious diseases of salmonids in the Northwest region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 315(7): 72007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/315/7/072007>
2. Evelyn T.P.T. Bacterial Kidney Disease — BKD. Inglis V., Roberts R.J., Bromage N.R. (eds.). *Bacterial Diseases of Fish*. Oxford, UK: *Blackwell Scientific Publications*. 1993; 177–195.
3. Rahkonen R., Wennerstrom P., Rintamaki P., Kannel R. Healthy fish-pre-vention, diagnosis and treatment of the disease. 2nd ed. Helsinki: *Finnish Game and Fisheries Research Institute*. 2013; 177 (In Russian). ISBN 978-951-776-935-8
4. Mackie T.J., Arkwright J.A., Pryce-Tannatt T.E., Mottram J.C., Johnston W.P., Menzies W.J.M. Second Interim Report of the Furunculosis Committee. Edinburgh: *HMSO*. 1933; 81.
5. Belding D.L., Merrill B. A Preliminary Report upon a Hatchery Disease of the Salmonidae. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1935; 65(1): 76–84. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1935\)65\[76:APRUAH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1935)65[76:APRUAH]2.0.CO;2)
6. Rucker R.R., Earp B.J., Ordal E.J. Infectious Diseases of Pacific Salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*. 1954; 83(1): 297–312. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1953\)83\[297:IDOPS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1953)83[297:IDOPS]2.0.CO;2)
7. Ordal E.J., Earp B.J. Cultivation and Transmission of Etiological Agent of Kidney Disease in Salmonid Fishes. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1956; 92(1): 85–88. <https://doi.org/10.3181/00379727-92-2239>
8. Balfry S.K., Albright L.J., Evelyn T.P.T. Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1996; 25(1–2): 63–69. <https://doi.org/10.3354/dao025063>
9. Bruno D.W. Prevalence and diagnosis of bacterial kidney disease (BKD) in Scotland between 1990 and 2002. *Diseases of Aquatic Organisms*. 2004; 59(2): 125–130. <https://doi.org/10.3354/dao059125>
10. Johansen L.-H., Jensen I., Mikkelsen H., Bjørn P.-A., Jansen P.A., Bergh Ø. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*. 2011; 315(3–4): 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.02.014>
11. Boerlage A.S., Stryhn H., Sanchez J., Hammell K.L. Case definition for clinical and subclinical bacterial kidney disease (BKD) in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in New Brunswick, Canada. *Journal of Fish Diseases*. 2017; 40(3): 395–409. <https://doi.org/10.1111/jfd.12521>
12. Jónsdóttir H., Malmquist H.J., Snorrason S.S., Gudbergsson G., Gudmundsdóttir S. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in wild Arctic charr and brown trout in Iceland. *Journal of Fish Biology*. 1998; 53(2): 322–339. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00984.x>
13. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/JSPF.52.89>
14. Du Y., Hu X., Miao L., Chen J. Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*. 2022; 13: 1040336. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>
15. Bruneau N.N., Thorburn M.A., Stevenson R.M.W. Occurrence of *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum*, and Infectious Pancreatic Necrosis Virus in Ontario Salmonid Populations. *Journal of Aquatic Animal Health*. 1999; 11(4): 350–357. [https://doi.org/10.1577/1548-8667\(1999\)011<0350:ooasrs>2.0.co;2](https://doi.org/10.1577/1548-8667(1999)011<0350:ooasrs>2.0.co;2)
16. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Bulina K.Yu. Screening of bacterial kidney disease in the North-West region of the Russian Federation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 052092. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052092>

17. Fryer J.L., Sanders J.E. Bacterial kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Microbiology*. 1995; 35: 273–298. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.35.100181.001421>
18. Pfeil-Putzien C., Hoffmann R., Popp W. Preliminary report on the occurrence of bacterial kidney disease in Germany. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1985; 5(2): 30–31.
19. Kettler S., Pfeil-Putzien C., Hoffmann R. Infection of grayling (*Thymallus thymallus*) with the agent of bacterial kidney disease (BKD). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1986; 6(3): 69–71.
20. Nagai T., Iida Y. Occurrence of Bacterial Kidney Disease in Cultured Ayu. *Fish Pathology*. 2002; 37(2): 77–81. <https://doi.org/10.3147/jfsp.37.77>
21. Rimaila-Pärnänen E. First case of bacterial kidney disease (BKD) in whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Finland. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2002; 22(6): 403–404.
22. Bell G.R., Hoffmann R.W., Brown L.L. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1990; 13(5): 355–367. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1990.tb00794.x>
23. Sakai M., Ogasawara K., Atsuta S., Kobayashi M. Comparative sensitivity of carp, *Cyprinus carpio* L. and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to *Renibacterium salmoninarum*. *Journal of Fish Diseases*. 1989; 12(4): 367–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00325.x>
24. Bell G.R., Traxler G.S. Resistance of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata* (Gairdner), to challenge by *Renibacterium salmoninarum*, the causative agent of kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1986; 9(3): 277–279. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1986.tb01014.x>
25. Paclibare J.O., Evelyn T.P.T., Albright L.J., Prosperi-Porta L. Clearing of the kidney disease bacterium *Renibacterium salmoninarum* from seawater by the blue mussel *Mytilus edulis*, and the status of the mussel as a reservoir of the bacterium. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1994; 18(2): 129–133. <https://doi.org/10.3354/dao018129>
26. Starliper C.E., Morrison P. Bacterial pathogen contagion studies among freshwater bivalves and salmonid fishes. *Journal of Shellfish Research*. 2000; 19(1): 251–258.
27. Faisal M. et al. Epidemiological investigation of *Renibacterium salmoninarum* in three *Oncorhynchus* spp. in Michigan from 2001 to 2010. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012; 107(3–4): 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.06.003>
28. Murray A.G., Munro L.A., Wallace I.S., Allan C.E.T., Peeler E.J., Thrush M.A. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture*. 2012; 324–328: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.034>
29. Lorenzen E., Olesen N.J., Korsholm H., Heuer O.E., Evensen Ø. First demonstration of *Renibacterium salmoninarum* / BKD in Denmark. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1998; 17(3–4): 140–144.
30. Pedersen K., Skall H.F., Lassen-Nielsen A.M., Nielsen T.F., Henriksen N.H., Olesen N.J. Surveillance of health status on eight marine rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farms in Denmark in 2006. *Journal of Fish Diseases*. 2008; 31(9): 659–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00941.x>
31. Delghandi M.R., Menanteau-Ledouble S., Waldner K., El-Matbouli M. *Renibacterium salmoninarum* and *Mycobacterium* spp.: two bacterial pathogens present at low levels in wild brown trout (*Salmo trutta fario*) populations in Austrian rivers. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 40. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-2260-7>
32. Mora-Salas P. et al. Method for lineage typing of epidemic *Renibacterium salmoninarum* in Chilean salmon farms. *Journal of Fish Diseases*. 2023; 46(5): 499–506. <https://doi.org/10.1111/jfd.13761>
33. Bayliss S.C. et al. Genomic epidemiology of the commercially important pathogen *Renibacterium salmoninarum* within the Chilean salmon industry. *Microbial Genomics*. 2018; 4(9). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000201>
34. Sakai M., Atsuta S., Kobayashi M. Susceptibility of Five Salmonid Fishes to *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 1991; 26(3): 159–160. <https://doi.org/10.3147/jfsp.26.159>
35. Matsui T., Nishizawa T., Yoshimizu M. Modification of KDM-2 with Culture-spent Medium for Isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 2009; 44(3): 139–144. <https://doi.org/10.3147/jfsp.44.139>
36. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/jfsp.52.89>
37. Suzuki K., Mizuno S., Katsumata Y., Misaka N., Miyamoto M., Sasaki Y. Asymptomatic Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Hatchery-reared Juvenile Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Resulted in Mass Mortalities after Long-term Rearing. *Fish Pathology*. 2018; 53(1): 40–43. <https://doi.org/10.3147/jfsp.53.40>
38. Yoshimizu M. Disease problems of salmonid fish in Japan caused by international trade. *Revue Scientifique et Technique*. 1996; 15(2): 533–549. <https://doi.org/10.20506/rst.15.2.937>
39. Рудакова С.Л. Обеспечение икhtiопатологического благополучия объектов и хозяйств аквакультуры России. *Труды ВНИРО*. 2016; 162: 104–115. <https://elibrary.ru/xagknn>
40. Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Алонцева Д.А., Булина К.Ю., Карпова М.А. Обнаружение *Renibacterium salmoninarum* у лососевых рыб с помощью молекулярно-биологических и микробиологических методов. *Ветеринария*. 2023; (5): 24–31. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.5.24-30>
17. Fryer J.L., Sanders J.E. Bacterial kidney disease of salmonid fish. *Annual Review of Microbiology*. 1995; 35: 273–298. <https://doi.org/10.1146/annurev.mi.35.100181.001421>
18. Pfeil-Putzien C., Hoffmann R., Popp W. Preliminary report on the occurrence of bacterial kidney disease in Germany. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1985; 5(2): 30–31.
19. Kettler S., Pfeil-Putzien C., Hoffmann R. Infection of grayling (*Thymallus thymallus*) with the agent of bacterial kidney disease (BKD). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1986; 6(3): 69–71.
20. Nagai T., Iida Y. Occurrence of Bacterial Kidney Disease in Cultured Ayu. *Fish Pathology*. 2002; 37(2): 77–81. <https://doi.org/10.3147/jfsp.37.77>
21. Rimaila-Pärnänen E. First case of bacterial kidney disease (BKD) in whitefish (*Coregonus lavaretus*) in Finland. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2002; 22(6): 403–404.
22. Bell G.R., Hoffmann R.W., Brown L.L. Pathology of experimental infections of the sablefish, *Anoplopoma fimbria* (Pallas), with *Renibacterium salmoninarum*, the agent of bacterial kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1990; 13(5): 355–367. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1990.tb00794.x>
23. Sakai M., Ogasawara K., Atsuta S., Kobayashi M. Comparative sensitivity of carp, *Cyprinus carpio* L. and rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to *Renibacterium salmoninarum*. *Journal of Fish Diseases*. 1989; 12(4): 367–372. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00325.x>
24. Bell G.R., Traxler G.S. Resistance of Pacific lamprey, *Lampetra tridentata* (Gairdner), to challenge by *Renibacterium salmoninarum*, the causative agent of kidney disease in salmonids. *Journal of Fish Diseases*. 1986; 9(3): 277–279. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1986.tb01014.x>
25. Paclibare J.O., Evelyn T.P.T., Albright L.J., Prosperi-Porta L. Clearing of the kidney disease bacterium *Renibacterium salmoninarum* from seawater by the blue mussel *Mytilus edulis*, and the status of the mussel as a reservoir of the bacterium. *Diseases of Aquatic Organisms*. 1994; 18(2): 129–133. <https://doi.org/10.3354/dao018129>
26. Starliper C.E., Morrison P. Bacterial pathogen contagion studies among freshwater bivalves and salmonid fishes. *Journal of Shellfish Research*. 2000; 19(1): 251–258.
27. Faisal M. et al. Epidemiological investigation of *Renibacterium salmoninarum* in three *Oncorhynchus* spp. in Michigan from 2001 to 2010. *Preventive Veterinary Medicine*. 2012; 107(3–4): 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.06.003>
28. Murray A.G., Munro L.A., Wallace I.S., Allan C.E.T., Peeler E.J., Thrush M.A. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture*. 2012; 324–328: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.034>
29. Lorenzen E., Olesen N.J., Korsholm H., Heuer O.E., Evensen Ø. First demonstration of *Renibacterium salmoninarum* / BKD in Denmark. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1998; 17(3–4): 140–144.
30. Pedersen K., Skall H.F., Lassen-Nielsen A.M., Nielsen T.F., Henriksen N.H., Olesen N.J. Surveillance of health status on eight marine rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farms in Denmark in 2006. *Journal of Fish Diseases*. 2008; 31(9): 659–667. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00941.x>
31. Delghandi M.R., Menanteau-Ledouble S., Waldner K., El-Matbouli M. *Renibacterium salmoninarum* and *Mycobacterium* spp.: two bacterial pathogens present at low levels in wild brown trout (*Salmo trutta fario*) populations in Austrian rivers. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 40. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-2260-7>
32. Mora-Salas P. et al. Method for lineage typing of epidemic *Renibacterium salmoninarum* in Chilean salmon farms. *Journal of Fish Diseases*. 2023; 46(5): 499–506. <https://doi.org/10.1111/jfd.13761>
33. Bayliss S.C. et al. Genomic epidemiology of the commercially important pathogen *Renibacterium salmoninarum* within the Chilean salmon industry. *Microbial Genomics*. 2018; 4(9). <https://doi.org/10.1099/mgen.0.000201>
34. Sakai M., Atsuta S., Kobayashi M. Susceptibility of Five Salmonid Fishes to *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 1991; 26(3): 159–160. <https://doi.org/10.3147/jfsp.26.159>
35. Matsui T., Nishizawa T., Yoshimizu M. Modification of KDM-2 with Culture-spent Medium for Isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *Fish Pathology*. 2009; 44(3): 139–144. <https://doi.org/10.3147/jfsp.44.139>
36. Suzuki K., Misaka N., Mizuno S., Sasaki Y. Subclinical Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Fry and Juveniles Chum Salmon *Oncorhynchus keta* in Hokkaido, Japan. *Fish Pathology*. 2017; 52(2): 89–95. <https://doi.org/10.3147/jfsp.52.89>
37. Suzuki K., Mizuno S., Katsumata Y., Misaka N., Miyamoto M., Sasaki Y. Asymptomatic Infection of *Renibacterium salmoninarum* in Hatchery-reared Juvenile Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Resulted in Mass Mortalities after Long-term Rearing. *Fish Pathology*. 2018; 53(1): 40–43. <https://doi.org/10.3147/jfsp.53.40>
38. Yoshimizu M. Disease problems of salmonid fish in Japan caused by international trade. *Revue Scientifique et Technique*. 1996; 15(2): 533–549. <https://doi.org/10.20506/rst.15.2.937>
39. Rudakova S.L. The science-based approach for maintenance of aquatic animal health security of Russian aquaculture. *Trudy VNIRO*. 2016; 162: 104–115 (In Russian). <https://elibrary.ru/xagknn>
40. Zavayalova E.A., Droshnev A.E., Alontseva D.A., Bulina Ch.Yu., Karpova M.A. Detection of *Renibacterium salmoninarum* in salmon fish using molecular genetic and bacterial methods. *Veterinary medicine*. 2023; (5): 24–31 (In Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2023.26.5.24-30>

41. Sergeenko N.V., Ustimenko E.A., Eliseikina M.G., Kuhlevskiy A.D., Bochkova E.V., Ryazanova T.V. First report of bacterial kidney disease in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in Russia. *Diseases of aquatic organisms*. 2020; 140: 31–36. <https://doi.org/10.3354/dao03486>

42. Saloni K., Siderakis C., MacKinnon A. M., Griffiths S. G. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. *Developments in Biologicals*. 2005; 121:189–197.

43. Alcorn S., Murray A. L., Pascho R. J., Varney J. A. Cohabitation challenge to compare the efficacies of vaccines for bacterial kidney disease (BKD) in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis Aquat Org*. 2005; 63:151–160.

44. Evelyn T.P.T. An improved growth medium for the kidney disease bacterium and some notes on using the medium. *Bulletin de L'Office International des Epizooties*. 1977; 87:511–513.

45. Austin B., Embly T. M., Goodfellow M. Selective isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiol Lett*. 1983; 17:111–114.

46. Bandin I., Heinen P., Brown L.L., Toranzo A.E. Comparison of different ELISA kits for detecting *Renibacterium salmoninarum*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1996; 16:19–22.

47. Chase D.M., Pascho R. J. Development of a nested polymerase chain reaction for amplification of a sequence of the p57 gene of *Renibacterium salmoninarum* that provides a highly sensitive method for detection of the bacterium in salmonid kidney. *Dis Aquat Org*. 1998;34:223–229

48. Chase D.M., Elliot D.G., Pascho R.J. Detection and quantification of *Renibacterium salmoninarum* DNA in salmonid tissues by real-time quantitative polymerase chain reaction analysis. *J Vet Diagn Invest*. 2006; 18:375–380.

49. Halaihel N. et al. A new real time PCR-based assay for diagnosing *Renibacterium salmoninarum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and comparison with other techniques. *Journal of Microbiological Methods*. 2009; 6:75–80.

50. Etchegaray J.P., Martinez M.A., Krauskopf M., Leon, G. Molecular cloning of *Renibacterium salmoninarum* DNA fragments. *FEMS Microbiology Letters*. 1991; 79:61–64.

51. Алонцева Д.А., Завьялова Е.А., Дрошнев А.Е., Карпова М.А., Булина К.Ю. Развитие симптомокомплекса у кроликов при получении антисыворотки против возбудителя бактериальной почечной болезни лососевых рыб (BKD). *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2022; (2): 21–28. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202202003>

52. Алонцева Д.А., Дрошнев А.Е., Завьялова Е.А. Разработка ПЦР в режиме реального времени для выявления и идентификации возбудителя бактериальной почечной болезни лососевых рыб. *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2023; (7): 34–41. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202307004>

ОБ АВТОРАХ:

Дарья Александровна Алонцева
младший научный сотрудник
livejustonce@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4021-8648>

Алексей Евгеньевич Дрошнев
кандидат биологических наук
asdf1961@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Елена Александровна Завьялова
кандидат биологических наук
aquazeda@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>

Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия

41. Sergeenko N.V., Ustimenko E.A., Eliseikina M.G., Kuhlevskiy A.D., Bochkova E.V., Ryazanova T.V. First report of bacterial kidney disease in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in Russia. *Diseases of aquatic organisms*. 2020; 140: 31–36. <https://doi.org/10.3354/dao03486>

42. Saloni K., Siderakis C., MacKinnon A. M., Griffiths S. G. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. *Developments in Biologicals*. 2005; 121:189–197.

43. Alcorn S., Murray A. L., Pascho R. J., Varney J. A. Cohabitation challenge to compare the efficacies of vaccines for bacterial kidney disease (BKD) in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis Aquat Org*. 2005; 63:151–160.

44. Evelyn T.P.T. An improved growth medium for the kidney disease bacterium and some notes on using the medium. *Bulletin de L'Office International des Epizooties*. 1977; 87:511–513.

45. Austin B., Embly T. M., Goodfellow M. Selective isolation of *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiol Lett*. 1983; 17:111–114.

46. Bandin I., Heinen P., Brown L.L., Toranzo A.E. Comparison of different ELISA kits for detecting *Renibacterium salmoninarum*. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 1996; 16:19–22.

47. Chase D.M., Pascho R. J. Development of a nested polymerase chain reaction for amplification of a sequence of the p57 gene of *Renibacterium salmoninarum* that provides a highly sensitive method for detection of the bacterium in salmonid kidney. *Dis Aquat Org*. 1998;34:223–229

48. Chase D.M., Elliot D.G., Pascho R.J. Detection and quantification of *Renibacterium salmoninarum* DNA in salmonid tissues by real-time quantitative polymerase chain reaction analysis. *J Vet Diagn Invest*. 2006; 18:375–380.

49. Halaihel N. et al. A new real time PCR-based assay for diagnosing *Renibacterium salmoninarum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and comparison with other techniques. *Journal of Microbiological Methods*. 2009; 6:75–80.

50. Etchegaray J.P., Martinez M.A., Krauskopf M., Leon, G. Molecular cloning of *Renibacterium salmoninarum* DNA fragments. *FEMS Microbiology Letters*. 1991; 79:61–64.

51. Alontseva D.A., Zavyalova E.A., Droshnev A.E., Karpova M.A., Bulina K.Yu. Development of a symptom complex in rabbits when receiving antiserum against the causative agent of bacterial kidney disease of salmonids (BKD). *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022; (2): 21–28 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202202003>

52. Alontseva D.A., Droshnev A.E., Zavyalova E.A. Development of real-time PCR for detection and identification of the causative agent of Bacterial Kidney Disease of salmon fish. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2023; (7): 34–41 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202307004>

ABOUT THE AUTHORS:

Darya Alexandrovna Alontseva
Junior Researcher
livejustonce@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4021-8648>

Alexey Evgenyevich Droshnev
Candidate of Biological Sciences
asdf1961@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1110-7052>

Elena Alexandrovna Zavyalova
Candidate of Biological Sciences
aquazeda@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0785-9654>

Federal State Budget Scientific Institution “Federal Scientific Centre VIEV”,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia

УДК 619:616-002-008.953-092

научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-53-57

Нефедов А.М.¹ ✉
 Луцай В.И.¹
 Концевая С.Ю.²
 Руденко А.А.¹

¹ Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

² Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

✉ goose322@mail.ru

Поступила в редакцию:
01.10.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-53-57

Anton M. Nefedov¹ ✉
 Vladimir I. Lutsai¹
 Svetlana Yu. Kontsevaya²
 Andrey A. Rudenko¹

¹ Russian Biotechnological University, Moscow, Russia

² Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

✉ goose322@mail.ru

Received by the editorial office:
01.10.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Изменение клеточного состава крови у лошадей при острой форме ламинита

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Ламинит лошадей является полиорганным заболеванием, которое может затрагивать важные системы организма лошади в наиболее запущенных случаях, однако чаще всего поражаются копыта, что в свою очередь сказывается на экономической составляющей владельца больного животного.

Методы. Работа выполнена на двух группах лошадей. К первой группе относились клинически здоровые лошади, ко второй — имеющие клинические признаки ламинита. Кровь для анализов бралась с соблюдением голодной диеты и правил асептики и антисептики из яремной вены. Подсчет лейкоцитарной формулы проводился вручную. Результаты систематически оценивались и сравнивались между собой для вычисления процентного соотношения.

Результаты. Установлено, что при ламините происходит значимое изменение клеточного состава крови, у лошадей экспериментальной группы отмечается увеличение лейкоцитов (примерно на 302,5%), что может быть связано с воспалительным процессом в организме, который запускает активную выработку лимфоцитов в кровяное русло. Также отмечается увеличение сегментоядерных нейтрофилов при подсчете лейкоцитарной формулы (на 41,52%). Такое изменение, вероятнее всего, вызвано травматическим повреждением подошвы копыта. В данном случае на увеличение сегментоядерных нейтрофилов будет влиять гранулоцитарно-колониестимулирующий фактор (G-CSF) — гормон, который стимулирует производство и высвобождение нейтрофилов из костного мозга.

Ключевые слова: анатомия копыта, диагностика, болезни конечностей, симптоматика, кровь

Для цитирования: Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А. Изменение клеточного состава крови у лошадей при острой форме ламинита. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 53–57. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-53-57>

© Нефедов А.М., Луцай В.И., Концевая С.Ю., Руденко А.А.

Changes in the cellular composition of blood in horses in acute laminitis

ABSTRACT

Relevance. Equine laminitis is a multi-organ disease that can affect important systems of the horse's body in the most neglected cases, but most often the hooves are affected, which in turn affects the economic component of the owner of the sick animal.

Methods. The work was performed on two groups of horses. The first group included clinically healthy horses, the second group had clinical signs of laminitis. Blood for tests was taken in compliance with a starvation diet and the rules of asepsis and antiseptics from the jugular. The calculation of the leukocyte formula was carried out manually. The results were systematically evaluated and compared with each other to calculate the percentage ratio.

Results. It was found that with laminitis there is a significant change in the cellular composition of the blood, in horses of the experimental group there is an increase in leukocytes (by about 302.5%), which may be associated with an inflammatory process in the body that triggers the active production of lymphocytes into the bloodstream. There is also an increase in segmented neutrophils when calculating the leukocyte formula (by 41.52%). This change is most likely caused by traumatic damage to the sole of the hoof. In this case, the increase in segmented neutrophils will be influenced by granulocyte colony stimulating factor (G-CSF), a hormone that stimulates the production and release of neutrophils from the bone marrow.

Key words: hoof anatomy, diagnosis, limb diseases, symptoms, blood

For citation: Nefedov A.M., Lutsai V.I., Kontsevaya S.Yu., Rudenko A.A. Changes in the cellular composition of blood in horses in the acute form of laminitis. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 53–57 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-53-57>

© Nefedov A.M., Lutsai V.I., Kontsevaya S.Yu., Rudenko A.A.

Введение/Introduction

По данным Джеймса К. Белкнапа, ламинит является одной из важных проблем в жизни лошади, так как, поражая копыта, эта болезнь косвенно наносит вред всему организму лошади. В первую очередь страдает сердечно-сосудистая система [1]. Совершая шаг, копыто обеспечивает лошади активную транспортировку крови от конечностей до сердца, далее разнося по всему организму. При ламините лошадь начинает хромать, механизмом является стремительно развивающаяся гипоксия тканей в связи с нарушением микроциркуляторного русла в области копыта. На цитологическом уровне происходит разрушение прочных связей (хемодесмосом) между мембраной и копытным рогом. В дальнейшем разрушение связи между тканями приведет к ослаблению каркаса копыта и последующей ротации копытной кости [2, 3]. Ранняя диагностика позволит на начальных стадиях не допустить активного разрушения копыта, а также обеспечить лошади более легкое течение болезни [4]. Диагностика и лечение ламинита достаточно актуальна и представлена в некоторых научных публикациях [5–10].

Этиология. Причины развития ламинита довольно обширны и разнообразны, однако можно отметить, что всё сводится к одному исходу: развивающаяся гипоксия тканей начинает разрушать прочную связь между мембраной и копытным рогом, вызывая сильное воспаление и дискомфорт у животного. В дальнейшем при отсутствии крепкой стабилизации копытная кость начинает подвергаться ротации под воздействием движения и веса лошади. В наиболее тяжелых случаях отмечается увеличение угла копытной кости (до ~ 20–25°), что может повлечь за собой пробитие подошвы копытной костью [1].

Диагностика. В основном сводится к периодическим осмотрам конечностей, ежегодной диспансеризации, а также анализу рационов. При осмотре конечностей следует обращать внимание на ширину белой линии, так как структура трубчатого рога состоит из множества слоев, при ламините данные слои начинают расслаиваться посредством нарушения крепких связей в тканях. Стоит обращать внимание и на подошву копыта на наличие различных уплотнений, которые могут возникать вследствие давления деформированной копытной кости. До визуальных изменений можно диагностировать ламинит путем продавливания подошвы (рис. 1), заворотных углов (рис. 2), а также по бокам копыта с использованием копытного щупа (рис. 3) [1, 11].

При воспалении лошадь будет испытывать дискомфорт и стараться отдернуть конечность.

К ранней диагностике ламинита можно отнести пальпацию латеральной и медиальной пальцевых артерий [12]. При воспалении давление в них увеличивается, образуется пульсация (рис. 4).

Отмечается увеличение местной температуры венчика и рогового башмака (рис. 5).

Один из вариантов диагностики ламинита — взятие крови для исследований. Забор проводится из яремной вены (рис. 6).

Цель исследования — установить изменение клеток в составе крови лошадей при острой фазе ламинита для ранней экспресс-диагностики заболевания.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Работа проводилась на базе кафедры ветеринарной хирургии ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» в 2022–2023 гг. Объектом для исследования служили лошади, содержащиеся в конно-спортивном клубе Black Horse

Рис. 1. Продавливание подошвы копытным щупом. Фото автора

Fig. 1. Pushing through the sole with a hoof stylus. Photo by the author



Рис. 2. Продавливание заворотных углов копытным щупом. Фото автора

Fig. 2. Pushing through the corners with a hoof stylus. Photo by the author



Рис. 3. Продавливание боковых частей копыта копытным щупом. Фото автора

Fig. 3. Punching the lateral parts of the hoof with a hoof probe. Photo by the author

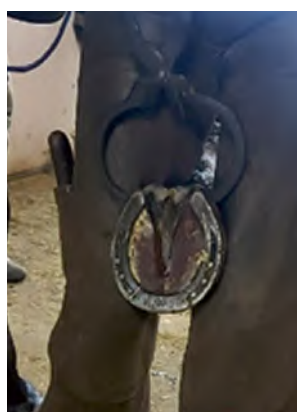


Рис. 4. Пальпация пальцевых артерий на предмет пульсации. Фото автора

Fig. 4. Palpation of finger arteries for pulsation. Photo by the author



Рис. 5. Измерение местной температуры копытного рога. Фото автора

Fig. 5. Measurement of local hoof horn temperature. Photo by the author



Рис. 6. Забор крови из яремной вены. Фото автора

Fig. 6. Blood sampling from the jugular vein. Photo by the author



(Московская обл., Раменский г. о., дер. Плетениха, Россия). Для исследования были подобраны 10 лошадей спонтанной породы без патологий конечностей и признаков иных заболеваний. Также подобраны 10 лошадей спонтанной породы с признаками патологий конечности и повышение местной температуры копытного рога, у 2 — только повышение местной температуры копытного рога, еще у 2 — неестественная вынужденная поза «качающегося маятника».

Все животные содержались в индивидуальных денниках размером 12 м². Денники располагались так, чтобы лошади могли видеть, слышать и обонять друг друга. Боковые стенки денника были частично открытыми, с решетками. Расстояние между прутьями вертикальной решетки — не меньше 5 см. Полы в денниках сухие, водонепроницаемые, нескользкие, легкие для очистки, из глинобитных материалов. Подстилка у клинически здоровых лошадей — сено, у лошадей с клиническими

признаками ламинита — толстый слой опилок (для уменьшения нагрузки на копыто).

В денниках естественное и искусственное освещение, температура помещения — 3–7 °С, относительная влажность воздуха — 60–75%, подвижность воздуха — 0,1–0,5 м/с.

Клинически здоровым лошадям давали гранулированный концентрированный корм, лошадям с клиническими признаками ламинита — грубый корм (сено). Вода у всех лошадей находилась в свободном доступе (табл. 1).

Все лошади были планово привиты вакциной «Эквилис Преквенза Те» (Intervet Schering-Plough Animal Health, Нидерланды) и вакциной против сибирской язвы животных из штамма 55-ВНИИВВиМ («Агровет», Россия).

Диагноз «ламинит» ставился на основании анамнестических данных, физикальных исследований, функциональной диагностики, а также морфологического исследования биопсийного материала.

Изучение клинического состояния животных проводилось по общепринятой в ветеринарной практике схеме. Особое внимание обращалось на состояние конечностей и пищеварительной системы.

Кровь для лабораторного исследования бралась (натощак) из яремной вены (рис. 6) в вакуумную пробирку Improvacuter с ЭДТА K2 (Guangzhou Improve Medical Instruments Co., Китай) для общего анализа крови. Транспортировка пробирок с биологическим материалом до лаборатории проводилась в термоконтейнере с охлаждающими элементами и температурой 2–4 °С. Исследование общего анализа крови производили на гематологическом анализаторе Dymind DH36 Vet (Dymind, Китай).

Подсчет лейкоцитарной формулы проводился методом микроскопии мазка крови, окрашенных по Романовскому — Гимзе¹ при увеличении $\times 100$ на микроскопе «Микмед 6» («ЛОМО», Россия). Скорость оседания эритроцитов определялась по методу Панченкова¹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследований было установлено, что у экспериментальной группы животных $n = 10$, которые имели клинические признаки ламинита, отмечалось резкое увеличение количества лимфоцитов, что может свидетельствовать о наличии воспалительного процесса (табл. 2).

Данные клинических признаков у животных экспериментальной группы указаны на гистограмме (рис. 7).

Рис. 7. Клинические признаки у животных экспериментальной группы

Fig. 7. Clinical signs in experimental group animals

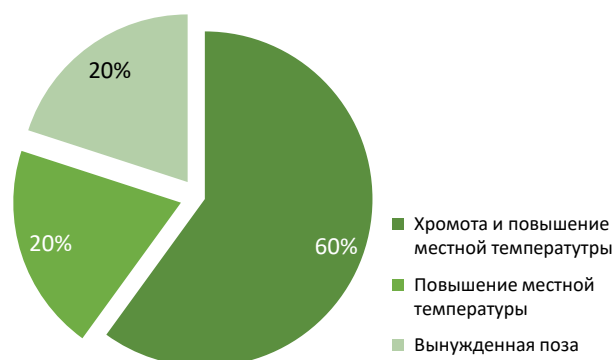


Таблица 1. Характеристика лошадей контрольной и опытных групп

Table 1. Characteristics of horses in the control and experimental groups

Кличка	Порода	Возраст	Вес
Группа животных без клинических признаков ламинита			
Комета	Ахалтекинская	5 лет 9 мес.	341 кг
Глория	Донская	7 лет 4 мес.	412 кг
Райдон	Ахалтекинская	5 лет 8 мес.	311 кг
Лучик	Арабская	6 лет 1 мес.	476 кг
Захар	Арабская	8 лет 4 мес.	441 кг
Милка	Донская	5 лет 6 мес.	325 кг
Ева	Донская	6 лет 9 мес.	398 кг
Ласточка	Ахалтекинская	9 лет 3 мес.	465 кг
Бомба	Арабская	7 лет 11 мес.	411 кг
Партия	Донская	6 лет 5 мес.	403 кг
Группа животных с клиническими признаками ламинита			
Идея	Ахалтекинская	7 лет 9 мес.	321 кг
Линкор	Ахалтекинская	5 лет 2 мес.	376 кг
Кипарис	Арабская	8 лет 7 мес.	445 кг
Дредноут	Арабская	6 лет 4 мес.	416 кг
Жасмин	Донская	6 лет 10 мес.	409 кг
Зевс	Ахалтекинская	8 лет 6 мес.	378 кг
Иштар	Ахалтекинская	6 лет 9 мес.	307 кг
Иллан	Арабская	5 лет 5 мес.	466 кг
Нейрон	Донская	7 лет 2 мес.	421 кг
Озар	Арабская	6 лет 8 мес.	388 кг
Паллета	Арабская	8 лет 5 мес.	344 кг

Таблица 2. Динамика изменений общеклинических показателей крови при развитии ламинита в острой фазе

Table 2. Dynamics of changes in general clinical blood parameters in the development of laminitis in the acute phase

Показатели	Клинически здоровые животные	Острая фаза ламинита
Гематокрит, %	42 ± 10	41 ± 2
Гемоглобин, g/L	120 ± 25*	142 ± 15*
Эритроциты, 10 ¹² /L	8,45 ± 5*	6,00 ± 4,39*
Средний объем эритроцита, fL	45 ± 15*	45,0 ± 6,5*
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, pg	16 ± 3*	16 ± 2,37*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, g/L	340 ± 30*	354 ± 14*
Тромбоциты, 10 ⁹ /L	240 ± 180*	276 ± 90*
Лейкоциты, 10 ⁹ /L	8.15 ± 4.10*	15.21 ± 7.50*
Сегментоядерные нейтрофилы, %	51 ± 10	76 ± 9
Лимфоциты, %	43 ± 15	19 ± 7
Моноциты, %	2 ± 2	1 ± 2
Эозинофилы, %	4 ± 2	4 ± 1
СОЭ	64 ± 5*	85 ± 2*

Примечание: * $p \leq 0,05-0,001$ по сравнению с показателями клинически здоровых животных.

Рис. 8. Кровь лошади в норме, микроскоп «Микмед 6» (АО «ЛОМО», Россия), объектив $\times 40$, камера 10 MP F2.4B [3 $\times$, PDAF]

Fig. 8. Normal horse blood, "Mikmed 6" microscope (JSC "LOMO", Russia), objective $\times 40$, camera 10 MP F2.4B [3 $\times$, PDAF]

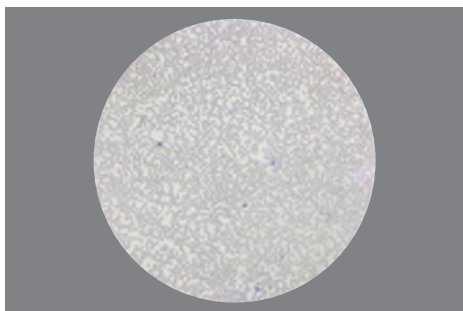
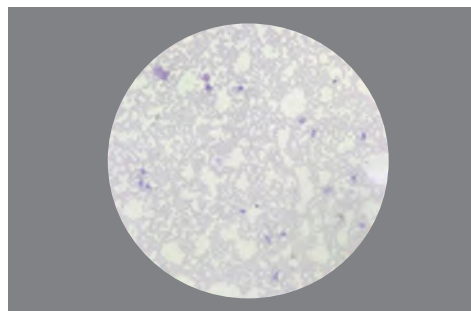


Рис. 9. Кровь лошади с лейкоцитозом, микроскоп «Микмед 6» (АО «ЛОМО», Россия), объектив $\times 40$, камера 10 MP F2.4B [3 $\times$, PDAF]

Fig. 9. Blood of a horse with leukocytosis, "Mikmed 6" microscope (JSC "LOMO", Russia), objective $\times 40$, camera 10 MP F2.4B [3 $\times$, PDAF]



Исследованиями достоверно установлено, что в мазке крови лошади с клиническими признаками ламинита насчитывается от 16 до 19 лейкоцитов в одном поле зрения, в то время как у лошадей контрольной группы — всего 3–5 лейкоцитов в одном поле зрения. Также установлено, что в крови преобладали сегментоядерные нейтрофилы (рис. 8, 9).

Выводы/Conclusion

1. Исследованиями установлено, что среднее содержание лейкоцитов у клинически здоровых лошадей в контрольной группе составляет 4,0 лейкоцита в поле

зрения, в то время как у животных с клиническими признаками ламинита в острой фазе — до 16,1 лейкоцита в поле зрения. Таким образом, разница в количестве лейкоцитов между группами с ламинитом и без — $\approx 302,5\%$ (в пользу увеличения количества лейкоцитов у лошадей с клиническими признаками ламинита в острой фазе).

2. Достоверно установлено, что среднее число сегментоядерных нейтрофилов в крови лошадей без клинических признаков заболевания составляет 52,5% нейтрофилов, а у лошадей с клиническими признаками ламинита в острой фазе наблюдается повышение концентрации нейтрофилов (до 41,52%).

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. Уша Б., Шабунин С., Жавнис С. Клиническое обследование животных. Монография. LAMBERT Academic Publishing. 2013; 364. ISBN 9783659450310
2. Лукьяновский В.А., Белов А.Д., Беляков И.М. Болезни костной системы животных. Монография. М.: Колос. 1984; 254.
3. Нефедов А.М., Луцай В.И. Системный подход к заболеваниям конечностей. Ветеринарная хирургия: от истока к современности. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора, доктора ветеринарных наук Г.С. Мاستыко. Витебск: Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. 2022; 134–137. <https://www.elibrary.ru/mysrgd>
4. Belknap J.K., Geor R.J. (eds.). Equine Laminitis. Wiley Blackwell. 2016; xiv + 455. <https://doi.org/10.1002/9781119169239>
5. Борисевич В.Б., Борисевич Б.В., Хомин Н.М. Особенности течения ламинита у лошадей и крупного рогатого скота. Ветеринария. 2001; (7): 40–42.
6. Коробчук М.В., Карклин А.И. Методы коррекции копыт лошадей и пони при хроническом ламините. Ветеринария. 2021; (3): 50–54. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.3.50-54>
7. Лазаренко А.Б. Уміст ліпідних фракцій в сухожилковій та хрящовій тканині копит коней за унгулярних деформацій на тлі хронічного ламініту. Вестник Сумського національного аграрного університету. 2013; (2): 176–181. <https://elibrary.ru/qcqwmb>
8. Лазаренко А.Б. Патоморфологічні зміни сухожилків у коней за копитних деформацій на тлі хронічного ламініту. Вестник Сумського національного аграрного університету. 2012; (1): 154–161. <https://elibrary.ru/shqjxq>
9. Лысых А.А. Лечение и профилактика ламинитов у лошадей. Заметки ученого. 2021; (4–1): 204–209. <https://elibrary.ru/igywca>
10. Федотова А.С., Семенихина А.А. Метаболический синдром как причина развития ламинита у лошадей. Вестник КрасГАУ. 2020; (6): 160–164. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-160-164>
11. Концевая С.Ю., Нефедов А.М., Луцай В.И., Лавров С.И., Пекуровский Д.А. Оценка степени хромоты у коров. Аграрная наука. 2021; (11–12): 43–45. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45>
12. Ладанова М.А., Стекольников А.А. Содержание цинка в сыворотке крови при специфической язве подошвы у коров. Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015; (2): 405–408. <https://www.elibrary.ru/twnijn>

REFERENCES

1. Usha B., Shabunin S., Zhavnis S. Clinical examination of animals. Monograph. LAMBERT Academic Publishing. 2013; 364 (In Russian). ISBN 9783659450310
2. Lukyanovskiy V.A., Belov A.D., Belyakov I.M. Diseases of the skeletal system of animals. Monograph. Moscow: Kolos. 1984; 254 (In Russian).
3. Nefedov A.M., Lutsay V.I. Systematic approach to diseases of the limbs. Veterinary surgery: from origin to modern times. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor, Doctor of Veterinary Sciences G.S. Mastyko. Vitebsk: Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine. 2022; 134–137 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/mysrgd>
4. Belknap J.K., Geor R.J. (eds.). Equine Laminitis. Wiley Blackwell. 2016; xiv + 455. <https://doi.org/10.1002/9781119169239>
5. Borisevich V.B., Borisevich B.V., Khomin N.M. Features of the course of laminitis in horses and cattle. Veterinary medicine. 2001; (7): 40–42 (In Russian).
6. Korobchuk M.V., Karklin A.I. Methods of correction of horses' and ponies' hooves in chronic laminitis. Veterinary medicine. 2021; (3): 50–54 (In Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2021.24.3.50-54>
7. Lazarenko A.B. The content of lipid fractions in the tendon and cartilaginous tissue of horses' hooves with ungular deformations against the background of chronic laminitis. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2013; (2): 176–181 (In Ukrainian). <https://elibrary.ru/qcqwmb>
8. Lazarenko A.B. Pathomorphological changes of tendons in horses with hoof deformities on the background of chronic laminitis. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2012; (1): 154–161 (In Ukrainian) <https://elibrary.ru/shqjxq>
9. Lysykh A.A. Treatment and prevention of laminitis in horses. Zаметki uchenogo. 2021; (4–1): 204–209 (In Russian). <https://elibrary.ru/igywca>
10. Fedotova A.S., Semikhina A.A. Metabolic syndrome as a result of laminitis development in horses. Bulletin of KSAU. 2020; (6): 160–164 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-160-164>
11. Kontsevaya S.Yu., Nefedov A.M., Lutsay V.I., Lavrov S.I., Pekurovsky D.A. Assessment of the degree of lameness in cows. Agrarian science. 2021; (11–12): 43–45 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-43-45>
12. Ladanova M.A., Stekolnikov A.A. The content of zinc in the blood serum for specific ulcers of the sole in cows. Issues of regulatory regulation in veterinary medicine. 015; (2): 405–408 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/twnijn>

ОБ АВТОРАХ

Антон Максимович Нефедов¹

аспирант
Goose322@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-6908-2895>

Владимир Иванович Луцай¹

доктор ветеринарных наук, заведующий кафедрой
ветеринарной медицины
recaro21@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0003-4668-2545>

Андрей Анатольевич Руденко¹

доктор ветеринарных наук, профессор кафедры
ветеринарной медицины
rudenkoaa@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6434-3497>

Светлана Юрьевна Концевая²

доктор ветеринарных наук, профессор
vetprof555@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3912-1590>

¹Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
Волоколамское шоссе, 11, Москва, 125080, Россия

²Донской государственный технический университет,
площадь Гагарина, 1, Ростов-на-Дону, 344000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Anton Maksimovich Nefedov¹

Postgraduate Student
Goose322@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0002-6908-2895>

Vladimir Ivanovich Lutsai¹

Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department
of Veterinary Medicine
recaro21@bk.ru
<https://orcid.org/0009-0003-4668-2545>

Andrey Anatolievich Rudenko¹

Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department
of Veterinary Medicine
rudenkoaa@mgupp.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6434-3497>

Svetlana Yurievna Kontsevaya²

Doctor of Veterinary Sciences, Professor
vetprof555@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3912-1590>

¹Russian Biotechnological University,
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russia

²Don State Technical University,
1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, 344000, Russia

П.В. Бурков¹
 М.А. Дерхо¹ ✉
 М.Б. Ребезов^{2, 3}
 П.Н. Щербakov¹
 А.О. Дерхо¹
 К.В. Степанова¹

¹Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

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

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ derkho2010@yandex.ru

Поступила в редакцию:
03.04.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66

Pavel V. Burkov¹
 Marina A. Derkho¹ ✉
 Maksim B. Rebezov^{2, 3}
 Pavel N. Shcherbakov¹
 Arina O. Derkho¹
 Ksenia V. Stepanova¹

¹South Ural State Agrarian University,
Troitsk, Russia

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

³Ural State Agrarian University,
Yekaterinburg, Russia

✉ derkho2010@yandex.ru

Received by the editorial office:
03.04.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состояния биостимулятором антигенаправленного действия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Репродуктивная недостаточность свиноматок, ассоциированная с цирковирусной инфекцией, широко распространена в свиноводческих предприятиях. Поэтому решающее значение в формировании репродуктивного потенциала свиноматок имеет повышение эффективности иммунитета, формирующегося у животных в поствакцинальный период.

Методы. Работа выполнена на свиноматках, которых в конце подсосного периода при отъеме поросят (на 21-е сутки после родов) вакцинировали против ЦВС-2 вакциной «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия). В опытной группе вакцинацию сочетали с двукратным введением иммунобиостимулятора направленного действия «Трансфер Фактор» в дозе 5 мл на голову с интервалом 7 дней (второе введение «Трансфер Фактора» проводилось при вакцинации). Эффективность поствакцинального иммунитета оценивали по результатам иммунологических, зоотехнических и статистических исследований.

Результаты. Установлено, что формирование поствакцинального иммунитета у свиноматок контрольной группы происходит в условиях увеличения в крови концентрации иммуноглобулинов ($\Sigma G + M + A$) в 1,25–1,59 раза за счет IgG и IgM, уменьшения абсолютного количества Т- и В-лимфоцитов на 11,84–15,51% и 14,12–17,51% при сохранении их процентной доли в общем пуле лимфоцитов, снижения уровня Т-хелперов на 34,27–36,47 на фоне прироста цитотоксических лимфоцитов и киллеров на 4,47–66,67%, что определяет выход поросят на один опорос в количестве 12,5 голов и мертворожденность на уровне 9,67%. Сочетание вакцинации с введением специфического иммунобиостимулятора направленного действия у свиноматок опытной группы определяет в поствакцинальный период; прирост концентрации иммуноглобулинов в крови на 24,93–71,56% за счет IgG; уменьшение количества Т-лимфоцитов на 19,50–23,76% на фоне увеличения В-лимфоцитов на 20,00–21,25%; сохранение абсолютного числа Т-хелперов и уменьшение количества цитотоксических лимфоцитов и киллеров в 2,14–3,00 раза, способствуя снижению мертворожденности на 3,24% и повышению выхода поросят на один опорос до 13,0 голов.

Ключевые слова: свиноматки, иммуноглобулины, иммунограмма, поствакцинальный иммунитет, цирковирус, репродуктивные потери

Для цитирования: Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербakov П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В. Иммунологический статус свиноматок в ходе репродуктивного цикла и коррекция его состояния биостимулятором антигенаправленного действия. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 58–66. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>

© Бурков П.В., Дерхо М.А., Ребезов М.Б., Щербakov П.Н., Дерхо А.О., Степанова К.В.

Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator

ABSTRACT

Relevance. Reproductive insufficiency of sows associated with circovirus infection is widespread in pig breeding enterprises. Therefore, an increase in the effectiveness of immunity formed in animals during the post-vaccination period is of crucial importance in the formation of the reproductive potential of sows.

Methods. The work was performed on sows, which at the end of the suckling period during weaning of piglets (on the 21st day after delivery) were vaccinated against CVS-2 with the "Ingelvak Circoflex" vaccine (Germany). In the experimental group, vaccination was combined with a two-time administration of a targeted immunobiostimulator "Transfer Factor" at a dose of 5 ml per head with an interval of 7 days (the second administration of "Transfer Factor" was carried out during vaccination). The effectiveness of post-vaccination immunity was evaluated based on the results of immunological, zootechnical and statistical studies.

Results. It was found that the formation of post-vaccination immunity in control group sows occurs under conditions of an increase in the concentration of immunoglobulins in the blood ($\Sigma G + M + A$) by 1.25–1.59 times due to IgG and IgM, a decrease in the absolute number of T- and B-lymphocytes by 11.84–15.51% and 14.12–17.51% while maintaining their percentage share in the total pool of lymphocytes, a decrease in the level of T-helpers by 34.27–36.47 against the background of an increase in cytotoxic lymphocytes and killers by 4.47–66.67%, which determines the yield of piglets per farrow in the amount of 12.5 heads and stillbirth at the level of 9.67%. The combination of vaccination with the introduction of a specific targeted immunobiostimulator in sows of the experimental group determines in the post-vaccination period; an increase in the concentration of immunoglobulins in the blood by 24.93–71.56% due to IgG; a decrease in the number of T-lymphocytes by 19.50–23.76% against the background of an increase in B-lymphocytes by 20.00–21.25%; preservation of the absolute number of T-helpers and reducing the number of cytotoxic lymphocytes and killers by 2.14–3.00 times, contributing to a 3.24% reduction in stillbirth and an increase in the yield of piglets per farrowing to 13.0 heads.

Key words: sows, immunoglobulins, immunogram, post-vaccination immunity, circovirus, reproductive diseases

For citation: Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Shcherbakov P.N., Derkho A.O., Stepanova K.V. Immunological status of sows during the reproductive cycle and correction of its condition with an antigen-directed biostimulator. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 58–66 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-58-66>

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

Введение/Introduction

Воспроизводство стада — одно из важнейших направлений деятельности современных свиноводческих предприятий, влияющих на экономическую эффективность его работы. Оно базируется на технологии получения поросят в планируемые сроки, что возможно при строгой регуляции репродуктивных функций свиноматок и воспроизводительного процесса в целом [1].

Свиноматки, используемые в товарном производстве, обладают повышенной репродуктивной способностью благодаря генетическим достижениям [2]. Однако увеличение размера помета повлияло не только на количество и вес поросят при рождении, но и на процесс их внутриутробного развития, что в последующем определяет показатели их роста и сохранности. В этих условиях поддержание иммунного статуса свиноматок важно не только для сохранения «собственного» здоровья, но и возможности получения здорового потомства.

Согласно данным [3], решающее значение в формировании репродуктивного потенциала свиноматок имеет достаточное потребление энергии и меньшее количество воздействующих на их организм инфекционных агентов. Поэтому важно в промышленной среде создать такие технологические условия, которые способствовали бы сохранению иммунного ответа организма свиноматок на воздействие антигенных агентов в различные сроки репродуктивного цикла [4]. При этом необходимо контролировать распространенность «факторных инфекций», которые инициируют нарушение воспроизводительных функций у свиноматок [5].

Одним из экономически важных вирусов в свиноводческих предприятиях является цирковир ЦВС-2 [6, 7], заболеваемость животных которым контролирует (но не устраняет) вакцинация. Это определяется особенностью персистенции вируса в окружающей среде свиноводческих помещений и отсутствием «стерилизующего иммунитета» после вакцинации [8, 9]. По данным [10], частота положительных результатов на цирковир значительно выше у свиноматок с репродуктивной недостаточностью, чем у здоровых, при этом более 60,60% абортотворных плодов положительны по цирковирусу. Свиноматки с клиническими признаками цирковирной инфекции не только имеют хронические репродуктивные проблемы, но и более низкий уровень оплодотворяемости и более высокий средний уровень смертности [11]. Типичным клиническим признаком репродуктивной недостаточности свиноматок, связанной с ЦВС-2, является наличие мертворожденных поросят в помете [12]. В работе [13] констатируется, что наличие в помете свиноматок хотя бы одного мертворожденного поросенка сочетается с идентификацией в пробах их крови генома цирковируса. На тяжесть репродуктивной недостаточности влияет не только вирулентность штамма вируса, но и стадия беременности [14].

Поскольку репродуктивная недостаточность свиноматок, ассоциированная с цирковирной инфекцией, широко распространена в свиноводческих предприятиях [15], целью исследования являлась оценка иммунного статуса свиноматок после вакцинации против ЦВС-2 в ходе последующего репродуктивного цикла, а также при коррекции его состояния за счет повышения эффективности иммунного ответа организма животных после вакцинации.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Эксперимент выполнен в условиях товарного свиного комплекса ООО «Агрофирма Ариант» в 2022–2023 гг. (Челябинская обл., Россия), на котором технология производства свинины основана с учетом рекомендаций Genesis и региональных характеристик предприятия.

При планировании экспериментальной части работы учитывали полную технологическую схему использования свиноматок в условиях поточной системы воспроизводства, которая предусматривала холостой период, определяемый временем на синхронизацию и осеменение свиноматок, супоросный период, и подготовку к опоросу, а также опорос и лактационный период.

На предприятии используется короткий цикл воспроизводства, в котором период подсоса составляет 21 день, и время содержания свиноматок до осеменения после отъема (7–10 суток).

Питательность рациона кормления и перемещение животных по специализированным помещениям регулировались в соответствии с данной схемой. При этом для кормления свиноматок на предприятии используется жидкий корм (режим кормления — двухкратный). Животные имеют свободный доступ к автоматическим поилкам.

Свиноматок в холостой период и большую часть супоросного периода содержали групповым методом, а в последнюю треть супоросности, включая опорос и лактационный (подсосный) период — в индивидуальных боксах. За неделю до предполагаемой даты родов свиноматок переводили в сектор опороса.

В период проведения эксперимента общее поголовье свиноматок варьировало в пределах 196–202 голов и состояло из основных и проверяемых маток.

Дизайн экспериментальной части работы учитывал схему вакцинации животных против цирковирной инфекции, которая проводилась в конце подсосного периода при отъеме поросят, то есть на 21-е сутки после родов. Для этих целей использовалась вакцина «Ингельвак ЦиркоФЛЕКС» (Германия). После вакцинации состояние свиноматок визуально контролировали на наличие побочных реакций в течение двух часов.

Исследовательская часть работы выполнена в два этапа (рис. 1).

Перед использованием препарат подвергался стандартной проверке на стерильность. «Трансфер Фактор» вводили свиноматкам двукратно с интервалом 7 дней

Рис. 1. Этапы научно-исследовательской работы

Fig. 1. Stages of research work



в дозе 5 мл на одну голову. Второе введение «Трансфер Фактора» сочетали с использованием вакцины против цирковируса.

Иммунный статус свиноматок характеризовали на основе исследования образцов крови, которые на каждом этапе эксперимента методом случайной выборки брали у 10 голов венепункцией краниальной поллой вены в следующие сроки технологического цикла:

- 1) до первого введения «Трансфер Фактора» (14-е сутки после опороса);
- 2) в середине супоросности (57–59-е сутки беременности);
- 3) в конце беременности (до перевода в секцию опороса).

От каждой свиноматки брали по две пробирки крови, которые в термоконтейнере доставлялись в лабораторию HELIX (г. Челябинск, Россия). В образцах крови определяли концентрацию иммуноглобулинов А (IgA), G (IgG), М (IgM) иммунотурбидиметрическим методом на биохимическом анализаторе Gobas 6000 (Roche Diagnostics, Швейцария).

Методом проточной цитометрии в $10^9/\text{л}$ и % определяли количество: Т-лимфоцитов (CD3 + CD19-); Т-хелперов/индукторов (CD3 + CD4 + CD45+); Т-цитотоксических лимфоцитов (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+); Т-лимфоцитов, экспрессирующих маркеры NK-клеток (Т-NK-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+); истинных натуральных киллеров (NK-клетки) (CD3-CD56 + CD45+); NK-клеток, экспрессирующих альфа-цепь антигена CD8 (CD3-CD8 + CD45+) и В-лимфоциты (CD19 + CD3-).

Дополнительно были вычислены процентная доля незрелых Т-лимфоцитов (CD4 + CD8 + CD45+) и индекс $\text{CD3} + \text{CD4} + / \text{CD3} + \text{CD8} +$ (Т-хелперы/ЦТЛ).

В качестве индикатора эффективности вакцинации определены уровень мертворожденности поросят и выход поросят на один опорос у свиноматок опытной и контрольной групп [12, 16] (по данным статистической отчетности свиногомплекса).

Полученный цифровой материал подвергли статистической обработке, используя возможности пакета программы Excel 2010 (США). Результаты выражены в виде средних значений и средних значений стандартной ошибки. Значения вероятности $< 0,05$ рассматривались как указывающие на значимость.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

Имуноглобулины в организме свиноматок обеспечивают формирование и поддержание не только собственного иммунитета, но и защиту развивающихся плодов от антигенных раздражителей за счет эпителиоохориальной функции плаценты и эффективность колострального иммунитета у подсосных поросят [17–19].

В организме свиноматок развитие поствакцинального иммунного ответа к цирковирусной инфекции протекает на фоне прогрессирования беременности [20] и возрастания антигенной активности плода, а также прессинга факторов окружающей среды, что отражается на эффективности формируемого иммунитета. Соответственно, совокупность данных факторов влияет на изменчивость

иммуноглобулинов в крови животных, формирующих гуморальные иммунологические механизмы в их организме. Поэтому вариабельность иммуноглобулинов G, М и А в крови свиноматок контрольной группы можно рассматривать как реакцию животных на вакцинацию в существующих условиях репродуктивного цикла.

Свиноматки контрольной и опытной групп на 14-е сутки после опороса не имели статистически значимых различий в концентрации иммуноглобулинов в крови (табл. 1). При этом в их совокупности преобладали иммуноглобулины класса G (73,32–73,74% от их общей суммы), определяя способность белков как защищать организм матери от воздействия различных антигенов, так и поддерживать «иммунный фон» секрета молочных желез в ходе лактации [21]. Согласно данным [22], большая часть иммуноглобулинов G молока — это сывороточные антитела, обладающие более высокой степенью усвоения в организме поросят.

Формирование поствакцинального иммунитета к цирковирусной инфекции у свиноматок протекало в условиях осеменения и последующего развития беременности. С одной стороны, вакцинация стимулировала адаптивный иммунный ответ организма, с другой — развитие плода, обладающего антигенной активностью, происходит только при иммунологической толерантности организма матери к антигенам плода. Поэтому состояние гуморального звена иммунитета, оцениваемого по концентрации иммуноглобулинов в крови матери, являлось «компромиссом» между данными иммунологическими процессами.

В середине супоросности у свиноматок контрольной группы, как результат циркуляции в крови поствакцинальных антител, достоверно возросло количество иммуноглобулинов G, М и А (по сравнению с подсосными животными) в 1,44, 2,02 и 2,14 раза (табл. 1). Однако в общей сумме иммуноглобулинов уменьшалась доля IgG (до 66,51%) и возрастала IgM (до 30,70%).

Совокупность полученных данных можно рассценивать как способность организма супоросных свиноматок не только адекватно отвечать на антигенную стимуляцию плода и противовирусной вакцины, но и вырабатывать антитела, связывающие антигены вирусного и бактериального происхождения, воздействующие на их организм в существующей технологической среде, то есть иммуноглобулиновый профиль крови

Таблица 1. Концентрация иммуноглобулинов в крови свиноматок и их изменчивость в ходе репродуктивного цикла ($n = 10$), $\bar{X} \pm S_x$

Table 1. The concentration of immunoglobulins in the blood of sows and their variability during the reproductive cycle ($n = 10$), $\bar{X} \pm S_x$

Показатели	Сроки исследования крови в ходе репродуктивного цикла					
	14-е сутки после опороса		середина супоросности (57–59-е сутки беременности)		в конце беременности (до перевода в секцию опороса)	
	$\bar{X} \pm S_x$	%	$\bar{X} \pm S_x$	%	$\bar{X} \pm S_x$	%
Контрольная группа						
Ig G, г/л	4,97 ± 0,16	73,74	7,15 ± 0,40 ^{*1}	66,51	4,86 ± 0,14	57,78
Ig M, г/л	1,63 ± 0,09	24,18	3,30 ± 0,10 ^{*1}	30,70	3,23 ± 0,11 ^{*1}	38,41
Ig A, г/л	0,14 ± 0,01	2,08	0,30 ± 0,01 ^{*1}	2,79	0,32 ± 0,02 ^{*1}	3,81
$\Sigma \text{G} + \text{M} + \text{A}$, г/л	6,74 ± 0,09	100,00	10,75 ± 0,17 ^{*1}	100,00	8,41 ± 0,09 ^{*1}	100,00
Опытная группа						
Ig G, г/л	5,44 ± 0,23	73,32	10,51 ± 0,27 ^{*1*2}	82,56	7,58 ± 0,20 ^{*1*2}	81,76
Ig M, г/л	1,81 ± 0,15	24,39	2,02 ± 0,06 ^{*2}	15,87	1,53 ± 0,06 ^{*2}	16,50
Ig A, г/л	0,17 ± 0,01	2,29	0,20 ± 0,01 ^{*2}	1,57	0,16 ± 0,01 ^{*2}	1,74
$\Sigma \text{G} + \text{M} + \text{A}$, г/л	7,42 ± 0,13	100,00	12,73 ± 0,09 ^{*1*2}	100,00	9,27 ± 0,09 ^{*1*2}	100,00

Примечание: ^{*1} $p < 0,05$ по отношению к данным на 14-е сутки после опороса, ^{*2} $p < 0,05$ по отношению к контрольной группе

свиноматок свидетельствовал о протекании в их организме процессов по механизму первичного и вторично-иммунного ответа [23].

В конце беременности у свиноматок контрольной группы в условиях общего снижения количества иммуноглобулинов в крови до $8,41 \pm 0,09$ г/л сохранялась тенденция изменений его классов, выявленная в середине супоросности (табл. 1). При этом уменьшалась концентрация IgG (до $4,86 \pm 0,14$ г/л), составляя в общей сумме иммунных белков 57,78%, что, по данным [24], является, вероятно, результатом их перехода через плаценту в плод в данный срок беременности, а также увеличивались количество IgM и IgA, соответственно, до $3,23 \pm 0,11$ г/л и $0,32 \pm 0,02$ г/л и их доля в сумме иммуноглобулинов до 38,41% и 3,81%, отражая состояние иммунологических механизмов в барьерах слизистых оболочек в организме животных [25].

В опытной группе свиноматок, у которых вакцинация сочеталась с введением специфического иммунобиостимулятора направленного действия, динамика иммуноглобулинов (рис. 2) в поствакцинальный период имела следующие особенности:

Для проверки данных выводов была изучена изменчивость лимфоцитарного состава крови свиноматок контрольной и опытной групп.

Как известно, лимфоциты являются специализированными клетками иммунной системы, способными быстро реагировать на сигналы чужеродных патогенов или воспалительных раздражителей. Среди них основными являются: 1) Т-лимфоциты, или Т-клетки («стражи» адаптивной иммунной системы), которые в ответ на антиген-специфические сигналы экспрессируют Т-клеточный рецептор (CD3), позволяя выявлять и устранять антигенную «угрозу» в организме животных; 2) В-лимфоциты, или В-клетки (факторы гуморальной иммунной системы), продуцирующие иммуноглобулины [26, 27]. При этом роль Т-лимфоцитов приоритетна в контроле состояния иммунной системы, а В-лимфоцитов — в секреции антител.

В настоящее время для дифференциации Т- и В-лимфоцитов используется метод проточной цитометрии, при котором Т-лимфоциты идентифицируются по экспрессии CD3, а В-лимфоциты — CD19-антигенов [27].

В стандартных технологических условиях лимфоцитарный профиль крови свиноматок опытной и контрольной групп на 14-е сутки после опороса не имел статистически значимых различий (табл. 2).

Так, лимфоциты в циркуляторном русле животных были представлены

Рис. 2. Особенности динамики иммуноглобулинов

Fig. 2. Features of immunoglobulin dynamics

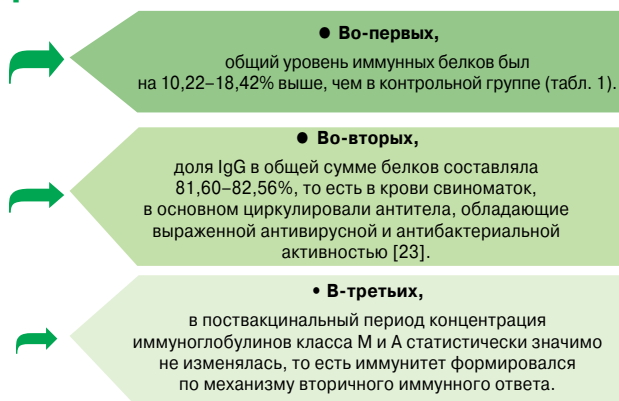


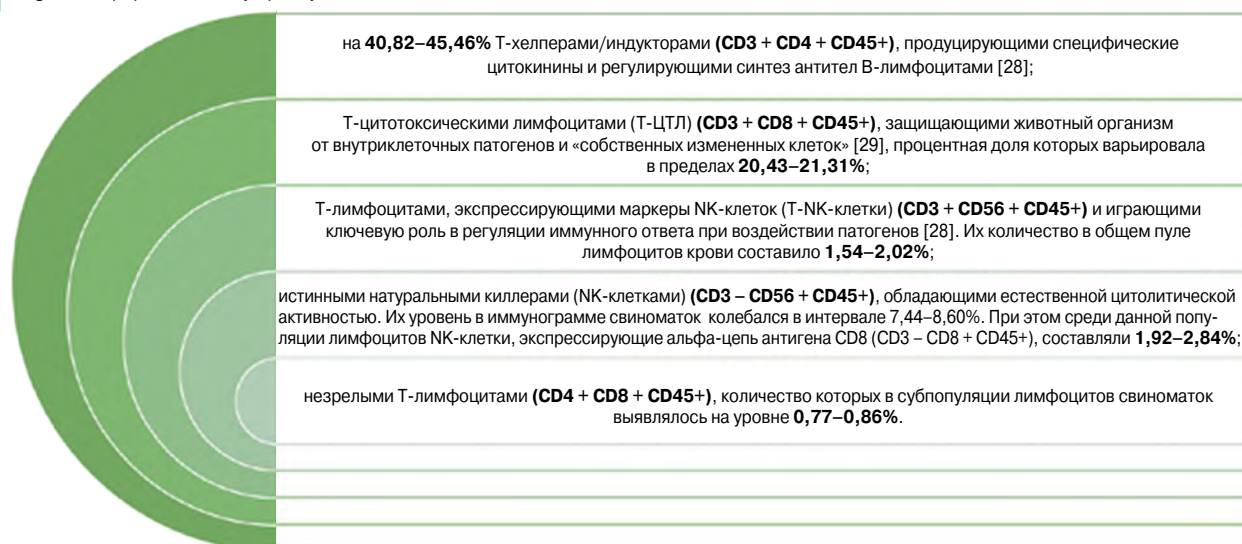
Таблица 2. Лимфоцитарный профиль крови свиноматок и его изменчивость в ходе репродуктивного цикла ($n = 10$), $\bar{X} \pm Sx$

Table 2. Lymphocytic profile of sow blood and its variability during the reproductive cycle ($n = 10$), $\bar{X} \pm Sx$

Показатели иммунограммы	Сроки исследования крови в ходе репродуктивного цикла		
	14-е сутки после опороса	середина супоросности (57–59-е сутки беременности)	в конце беременности (до перевода в секцию опороса)
Контрольная группа			
Т-лимфоциты (CD3 + CD19-), 10^9 /л	$5,74 \pm 0,17$	$5,06 \pm 0,12$	$4,85 \pm 0,17^1$
Т-лимфоциты (CD3 + CD19-), %	$73,68 \pm 1,28$	$76,31 \pm 1,40$	$76,25 \pm 1,33$
Т-хелперы/индукторы (CD3 + CD4 + CD45+), 10^9 /л	$3,18 \pm 0,18$	$2,09 \pm 0,06^{*1}$	$2,02 \pm 0,18^{*1}$
Т-хелперы/индукторы (CD3 + CD4 + CD45+), %	$40,82 \pm 0,65$	$31,52 \pm 0,37^{*1}$	$31,76 \pm 0,24^{*1}$
Т-цитотоксические лимфоциты (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+), 10^9 /л	$1,66 \pm 0,12$	$2,01 \pm 0,13^{*1}$	$1,90 \pm 0,11^{*1}$
Т-цитотоксические лимфоциты (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+), %	$21,31 \pm 0,50$	$30,32 \pm 0,15^{*1}$	$29,87 \pm 0,18^{*1}$
Незрелые Т-лимфоциты (CD4 + CD8 + CD45+), %	$0,77 \pm 0,09$	$0,56 \pm 0,02^{*1}$	$0,41 \pm 0,01^{*1}$
Т-лимфоциты, экспрессирующие маркеры НК-клеток (Т-НК-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+), 10^9 /л	$0,12 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,02^{*1}$	$0,20 \pm 0,01^{*1}$
Т-лимфоциты, экспрессирующие маркеры НК-клеток (Т-НК-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+), %	$1,54 \pm 0,03$	$3,02 \pm 0,02^{*1}$	$3,14 \pm 0,03^{*1}$
Индекс CD3 + CD4+ / CD3 + CD8+ (Т-хелперы/ЦТЛ)	$1,92 \pm 0,04$	$1,09 \pm 0,05^{*1}$	$1,03 \pm 0,06^{*1}$
Истинные натуральные киллеры (НК-клетки) (CD3-CD56 + CD45+), 10^9 /л	$0,67 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,03$
Истинные натуральные киллеры (НК-клетки) (CD3-CD56 + CD45+), %	$8,60 \pm 0,24$	$10,55 \pm 0,47$	$11,01 \pm 0,24^{*1}$
НК-клетки, экспрессирующие альфа-цепь антигена CD8 (CD3-CD8 + CD45+), 10^9 /л	$0,15 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,01^{*1}$	$0,22 \pm 0,01^{*1}$
НК-клетки, экспрессирующие альфа-цепь антигена CD8 (CD3-CD8 + CD45+), %	$1,92 \pm 0,03$	$3,16 \pm 0,43^{*1}$	$3,45 \pm 0,10^{*1}$
В-лимфоциты (CD19 + CD3-), 10^9 /л	$1,77 \pm 0,10$	$1,52 \pm 0,16$	$1,46 \pm 0,05$
В-лимфоциты (CD19 + CD3-), %	$22,72 \pm 0,42$	$22,92 \pm 0,90$	$22,96 \pm 0,57$
Опытная группа			
Т-лимфоциты (CD3 + CD19-), 10^9 /л	$5,64 \pm 0,21$	$4,30 \pm 0,21^{*1*2}$	$4,54 \pm 0,20^{*1*2}$
Т-лимфоциты (CD3 + CD19-), %	$76,31 \pm 0,38$	$67,29 \pm 0,54^{*1*2}$	$69,21 \pm 0,43^{*1*2}$
Т-хелперы/индукторы (CD3 + CD4 + CD45+), 10^9 /л	$3,36 \pm 0,16$	$3,22 \pm 0,18^{*2}$	$3,48 \pm 0,16^{*2}$
Т-хелперы/индукторы (CD3 + CD4 + CD45+), %	$45,46 \pm 0,36$	$50,39 \pm 0,27^{*2}$	$53,05 \pm 1,06^{*1*2}$
Т-цитотоксические лимфоциты (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+), 10^9 /л	$1,51 \pm 0,12$	$0,66 \pm 0,11^{*1*2}$	$0,69 \pm 0,12^{*1*2}$
Т-цитотоксические лимфоциты (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+), %	$20,43 \pm 1,04$	$10,32 \pm 0,37^{*1*2}$	$10,52 \pm 0,92^{*1*2}$
Незрелые Т-лимфоциты (CD4 + CD8 + CD45+), %	$0,86 \pm 0,11$	$1,47 \pm 0,06^{**}$	$0,96 \pm 0,07^{***}$
Т-лимфоциты, экспрессирующие маркеры НК-клеток (Т-НК-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+), 10^9 /л	$0,15 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,01^{*1*2}$	$0,05 \pm 0,01^{*1*2}$
Т-лимфоциты, экспрессирующие маркеры НК-клеток (Т-НК-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+), %	$2,02 \pm 0,39$	$1,09 \pm 0,03^{*1*2}$	$0,76 \pm 0,01^{*1*2}$
Индекс CD3 + CD4+ / CD3 + CD8+ (Т-хелперы/ЦТЛ)	$2,23 \pm 0,08$	$4,88 \pm 0,23^{*1*2}$	$5,04 \pm 0,19^{*1*2}$
Истинные натуральные киллеры (НК-клетки) (CD3-CD56 + CD45+), 10^9 /л	$0,55 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,05^{*1*2}$	$0,25 \pm 0,04^{*1*2}$
Истинные натуральные киллеры (НК-клетки) (CD3-CD56 + CD45+), %	$7,44 \pm 0,15$	$3,59 \pm 0,46^{*1*2}$	$3,81 \pm 0,15^{*1*2}$
НК-клетки, экспрессирующие альфа-цепь антигена CD8 (CD3-CD8 + CD45+), 10^9 /л	$0,21 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,01^{*1*2}$	$0,14 \pm 0,02^{***}$
НК-клетки, экспрессирующие альфа-цепь антигена CD8 (CD3-CD8 + CD45+), %	$2,84 \pm 0,13$	$2,03 \pm 0,06^{*1*2}$	$2,13 \pm 0,07^{*1*2}$
В-лимфоциты (CD19 + CD3-), 10^9 /л	$1,60 \pm 0,06$	$1,92 \pm 0,08^{*1*2}$	$1,94 \pm 0,05^{*1*2}$
В-лимфоциты (CD19 + CD3-), %	$21,65 \pm 0,32$	$30,05 \pm 0,40^{*1*}$	$29,57 \pm 0,31^{*1*2}$

Примечание: $^{*1} p < 0,05$ по отношению к данным на 14-е сутки после опороса, $^{*2} p < 0,05$ по отношению к контрольной группе.

Рис. 3. Субпопуляция Т-лимфоцитов
Fig. 3. Subpopulation of T lymphocytes



в основном Т-лимфоцитами, процентная доля которых составляла 73,68–76,31% (табл. 2). Количество В-лимфоцитов колебалось в интервале $1,60 \pm 0,06$ — $1,77 \pm 0,10 \cdot 10^9/\text{л}$ (21,65–22,72%). Субпопуляция Т-лимфоцитов как представителей адаптивной иммунной системы представлена на рисунке 3.

Таким образом, иммунный статус свиноматок в лактационный период до вакцинации поддерживался за счет функционирования лимфоцитов и их субпопуляций, обладающих специфическими свойствами и контролирующими состояние клеточного и гуморального иммунного ответа. Хотя Т-лимфоциты отвечают за синтез специфических цитокининов, а В-лимфоциты — за синтез иммуноглобулинов, выбор синтезируемых иммуноглобулинов и, соответственно, их уровень в крови сопряжены с секреторной активностью различных субпопуляций Т-лимфоцитов.

Динамические взаимодействия между В- и Т-клетками лежат в основе развития адаптивных гуморальных иммунных ответов — как в физиологических условиях, так и при вакцинации [30].

Уже было отмечено, что формирование поствакцинального иммунитета в организме свиноматок происходило на фоне прогрессирования беременности, что, соответственно, отражалось на общем количестве лимфоцитов в кровотоке и их клеточных субпопуляциях. Так, в крови свиноматок контрольной группы в середине супоросности (по сравнению с подсосным периодом) уменьшалось, хотя и недостоверно, абсолютное количество Т- и В-лимфоцитов на 11,84% и 14,12% соответственно. Однако их процентная доля в общем пуле лимфоцитов сохранялась (табл. 2), отражая способность организма животных как синтезировать антитела, так и реагировать на воздействие антигенов различной природы. В то же время наблюдалось снижение уровня и процентной доли Т-хелперов/индукторов (**CD3 + CD4 + CD45+**) на 34,27% и 22,78%.

Как известно, Т-хелперы состоят из клеточных субпопуляций, синтезирующих цитокинины с антагонистическими свойствами и за счет этого регулирующие соотношение реакций клеточного и гуморального иммунного ответа [31]. Нормальное развитие и функционирование плаценты возможны в условиях преобладающего синтеза цитокининов, активирующих В-лимфоциты. Поэтому уменьшение количества Т-хелперов на фоне прироста уровня Т-цитотоксических лимфоцитов (Т-ЦТЛ) (**CD3 +**

CD8 + CD45+), Т-лимфоцитов, экспрессирующих маркеры NK-клеток (Т-NK-клетки) (**CD3 + CD56 + CD45+**) и истинных натуральных киллеров (NK-клеток) (**CD3-CD56 + CD45+**) свидетельствует о нарушениях в формировании «гуморального иммунного ответа» в организме свиноматок, что, соответственно, отразится на нормальном развитии плодов.

Аналогичный лимфоцитарный профиль выявлялся у свиноматок контрольной группы и в конце беременности. Хотя процентная доля Т- и В-лимфоцитов в общем пуле клеток крови практически не отличалась от данных подсосных свиноматок, их абсолютное количество уменьшалось на 15,51% и 17,51% соответственно (табл. 2), создавая основу для убыли в кровотоке концентрации иммуноглобулинов (табл. 1). При этом уровень Т-хелперов/индукторов в иммунограмме крови свиноматок оставался на уровне 31,76%, а цитотоксических лимфоцитов и натуральных киллеров — возрастал (табл. 2).

Следовательно, формирование поствакцинального иммунитета к ЦВС-2 в организме свиноматок в ходе прогрессирования беременности определялось как иммунной толерантностью матери к плоду, так и активностью Т-хелперов, ориентированной на усиление цитотоксической активности лимфоцитов. Возможно, вирусные антигены, в том числе и плода, попадая в кровотоки свиноматок, стимулировали синтез цитотоксических лимфоцитов и NK-клеток [31], что отражалось как на эффективности поствакцинального иммунитета, так и на развитии плода.

Одной из причин повышения количества цитотоксических лимфоцитов в крови свиноматок может являться и то, что они обладают способностью защищать организм от инфекционных агентов, активируя процессы фагоцитоза [32]. При этом баланс субпопуляций Т-лимфоцитов, определяющий цитокининовый профиль организма, очень важен в формировании иммунного ответа и отличается пластичностью, соизмеримой с окружением клеток [33].

Условия вакцинации могут влиять на адаптивные иммунные реакции в организме супоросных свиноматок, определяя ее эффективность. Так, у животных опытной группы на фоне сочетания вакцинации с введением специфического иммунобиостимулятора направленного действия количество и процентная доля Т-лимфоцитов уменьшались (по сравнению с подсосным

периодом) на 19,50–23,76% и 9,30–11,82% соответственно (табл. 2). При этом уровень В-лимфоцитов, наоборот, возрастал на 20,00–21,25%, определяя секреторную активность клеток, а также прирост уровня иммуноглобулинов в крови свиноматок в поствакцинальный период.

Кроме этого, значимы были различия и в количественной выраженности субпопуляций Т-лимфоцитов — как по отношению к контрольной группе, так и к подсосному периоду (табл. 2). Хотя абсолютное количество Т-хелперов/индукторов (CD3 + CD4 + CD45+) в иммунограмме свиноматок в поствакцинальный период статистически значимо не изменялось, их процентная доля в общем пуле лимфоцитов кровотока возрастала (на 10,84–16,69%). Это происходило на фоне уменьшения количества Т-цитотоксических лимфоцитов (Т-ЦТЛ) (CD3 + CD8 + CD45+), Т-лимфоцитов, экспрессирующих маркеры NK-клеток (Т-NK-клетки) (CD3 + CD56 + CD45+) и истинных натуральных киллеров (NK-клеток) (CD3 – CD56 + CD45+) в 2,14–3,00 раза, свидетельствуя о приоритетности формирования клеточного иммунного ответа в организме животных. По данным [31], это обеспечивало возможность сохранения и «более физиологического» развития беременности.

К аналогичным выводам в своих исследованиях пришли [34]. Авторы отмечали, что в условиях переключения Th1-опосредованного клеточного ответа на Th2-опосредованный иммунный ответ создаются условия для нормального развития плода.

Таким образом, в опытной группе свиноматок прогрессирование беременности и формирование поствакцинального иммунитета протекали на фоне повышения процентной доли Т-хелперов, которые посредством синтеза специфических цитокинов активировали клеточно-опосредованные иммунные реакции [35], способствуя полноценному развитию плодов. Поэтому и снижался уровень цитотоксических лимфоцитов и естественных киллеров, способствуя функционированию фетоплацентарного комплекса.

Для проверки сделанных выводов сравнили свиноматок контрольной и опытной групп по выходу поросят с одного опороса и уровню мертворожденности в пометах. Данные параметры имеют наибольшее экономическое значение в промышленном свиноводстве, и, как было отмечено, при хронической циркуляции цирковиральной инфекции репродуктивные проблемы сопряжены именно с низкой оплодотворяемостью свиноматок и выживаемостью поросят в пометах [11, 13, 14, 36]. При этом основной причиной мертворожденности у свиноматок является трансплацентарное заражение плодов цирковирусом [12, 16]. Хотя регулярная вакцинация снижает количество репродуктивных потерь, но полностью не устраняет.

У свиноматок контрольной и опытной групп процент мертворожденности поросят в пометах составил, соответственно, 9,67% и 6,43% (рис. 4). Межгрупповые различия были равны 3,24%. Основываясь на том, что синдром мертворожденности в свиноводстве чаще всего связан с инфекциями, в том числе и ЦВС-2 [37], можно утверждать, что сочетание вакцинации против ЦВС-2 с

Рис. 4. Процентная доля мертворожденных поросят в пометах свиноматок опытной и контрольной групп

Fig. 4. Percentage of stillborn piglets in the litters of sows of the experimental and control groups

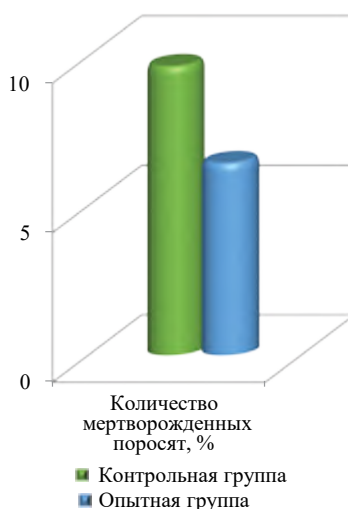
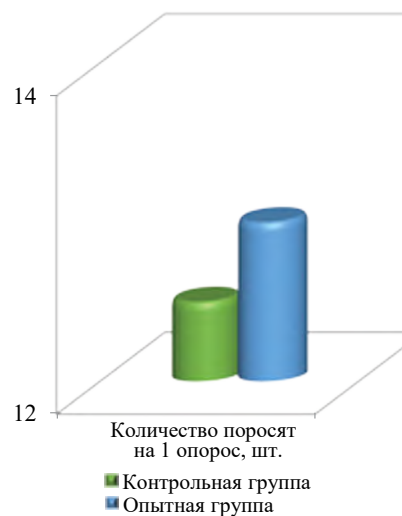


Рис. 5. Выход поросят на один опорос у свиноматок опытной и контрольной групп

Fig. 5. The output of piglets for 1 farrowing in sows of the experimental and control groups



введением «Трансфер Фактора» способствовало повышению эмбриональной выживаемости и жизнеспособности поросят.

Следующим важным экономическим показателем является размер помета. В условиях экспериментального свиного комплекса для получения товарного поголовья использовались генотипы свиноматок, обладающих потенциально высокой репродуктивной способностью. Поэтому в стандартных технологических условиях, несмотря на наличие мертворожденности, выход поросят на один опорос у свиноматок контрольной группы составил 12,5 голов (рис. 5).

В опытной группе животных при сочетании вакцинации с введением «Трансфер Фактора» снижались «инфекционное давление» и восприимчивость свиноматок к цирковирусу, что позволило повысить выход поросят на один опорос до 13,0 голов. Это дает основание утверждать: изменение «стратегии вакцинации» против ЦВС-2 повлияло на эпидемиологию инфекции, что отразилось на соответствующих экономических показателях.

Выводы/Conclusion

Исследования показали, что вакцинация свиноматок против ЦВС-2 влияет на иммунный статус животных в ходе репродуктивного цикла и количественную выраженность репродуктивных потерь.

Формирование поствакцинального иммунитета, протекающего на фоне осеменения животных, наступления и развития многоплодной беременности в стандартных технологических условиях свиного комплекса, сопровождается: увеличением в крови свиноматок общей концентрации иммуноглобулинов ($\Sigma G + M + A$) в 1,25–1,59 раза в зависимости от срока супоросности за счет IgG и IgM; уменьшением абсолютного количества Т- и В-лимфоцитов на 11,84–15,51% и 14,12–17,51% при сохранении их процентной доли в общем пуле лимфоцитов; снижением уровня Т-хелперов на 34,27–36,47% на фоне прироста Т-цитотоксических лимфоцитов, Т-лимфоцитов, экспрессирующих маркеры NK-клеток и истинных натуральных киллеров на 4,47–66,67%, определяя выход поросят на один опорос в количестве 12,5 голов и мертворожденность на уровне 9,67%.

Коррекция иммунного статуса свиноматок путем сочетания вакцинации с введением специфического иммунобиостимулятора направленного действия определяет: прирост концентрации иммуноглобулинов в крови животных в поствакцинальный период на 24,93–71,56% за счет IgG; уменьшение количества Т-лимфоцитов на 19,50–23,76% на фоне увеличения В-лимфоцитов на

20,00–21,25%; сохранение абсолютного числа Т-хелперов в иммунограмме в условиях уменьшения количества Т-цитотоксических лимфоцитов, Т-лимфоцитов, экспрессирующих маркеры НК-клеток и истинных натуральных киллеров в 2,14–3,00 раза, способствуя снижению мертворожденности на 3,24% и повышению выхода поросят на один опорос до 13,0 голов.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

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

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

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

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Материалы подготовлены в рамках регионального конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами» (соглашение от 25.03.2022 № 22-16-20007).

FUNDING

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрижак Т.А., Мартынюк И.Н., Сушко А.Б., Стрижак А.В., Старовойтова А.Н., Старовойтова Н.Н. Плановая репродукция стада свиней. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Горки: БГСА. 2022; 25(1): 47–53. <https://elibrary.ru/wyhaiv>
2. Hines E.A. *et al.* The impact of dietary supplementation of arginine during gestation in a commercial swine herd: II. Offspring performance. *Journal of Animal Science*. 2019; 97(9): 3626–3635. <https://doi.org/10.1093/jas/skz214>
3. Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
4. Liu Y. *et al.* Effects of dietary soluble or insoluble fiber intake in late gestation on litter performance, milk composition, immune function, and redox status of sows around parturition. *Journal of Animal Science*. 2020; 98(10): skaa303. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa303>
5. Бригадиров Ю.Н., Коцарев В.Н., Шапошников И.Т., Лобанов А.Э., Фалькова Ю.О. Некоторые показатели иммунобиохимического статуса свиноматок при воспалительных процессах в репродуктивных органах. *Российский ветеринарный журнал*. 2018; (1): 9–11. <https://elibrary.ru/ywcbco>
6. Бурков П.В., Щербakov П.Н., Дерхо М.А., Ребезов М.Б. Особенности формирования поствакцинального иммунитета против цирковирусной инфекции свиней и его коррекции. *Аграрная наука*. 2022; (10): 32–37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
7. Dvorak C.M., Lilla M.P., Baker S.R., Murtaugh M.P. Multiple routes of porcine circovirus type 2 transmission to piglets in the presence of maternal immunity. *Veterinary Microbiology*. 2013; 66(3–4): 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.06.011>
8. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
9. López-Lorenzo G. *et al.* Presence of Porcine Circovirus Type 2 in the Environment of Farm Facilities without Pigs in Long Term-Vaccinated Farrow-to-Wean Farms. *Animals*. 2022; 12(24): 3515. <https://doi.org/10.3390/ani12243515>
10. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
11. Palinski R. *et al.* A Novel Porcine Circovirus Distantly Related to Known Circoviruses Is Associated with Porcine Dermatitis and Nephropathy Syndrome and Reproductive Failure. *Journal of Virology*. 2016; 91(1): e01879–16. <https://doi.org/10.1128/JVI.01879-16>
12. Oropeza-Moe M., Oropeza Delgado A.J., Framstad T. Porcine circovirus type 2 associated reproductive failure in a specific pathogen free (SPF) piglet producing herd in Norway: a case report. *Porcine Health Management*. 2017; 3: 25. <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0072-3>
13. Tochetto C. *et al.* Investigation on porcine circovirus type 3 in serum of farrowing sows with stillbirths. *Microbial Pathogenesis*. 2020; 149: 104316. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104316>
14. Garcia-Morante B. *et al.* A novel subunit vaccine based on the viral protein 2 of porcine parvovirus: safety profile in bred pigs at different stages of the reproduction cycle and in offspring. *Heliyon*. 2019; 5(11): e02593. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02593>

REFERENCES

1. Strizhak T.A., Martynyuk I.N., Sushko A.B., Strizhak A.V., Starovoitova A.N., Starovoitova N.N. Planned reproduction of a herd of pigs. *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2022; 25(1): 47–53 (In Russian). <https://elibrary.ru/wyhaiv>
2. Hines E.A. *et al.* The impact of dietary supplementation of arginine during gestation in a commercial swine herd: II. Offspring performance. *Journal of Animal Science*. 2019; 97(9): 3626–3635. <https://doi.org/10.1093/jas/skz214>
3. Song H. *et al.* Effects of Dietary Monoglyceride and Diglyceride Supplementation on the Performance, Milk Composition, and Immune Status of Sows During Late Gestation and Lactation. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 714068. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.714068>
4. Liu Y. *et al.* Effects of dietary soluble or insoluble fiber intake in late gestation on litter performance, milk composition, immune function, and redox status of sows around parturition. *Journal of Animal Science*. 2020; 98(10): skaa303. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa303>
5. Brigadirov Y.N., Kosarev V.N., Shaposhnikov I.T., Lobanov A.E., Falkova Yu.O. Some indicators of immunobiochemical status of sows in case of inflammatory processes in reproductive organs. *Russian Veterinary Journal*. 2018; (1): 9–11 (In Russian). <https://elibrary.ru/ywcbco>
6. Burkov P.V., Scherbakov P.N., Derkho M.A., Rebezov M.B. Aspects of the formation of post-vaccination immunity against porcine circovirus infection and its correction. *Agrarian science*. 2022; (10): 32–37 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-32-37>
7. Dvorak C.M., Lilla M.P., Baker S.R., Murtaugh M.P. Multiple routes of porcine circovirus type 2 transmission to piglets in the presence of maternal immunity. *Veterinary Microbiology*. 2013; 66(3–4): 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.06.011>
8. Burkov P.V. *et al.* Pathological features of the lungs and liver of piglets under conditions of constant vaccination of livestock against circovirus infection. *Theory and Practice of Meat Processing*. 2023; 8(1): 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2023-8-1-4-11>
9. López-Lorenzo G. *et al.* Presence of Porcine Circovirus Type 2 in the Environment of Farm Facilities without Pigs in Long Term-Vaccinated Farrow-to-Wean Farms. *Animals*. 2022; 12(24): 3515. <https://doi.org/10.3390/ani12243515>
10. Mai J. *et al.* High Co-infection Status of Novel Porcine Parvovirus 7 With Porcine Circovirus 3 in Sows That Experienced Reproductive Failure. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 695553. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.695553>
11. Palinski R. *et al.* A Novel Porcine Circovirus Distantly Related to Known Circoviruses Is Associated with Porcine Dermatitis and Nephropathy Syndrome and Reproductive Failure. *Journal of Virology*. 2016; 91(1): e01879–16. <https://doi.org/10.1128/JVI.01879-16>
12. Oropeza-Moe M., Oropeza Delgado A.J., Framstad T. Porcine circovirus type 2 associated reproductive failure in a specific pathogen free (SPF) piglet producing herd in Norway: a case report. *Porcine Health Management*. 2017; 3: 25. <https://doi.org/10.1186/s40813-017-0072-3>
13. Tochetto C. *et al.* Investigation on porcine circovirus type 3 in serum of farrowing sows with stillbirths. *Microbial Pathogenesis*. 2020; 149: 104316. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104316>
14. Garcia-Morante B. *et al.* A novel subunit vaccine based on the viral protein 2 of porcine parvovirus: safety profile in bred pigs at different stages of the reproduction cycle and in offspring. *Heliyon*. 2019; 5(11): e02593. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02593>

15. Derkho M.A., Burkov P.V., Shcherbakov P.N., Rebezov M.B., Stepanova K.V., Ansori A.M. Contribution of some immunological and metabolic factors to formation of piglets' post-vaccination immunity. *Theory and practice of meat processing*. 2022; 7(3): 193–199. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2022-7-3-193-199>
16. Reif J. *et al.* Reproductive failure in an Austrian piglet-producing farm due to porcine circovirus genotype 2d. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2022; 70(2): 149–155. <https://doi.org/10.1556/004.2022.00010>
17. Ouyang K. *et al.* Evaluation of humoral immune status in porcine epidemic diarrhoea virus (PEDV) infected sows under field conditions. *Veterinary Research*. 2015; 46: 140. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0285-x>
18. Czyżewska-Dors E., Wierzechowski K., Pomorska-Mól M. Serum concentrations of immunoglobulins and cortisol around parturition in clinically healthy sows and sows with postpartum dysgalactia syndrome (PDS). *Journal of Veterinary Research*. 2022; 66(2): 245–250. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0034>
19. Maciag S.S. *et al.* On the influence of the source of porcine colostrum in the development of early immune ontogeny in piglets. *Scientific Reports*. 2022; 12: 15630. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20082-1>
20. Бурков П.В., Дерkho М.А., Ребезов М.Б., Щербakov П.Н. Цирковир как фактор, контролирующий эффективность беременности у свиноматок. *Аграрная наука*. 2023; (8): 27–35. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
21. Peng X. *et al.* Live yeast supplementation during late gestation and lactation affects reproductive performance, colostrum and milk composition, blood biochemical and immunological parameters of sows. *Animal Nutrition*. 2020; 6(3): 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.03.001>
22. Salmon H., Berri M., Gerdts V., Meurens F. Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Developmental & Comparative Immunology*. 2009; 33(3): 384–393. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2008.07.007>
23. Супрун Е.Н. Динамика иммунного ответа. *Аллергология и иммунология в педиатрии*. 2014; (2): 35–40. <https://elibrary.ru/wxbocr>
24. Segura M., Martínez-Miró S., López M.J., Madrid J., Hernández F. Effect of Parity on Reproductive Performance and Composition of Sow Colostrum during First 24 h Postpartum. *Animals*. 2020; 10(10): 1853. <https://doi.org/10.3390/ani10101853>
25. Turula H., Wobus C.E. The Role of the Polymeric Immunoglobulin Receptor and Secretory Immunoglobulins during Mucosal Infection and Immunity. *Viruses*. 2018; 10(5): 237. <https://doi.org/10.3390/v10050237>
26. Pearce E.L., Poffenberger M.C., Chang C.-H., Jones R.G. Fueling Immunity: Insights into Metabolism and Lymphocyte Function. *Science*. 2013; 342(6155): 1242454. <https://doi.org/10.1126/science.1242454>
27. Kono M., Takagi Y., Kawauchi S., Wada A., Morikawa T., Funakoshi K. Non-activated T- and B-lymphocytes become morphologically distinguishable after detergent treatment. *Cytometry Part A*. 2013; 83A(4): 396–402. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.22262>
28. Del Zotto G. *et al.* Comprehensive Phenotyping of Peripheral Blood T-Lymphocytes in Healthy Mice. *Cytometry Part A*. 2021; 99(3): 243–250. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24246>
29. Кудрявцев И.В. и др. Фенотипическая характеристика цитотоксических Т-лимфоцитов: регуляторные и эффекторные молекулы. *Медицинская иммунология*. 2018; 20(2): 227–240. <https://doi.org/10.15789/1563-0625-2018-2-227-240>
30. Tangye S.G., Brink R., Goodnow C.C., Phan T.G. SnapShot: Interactions between B-Cells and T-Cells. *Cell*. 2015; 162(4): 926–926.e1. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.07.055>
31. Соколов Д.И., Селютин А.В., Лесничия М.В., Аржанова О.Н., Сельков С.А. Субпопуляционный состав лимфоцитов периферической крови беременных женщин с гестозом. *Журнал акушерства и женских болезней*. 2007; 56(4): 17–23. <https://elibrary.ru/ijjurl>
32. Abu-Raya B., Michalski C., Sadarangani M., Lavoie P.M. Maternal Immunological Adaptation During Normal Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2020; 11: 575197. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.575197>
33. Sujino T., Kanai T. Development, Competition and Plasticity of the T-lymph cells in inflammatory bowel disease. *Japanese Journal of Clinical Immunology*. 2012; 35(5): 399–411 (на япон. яз.). <https://doi.org/10.2177/jsci.35.399>
34. Grün V., Schmucker S., Schalk C., Flaiger B., Stefanski V. Characterization of the adaptive immune response following immunization in pregnant sows (*Sus scrofa*) kept in two different housing systems. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(8): 3388–3397. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7531>
35. Schalk C., Pfaffinger B., Schmucker S., Weiler U., Stefanski V. Pregnancy-Associated Alterations of Peripheral Blood Immune Cell Numbers in Domestic Sows Are Modified by Social Rank. *Animals*. 2019; 9(3): 112. <https://doi.org/10.3390/ani9030112>
36. Sharma R., Saikumar G. Porcine parvovirus- and porcine circovirus 2-associated reproductive failure and neonatal mortality in crossbred Indian pigs. *Tropical Animal Health and Production*. 2010; 42(3): 515–522. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9454-0>
37. Eddicks M. *et al.* Examination on the Occurrence of Coinfections in Diagnostic Transmittals in Cases of Stillbirth, Mummification, Embryonic Death, and Infertility (SMEDI) Syndrome in Germany. *Microorganisms*. 2023; 11(7): 1675. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071675>
15. Derkho M.A., Burkov P.V., Shcherbakov P.N., Rebezov M.B., Stepanova K.V., Ansori A.M. Contribution of some immunological and metabolic factors to formation of piglets' post-vaccination immunity. *Theory and practice of meat processing*. 2022; 7(3): 193–199. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2022-7-3-193-199>
16. Reif J. *et al.* Reproductive failure in an Austrian piglet-producing farm due to porcine circovirus genotype 2d. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2022; 70(2): 149–155. <https://doi.org/10.1556/004.2022.00010>
17. Ouyang K. *et al.* Evaluation of humoral immune status in porcine epidemic diarrhoea virus (PEDV) infected sows under field conditions. *Veterinary Research*. 2015; 46: 140. <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0285-x>
18. Czyżewska-Dors E., Wierzechowski K., Pomorska-Mól M. Serum concentrations of immunoglobulins and cortisol around parturition in clinically healthy sows and sows with postpartum dysgalactia syndrome (PDS). *Journal of Veterinary Research*. 2022; 66(2): 245–250. <https://doi.org/10.2478/jvetres-2022-0034>
19. Maciag S.S. *et al.* On the influence of the source of porcine colostrum in the development of early immune ontogeny in piglets. *Scientific Reports*. 2022; 12: 15630. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20082-1>
20. Burkov P.V., Derkho M.A., Rebezov M.B., Scherbakov P.N. Circovirus as a factor controlling the effectiveness of pregnancy in sows. *Agrarian science*. 2023; (8): 27–35 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-27-35>
21. Peng X. *et al.* Live yeast supplementation during late gestation and lactation affects reproductive performance, colostrum and milk composition, blood biochemical and immunological parameters of sows. *Animal Nutrition*. 2020; 6(3): 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.03.001>
22. Salmon H., Berri M., Gerdts V., Meurens F. Humoral and cellular factors of maternal immunity in swine. *Developmental & Comparative Immunology*. 2009; 33(3): 384–393. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2008.07.007>
23. Супрун Е.Н. Dynamics of the immune response. *Allergology and Immunology in Pediatrics*. 2014; (2): 35–40 (In Russian). <https://elibrary.ru/wxbocr>
24. Segura M., Martínez-Miró S., López M.J., Madrid J., Hernández F. Effect of Parity on Reproductive Performance and Composition of Sow Colostrum during First 24 h Postpartum. *Animals*. 2020; 10(10): 1853. <https://doi.org/10.3390/ani10101853>
25. Turula H., Wobus C.E. The Role of the Polymeric Immunoglobulin Receptor and Secretory Immunoglobulins during Mucosal Infection and Immunity. *Viruses*. 2018; 10(5): 237. <https://doi.org/10.3390/v10050237>
26. Pearce E.L., Poffenberger M.C., Chang C.-H., Jones R.G. Fueling Immunity: Insights into Metabolism and Lymphocyte Function. *Science*. 2013; 342(6155): 1242454. <https://doi.org/10.1126/science.1242454>
27. Kono M., Takagi Y., Kawauchi S., Wada A., Morikawa T., Funakoshi K. Non-activated T- and B-lymphocytes become morphologically distinguishable after detergent treatment. *Cytometry Part A*. 2013; 83A(4): 396–402. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.22262>
28. Del Zotto G. *et al.* Comprehensive Phenotyping of Peripheral Blood T-Lymphocytes in Healthy Mice. *Cytometry Part A*. 2021; 99(3): 243–250. <https://doi.org/10.1002/cyto.a.24246>
29. Kudryavtsev I.V. *et al.* Phenotypic characterisation of peripheral blood cytotoxic T-lymphocytes: regulatory and effector molecules. *Medical Immunology (Russia)*. 2018; 20(2): 227–240 (In Russian). <https://doi.org/10.15789/1563-0625-2018-2-227-240>
30. Tangye S.G., Brink R., Goodnow C.C., Phan T.G. SnapShot: Interactions between B-Cells and T-Cells. *Cell*. 2015; 162(4): 926–926.e1. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.07.055>
31. Sokolov D.I., Selyutin A.V., Lesnichija M.V., Arzhanova O.N., Selkov S.A. Subpopulation profile of peripheral blood lymphocytes in normal and preeclampsia pregnancy. *Journal of obstetrics and women's diseases*. 2007; 56(4): 17–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/ijjurl>
32. Abu-Raya B., Michalski C., Sadarangani M., Lavoie P.M. Maternal Immunological Adaptation During Normal Pregnancy. *Frontiers in Immunology*. 2020; 11: 575197. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.575197>
33. Sujino T., Kanai T. Development, Competition and Plasticity of the T-lymph cells in inflammatory bowel disease. *Japanese Journal of Clinical Immunology*. 2012; 35(5): 399–411 (In Japanese). <https://doi.org/10.2177/jsci.35.399>
34. Grün V., Schmucker S., Schalk C., Flaiger B., Stefanski V. Characterization of the adaptive immune response following immunization in pregnant sows (*Sus scrofa*) kept in two different housing systems. *Journal of Animal Science*. 2014; 92(8): 3388–3397. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7531>
35. Schalk C., Pfaffinger B., Schmucker S., Weiler U., Stefanski V. Pregnancy-Associated Alterations of Peripheral Blood Immune Cell Numbers in Domestic Sows Are Modified by Social Rank. *Animals*. 2019; 9(3): 112. <https://doi.org/10.3390/ani9030112>
36. Sharma R., Saikumar G. Porcine parvovirus- and porcine circovirus 2-associated reproductive failure and neonatal mortality in crossbred Indian pigs. *Tropical Animal Health and Production*. 2010; 42(3): 515–522. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9454-0>
37. Eddicks M. *et al.* Examination on the Occurrence of Coinfections in Diagnostic Transmittals in Cases of Stillbirth, Mummification, Embryonic Death, and Infertility (SMEDI) Syndrome in Germany. *Microorganisms*. 2023; 11(7): 1675. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11071675>

ОБ АВТОРАХ

Павел Валерьевич Бурков¹

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

Марина Аркадьевна Дерkho¹

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

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>

Павел Николаевич Щербakov¹

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

Арина Олеговна Дерkho¹

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

Ксения Вадимовна Степанова¹

кандидат биологических наук, доцент кафедры инфекционных болезней и ветеринарно-санитарной экспертизы
deratizator@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3916-004X>

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

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Pavel Valerievich Burkov¹

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

Marina Arkadyevna Derkho¹

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

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>

Pavel Nikolaevich Shcherbakov¹

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

Arina Olegovna Derkho¹

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

Ksenia Vadimovna Stepanova¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Infectious Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise
deratizator@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3916-004X>

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

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

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

А.А. Сермягин¹ ✉
 Н.В. Боголюбова¹
 А.А. Белоус¹
 Г.К. Петрякова¹
 Н.П. Елаткин²
 Н.А. Зиновьева¹

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

²ООО «Мираторг-Генетика», Домодедово, Московская обл., Россия

✉ alex_sermyagin85@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.10.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73

Alexander A. Sermyagin¹ ✉
 Nadezhda V. Bogolyubova¹
 Anna A. Belous¹
 Galina K. Petryakova¹
 Nikolay P. Elatkin²
 Natalia A. Zinovieva¹

¹Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Podolsk, Moscow Region, Russia

²“Miratorg-Genetics” LLC, Domodedovo, Moscow region, Russia

✉ alex_sermyagin85@mail.ru

Received by the editorial office:
20.10.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Показатели мясной продуктивности, эффективности использования корма и химического состава мяса бычков абердин-ангусской породы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Оценка мясной продуктивности скота нуждается в трансформации путем привлечения всё большего массива фенотипической информации для повышения точности прогноза генотипа животных. Это может быть достигнуто через использование данных по изменению живой массы особей и расходу корма за период их выращивания. В связи с этим применение автоматических кормовых станций, фиксирующих данные параметры для комплексной оценки генотипа бычков абердин-ангусской породы, является важной задачей данных исследований.

Методы. Была использована информация по 212 головам бычков абердин-ангусской породы, проходивших финальный откорм продолжительностью 60–65 дней на кормовых станциях GrowSafe в условиях Брянской области. Используются данные по убойным качествам животных, эффективности использования корма и химического состава мяса. Интегральной величиной разделения бычков на четыре группы сравнения являлся показатель остаточного потребления корма (RFI).

Результаты. Лучшее сочетание показателей конверсии корма (4,95 кг/кг), среднесуточного прироста (1,67 кг/сут) и потребленного сухого вещества рациона (8,25 кг) за период откорма на площадке показали бычки с отрицательным значением RFI и приростом выше 1495 г относительно других групп сравнения. Аналогичную тенденцию имели сверстники из второй группы, однако потребление сухого вещества корма у них было самым высоким (8,96 кг). Более высокой влагоудерживающей способностью мяса (60,87% и 60,39%) и суммарным количеством водорастворимых антиоксидантов (0,147 мг/г и 0,148 мг/г) в нем показали животные из второй и четвертой групп сравнения. Значимых различий в химическом составе мяса не установлено.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, мясная продуктивность, конверсия корма, химический состав мяса

Для цитирования: Сермягин А.А., Боголюбова Н.В., Белоус А.А., Петрякова Г.К., Елаткин Н.П., Зиновьева Н.А. Показатели мясной продуктивности, эффективности использования корма и химического состава мяса бычков абердин-ангусской породы. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 67–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73>

© Сермягин А.А., Боголюбова Н.В., Белоус А.А., Петрякова Г.К., Елаткин Н.П., Зиновьева Н.А.

Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls

ABSTRACT

Relevance. Assessing the meat production of beef cattle to be transformed by involving an ever-increasing phenotypic data to improve the accuracy of genotype estimation of animals. This can be achieved through the use of live weight changes for individuals and feed consumption during the period of their rearing in feedlots. In this regard, the use of automatic feeding stations that record these parameters for a comprehensive assessment of the genotype of Aberdeen-Angus bulls is an important task of these studies.

Methods. Information by 212 individuals was used for Aberdeen Angus bulls that underwent final fattening lasting 60–65 days at GrowSafe feeding stations in the Bryansk region (Russia). Data on the slaughter quality of animals, the efficiency of feed using and the chemical composition of meat were studied. The integral value for dividing bulls into four comparison groups was the residual feed intake trait (RFI).

Results. The best combination of feed conversion rates (4.95 kg/kg), average daily gain (1.67 kg/day) and consumed dry matter of the diet (8.25 kg) during the fattening period at the site was shown by bulls with a negative RFI value and an increase above 1495 g relative to other comparison groups. The peers from the second group had a similar tendency, but their consumption of dry matter of feed was the highest (8.96 kg). The animals from the second and fourth comparison groups showed a higher moisture-retaining capacity of meat (60.87% and 60.39%) and the total amount of water-soluble antioxidants (0.147 mg/g and 0.148 mg/g) in it. Significant differences in the chemical composition of meat have not been established.

Key words: cattle, meat production, feed conversion, chemical composition of meat

For citation: Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A. Meat production, feed efficiency and chemical composition traits of meat for Aberdeen Angus steers bulls. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 67–73 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-67-73>

© Sermyagin A.A., Bogolyubova N.V., Belous A.A., Petryakova G.K., Elatkin N.P., Zinovieva N.A.

Введение/Introduction

Главная цель мясного скотоводства — производство максимального количества высококачественной говядины. Важным составляющим такого процесса являются племенные организации (племенные заводы и репродукторы, станции по искусственному осеменению сельскохозяйственных животных, крупные агрохолдинги), где проводятся селекционно-племенная работа и ее планирование, в задачу которой входят получение животных с наилучшей комбинацией генов на основе расчета племенной ценности предков, собственной продуктивности, геномного прогноза и по качеству потомства для последующего комплектования стада или популяции высокопродуктивными особями, размножение и накопление ценных генотипов [1, 2].

Начиная с 2017 г. в Российской Федерации стартовала Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства¹, которая должна способствовать обеспечению стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции через импортозамещение и должна быть направлена на улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота, что предусматривает создание научно-технических проектов в отраслях мясного и молочного животноводства².

На сегодняшний момент Правительством России утверждена Подпрограмма «Улучшение генетического потенциала крупного рогатого скота мясных пород»³, в которой значительную роль играет ООО «Агропромышленный холдинг «Мираторг»» (Домодедово, Московская обл., Россия).

Общие объемы производства говядины и телятины в Российской Федерации за 2019–2020 годы составляют около 1,37 млн т в год (примерно 2% мирового производства). Однако объемы производства говядины в России недостаточно полно покрывают потребности внутреннего рынка, которые в 2014–2020 годах варьировались в диапазоне 2,0–2,3 млн т, что составляло 14–16 кг на душу населения в год⁴.

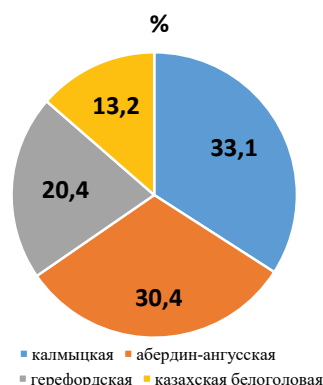
С точки зрения породного разнообразия наибольшая доля быков в мясном скотоводстве сосредоточена в калмыцкой, абердин-ангусской, герефордской и казахской белоголовой породах (рис. 1).

Для реализации принципов крупномасштабной селекции необходим максимальный охват искусственным осеменением, что в условиях России на сегодняшний день возможно только для одной трансграничной породы — абердин-ангусской⁵. В связи с этим необходима разработка собственной методологии генетической оценки быков по качеству потомства (в том числе с применением элементов геномной селекции) при умеренном использовании лучших зарубежных племенных ресурсов (до 10% от поголовья производителей). При этом немаловажную роль играет переход от бонитировочной шкалы оценки к точным методам фенотипирования и генотипирования животных [3].

Основными критериями селекции на сегодняшний момент в мясном скотоводстве России являются: среднесуточный привес (либо чистый — нетто-привес);

Рис. 1. Наибольшая доля быков в мясном скотоводстве России (по основным породам)

Fig. 1. The largest share of bulls in beef cattle breeding in Russia (by main breeds)



живая масса при рождении, в 7-, 12-, 15- и 18-месячном возрасте; средняя высота в крестце; показатель выращивания телят к отъему на 100 коров 1–3-го отелов и их живая масса (оценка молочности маток)³.

Однако считать это достаточным для ускорения и повышения качества селекционного процесса нельзя, поэтому дополнительными критериями отбора животных, которые учитываются в рутинном процессе, могут служить оценка убойного выхода, товарный класс туши по европейской классификации (SEUROP)⁶, эффективность использования корма (*RFI* и др.), мраморность мяса, количественные и качественные параметры мясных отрубов (площадь мышечного глазка и др.) [4–6].

Актуальной научной проблемой является фундаментальное изучение факторов, способствующих формированию качества мясной продукции посредством комплексного подхода, включающего поиск новых функциональных элементов питания, консолидации фенотипических, молекулярно-генетических, биохимических, микробиологических, гормональных механизмов гомеостаза в организме сельскохозяйственных животных [7–10].

Проблемам качества и свойствам мясного сырья посвящено достаточное количество исследований отечественных и зарубежных специалистов [11–15].

В то же время пищевая ценность мясных продуктов определяется химическим составом — содержанием белков, жиров, углеводов, экстрактивных веществ, витаминов, минеральных соединений, аминокислот [16, 17].

Говядина, в частности, является хорошим источником белка высокой биологической ценности и незаменимых аминокислот, витаминов (витамин А, витамин B_2 , витамин B_6 , витамин B_{12} , пантотеновая кислота, ниацин) и минеральных веществ (железо, цинк, фосфор, селен) [18–20]. Кроме того, говядина является источником других биологически активных веществ (таких, как конъюгированная линолевая кислота и незаменимые омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты) и содержит эндогенные антиоксиданты (такие, как кофермент Q_{10} , глутатион, липоевая кислота, и т. д.) [21].

¹ Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 года № 996.

² Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

³ Постановление Правительства РФ от 30 сентября 2023 г. № 1614 «О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы».

⁴ Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

⁵ Ежегодник по племенной работе в мясном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 г.). М.: ФГБНУ ВНИИплем. 2023; 217.

⁶ Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:337:0003:0030:EN:PDF> (accessed: October 31 2023). SEUROP — европейская классификация туш КРС, свиней, коз и овец, учитывающая выход постного мяса. Каждая буква означает «класс» мяса: S (superior) — высокое качество, E (excellent) — отличное, U (very good) — очень хорошее, R (good) — хорошее, O (fair) — среднее, P (poor) — плохое.

Контроль содержания этих веществ в мясе сельскохозяйственных животных является важным ввиду огромной роли этих веществ в питании человека.

Вышеприведенные примеры исследований в некоторой части противоречивы, поэтому существует целесообразность в дополнительном поиске и изучении фенотипических, биохимических, молекулярно-генетических и других биомаркеров, позволяющих проводить как прижизненную, так и послеубойную оценку качества получаемой мясной продукции от крупного рогатого скота.

Цель исследований — изучение влияния показателя остаточного потребления корма скота абердин-ангусской породы на признаки откормочной и мясной продуктивности, качества конечностей, химического состава и цветовых характеристик мышечной и жировой ткани животных для определения перспектив их использования в селекции.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились на племенном стаде крупного рогатого скота абердин-ангусской породы, локализованном в Брянской области России (Севский р-н, 2022 г.). Для оценки эффективности использования корма применялись автоматические кормовые станции GrowSafe Systems Ltd. (Канада) (рис. 2).

Размер группы животных на откорме в среднем составлял 60–65 голов на клетку автоматической станции, оборудованную семью кормушками с тензометрическими датчиками и транспондерами для считывания индивидуальных номеров животных.

Продолжительность откорма составляла в среднем 60–65 дней с учетом периода приучения к кормовой станции (14 дней). Возраст на момент убоя варьировал от 527 до 600 дней.

Для исследований были использованы данные первичного племенного учета 212 голов бычков 2021 года рождения («стирсов»).

В дополнение к этому были получены результаты оценки эффективности использования корма животными, убойные характеристики, а также физико-химический состав мяса.

Интегральной величиной для разделения животных на условные подопытные группы по эффективности использования корма являлся показатель RFI (residual feed intake) или прогнозируемое остаточное потребление корма, расчет которого осуществлялся методом множественного регрессионного анализа:

$$RFI = DMI(obs) - DMI(exp) = DMI(obs) - (-2,2632 + 1,010ADG + 0,113MWT), \quad (1)$$

где $DMI(obs/exp)$ — наблюдаемое (ожидаемое) потребление сухого вещества, ADG — среднесуточный привес (ССП), MWT — средняя метаболическая масса животного (представляет активную массу тканей тела организма, которые нуждаются в обеспечении энергией).

Рис. 2. Откормочная площадка, оборудованная автоматическими кормовыми станциями GrowSafe (Брянская обл.) (слева), и группа бычков абердин-ангусской породы (справа)

Fig. 2. Feedlot equipped with GrowSafe automatic feeding stations (Bryansk region) (left), and a group of Aberdeen Angus bulls (right)



Группы формировались исходя из соотношения величин среднесуточного привеса животных (больше или меньше среднего значения по выборке особей) и остаточного потребления корма (отрицательные и положительные значения). В связи с этим были сформированы эмпирическим путем четыре подвыборки с примерно равным числом бычков, данные по которым легли в основу изучения откормочной и мясной продуктивности абердин-ангусского скота, в прижизненной оценке конечностей, а также количественной характеристике химического состава мышечной ткани животных (табл. 1).

Убой животных проводился согласно ИТС43-2017⁷ и согласно комиссии по биотехнике Федерального исследовательского центра животноводства им. Л.К. Эрнста (протокол от 14 ноября 2022 г. № 2022-11/1).

Послеубойные характеристики животных оценивались на базе мясоперерабатывающего завода ООО «Брянская мясная компания» (Брянская обл., Россия) по следующим показателям: вес туши, мраморность⁸, площадь мышечного глазка (рибая)⁹, толщина жира над 12-м ребром. Линейную оценку конечностей и копыт мясного скота проводили по шкале, предложенной А. Radke¹⁰ и D.L. Daniel¹¹ (2018).

Отбор средних проб мяса для анализа химического состава проводился по ГОСТ 7269¹². Измерение температуры и pH мышечных тканей проведено с использованием прибора Testo 205 (Testo SE & Co. KGaA, Германия). Значения кислотности (pH) через 24 часа после убоя животного определяли в охлажденном мясе¹³.

В образцах мяса определена влагоудерживающая способность методом прессования Грау-Гамма¹⁴ в модификации.

Химический состав мяса определен по следующим методикам: воздушно-сухое вещество¹⁵, жир¹⁶, зола¹⁷,

Таблица 1. Схема формирования выборок исследуемых животных

Table 1. Scheme for forming samples of studied animals

Показатель	Группа бычков			
	I	II	III	IV
n , голов	56	51	50	55
RFI , кг/кг	< 0	> 0	> 0	< 0
ADG* , кг	> 1,5	> 1,5	< 1,5	< 1,5

* Исходя из среднего арифметического значения по изучаемой выборке.

⁷ ИТС 43-2017 Убой животных на мясокомбинатах, мясохолодильниках, побочные продукты животноводства. М.: Бюро НДТ. 2017; 481.

⁸ Available from: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/LSStandPrimer.pdf> (accessed: October 31 2023).

⁹ Available from: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Method_for_Grid_Assessment_of_Beef_Carcass_Ribeye_Area%5B1%5D.pdf (accessed: October 31 2023).

¹⁰ Available from: <https://www.tsln.com/news/collecting-foot-scores-for-improved-structure/> (accessed: October 31 2023).

¹¹ Available from: https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/09/ANR-1452.REV_3.pdf (accessed: October 31 2023).

¹² ГОСТ 7269-2015 Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести. М.: Стандартинформ. 2016; 13.

¹³ ГОСТ Р 51478-99 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (pH). М.: Стандартинформ. 2018; 7.

¹⁴ Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: Колос. 2001; 230–234.

протеин (методом Кьельдаля — расчетным методом по ГОСТ 25011¹⁸). Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА) проведено амперометрическим методом на приборе «ЦветЯуза-01-АА» с амперометрическим детектором («Химавтоматика», Россия).

Содержание кальция¹⁹ и фосфора²⁰ в мясе определяли по соответствующим методам.

Для измерения цветовых характеристик мяса использовался спектрофотометр CM-700d (Konica Minolta, Япония). При помощи прибора были определены цветовые характеристики в пяти точках «мышечного глазка».

Исследования по изучению химического состава мяса, пробы которого были получены из длиннейшей мышцы спины бычков ($n = 102$), выполнялись в отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

Математическую и статистическую обработку результатов проводили с применением программных пакетов Microsoft Office Excel 2013, STATISTICA 10 (StatSoft, США) с использованием методов описательной статистики. Множественный регрессионный анализ осуществляли путем применения языка программирования Python (Python Software Foundation, США).

Таблица 2. Зависимость фенотипических показателей мясной продуктивности и эффективности использования корма бычками абердин-ангусской породы в группах в связи с соотношением признаков *RFI* и *ADG*

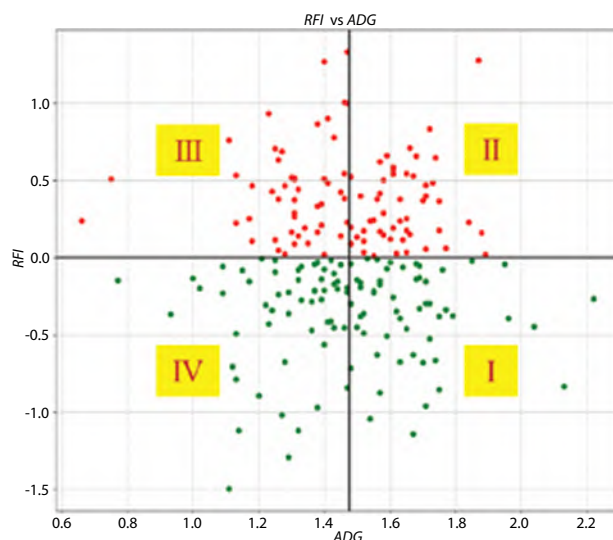
Table 1. Dependence of phenotypic traits for meat production and feed efficiency by Aberdeen Angus bulls in groups by connection with the ratio of *RFI* and *ADG*

Показатель	Группа признаков <i>RFI/ADG</i>			
	I ($n = 56$)	II ($n = 51$)	III ($n = 50$)	IV ($n = 55$)
Мясная продуктивность				
Возраст убоя, дней	557,0 ± 2,0	555,0 ± 2,0	550,0 ± 2,0	548,0 ± 2,0
Вес туши, кг	385,5 ± 3,2 ^c *	387,4 ± 4,0	381,0 ± 3,6	374,6 ± 3,4
Мраморность, балл	660,0 ± 15,0	694,0 ± 16,0	702,0 ± 18,0	674,0 ± 17,0
Площадь ребная, in ² (дюйм)	11,94 ± 0,20	12,00 ± 0,15	12,00 ± 0,16	12,16 ± 0,18
Толщина жира, см	0,69 ± 0,03	0,66 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,67 ± 0,03
Откормочная продуктивность и эффективность использования корма				
<i>RFI</i> , кг	-0,37 ± 0,04 ^{ab} ***	0,35 ± 0,04 ^d *	0,47 ± 0,04	-0,36 ± 0,05 ^{ef} ***
Конверсия корма по сухому веществу, кг/кг	4,95 ± 0,06	5,43 ± 0,05 ^a ***	6,53 ± 0,09 ^{bdf} ***	6,07 ± 0,11 ^{ce} ***
Живая масса при постановке на откорм, кг	302,5 ± 2,3	303,6 ± 3,1	306,2 ± 2,7	307,4 ± 2,4
Живая масса при снятии с откорма, кг	404,7 ± 2,8 ^b ***	404,2 ± 3,7 ^{de} ***/*	387,0 ± 3,1	388,5 ± 2,7
Среднесуточный прирост (ССП), кг	1,67 ± 0,02 ^{bc} ***	1,65 ± 0,02 ^{de} ***	1,30 ± 0,02	1,29 ± 0,02
Потребление сухого вещества, кг	8,25 ± 0,07 ^c ***	8,96 ± 0,08 ^{ade} ***/*	8,58 ± 0,08 ^{bf} ***	7,76 ± 0,07
Метаболический вес, кг	81,5 ± 0,4	81,6 ± 0,6	80,3 ± 0,5	80,5 ± 0,4
Линейная оценка конечностей, балл				
Угол передних копыт	4,29 ± 0,10 ^c *	4,02 ± 0,11	4,02 ± 0,12	3,95 ± 0,10
Строение передних копыт	4,52 ± 0,07	4,43 ± 0,07	4,48 ± 0,07	4,36 ± 0,08
Угол задних копыт	4,32 ± 0,15	4,55 ± 0,15	4,24 ± 0,15	4,56 ± 0,14
Строение заднего копыта	4,50 ± 0,07	4,47 ± 0,07	4,68 ± 0,07 ^d *	4,51 ± 0,07
Постановка задних конечностей (вид сзади)	5,45 ± 0,10 ^c *	5,33 ± 0,09	5,32 ± 0,09	5,18 ± 0,09
Постановка задних конечностей (вид сбоку)	4,16 ± 0,12	4,08 ± 0,13	4,08 ± 0,12	4,00 ± 0,13

Примечание: *, **, *** различия между группами (^a) I и II, (^b) I и III, (^c) I и IV, (^d) II и III, (^e) II и IV, (^f) III и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы, соответственно, при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$.

Рис. 3. Распределение животных, прошедших оценку на кормовых станциях, на 4 группы по соотношению показателей *RFI* и среднесуточного прироста ($ADG = 1495$ г)

Fig. 3. Distribution of animals assessed at feeding stations into 4 groups according to the ratio of *RFI* and average daily gain ($ADG = 1495$ g)



Результаты и обсуждение / Results and discussion

Исследования проводились с использованием автоматических кормовых станций GrowSafe (Канада) по результатам оценки, на которых была сформирована экспериментальная группа бычков абердин-ангусской породы для изучения изменчивости показателей их мясной продуктивности.

Животные были разделены на четыре группы путем расчета индивидуальных показателей остаточного потребления корма (рис. 3).

Первая и четвертая группы особей являются наиболее ценными с точки зрения селекции, так как отрицательные значения *RFI* говорят о ожидаемо меньшем потреблении корма на единицу прироста живой массы относительно наблюдаемых параметров потребления сухого вещества рациона. В то же время вторая и третья группы бычков напротив расходуют больше корма (имеют положительные значения *RFI*) на аналогичную единицу прироста веса.

В связи с этим было проведено сравнительное изучение мясной продуктивности при убое бычков (путем проведения послеубойной характеристики), а также прижизненных показателей: откормочных качеств и эффективности использования корма, линейной оценки конечностей животных (табл. 2).

Для мясной продуктивности достоверные различия при попарном сравнении обнаружены по весу туши при разнице между первой и четвертой группами в +10,9 кг. Однако для показателей мраморности и площади мышечного глазка (ребная) первая группа бычков уступала остальным.

¹⁵ ГОСТ 33319-2015 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги. М.: Стандартинформ. 2019; 9.

¹⁶ ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ. 2019; 16.

¹⁷ ГОСТ 31727-2012 Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. М.: Стандартинформ. 2009; 12.

¹⁸ ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Метод определения белка. М.: Стандартинформ. 2018; 16.

¹⁹ ГОСТ Р 55573-2013 Мясо и мясные продукты. Определение кальция атомно-абсорбционным и титриметрическим методами. М.: Стандартинформ. 2014; 12.

²⁰ ГОСТ 9794-2015 Продукты мясные. Методы определения содержания общего фосфора. М.: Стандартинформ. 2019; 12.

Таблица 2. Химический состав мяса бычков абердин-ангусской породы, % (n = 102)

Table 2. Chemical meat composition for Aberdeen Angus bulls, % (n = 102)

Показатель	Среднее значение	min	max	Стандартная ошибка средней	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
Влага	66,98	61,85	71,13	0,17	0,76	2,6
Протеин	21,69	20,23	23,36	0,07	0,67	3,1
Жир	10,34	5,49	16,51	0,20	2,05	19,8
Зола	0,98	0,77	1,15	0,007	0,07	7,1
Кальций	0,037	0,030	0,050	0,0006	0,006	15,2
Фосфор	0,15	0,12	0,17	0,001	0,017	6,9
Магний	0,021	0,016	0,025	0,0002	0,002	7,9

Таблица 3. Антиоксидантный состав и ВУС мяса бычков абердин-ангусской породы

Table 3. Antioxidant composition of meat and water-holding capacity of muscle tissue for Aberdeen Angus bulls

Показатель	Среднее значение	min	max	Стандартная ошибка средней	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
СКВА, мг/г (n = 172)	0,13	0,05	0,23	0,003	0,04	32,98
ВУС, % (n = 176)	60,11	52,32	65,49	0,20	2,62	4,36

Показатель *RFI* при наилучшем сочетании конверсии корма (4,95 кг / кг сухого вещества, стандартный параметр оценки), ССП (1,67 кг) и потреблении сухого вещества суточного рациона (8,25 кг) был более выгодным у бычков первой группы относительно трех остальных при практически равном метаболическом весе всех особей. В то же время вторая группа животных имела высокие показатели ССП (1,65 кг), однако для потребления сухого вещества ими отмечались наибольшие затраты корма, при сопоставимой живой массе на момент постановки на стацию откорма (302,5–307,4 кг).

Отметим, что несмотря на лучшие показатели расхода сухого вещества рациона для четвертой группы животных, которые также имели отрицательные (желательные) значения *RFI*, были получены более низкие результаты по конверсии корма, и по живой массе при снятии с откорма даже в сравнении со второй группой бычков. В связи с этим отбор особей по *RFI* в селекционную группу можно рекомендовать из первой группы скота, а также для товарной части стада — выборочно из второй группы.

Линейная оценка конечностей имеет важное значение для приспособленности скота к промышленному высокоинтенсивному откорму на крупных *feedlot* (откормочных площадках), так как крепкие конечности являются залогом здоровья животных и их адаптацией к способности костяка нести большую мышечную массу.

Для угла передних копыт ($p < 0,05$), постановки задних конечностей (*вид сзади*) ($p < 0,05$) бычки первой группы превосходили сверстников из четвертой группы, при этом для строения передних копыт, постановки задних конечностей (*вид*

сбоку) они также имели более высокие баллы за оценку (недостовечно).

Параллельно изучению откормочных и мясных качеств были проанализированы пробы мышечной ткани бычков на содержание влаги, жира, протеина и золы, кальция, фосфора и магния (102 образца длиннейшей мышцы спины), а также суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (172 образца длиннейшей мышцы спины). Был определен показатель влагоудерживающей способности мышечной ткани (176 образцов).

Полученные данные отражены в таблицах 2, 3.

Изучение химического и антиоксидантного состава мышечной ткани важно в плане его высокой биологической роли в питании человека. Богатый нутриентный состав мяса положительно влияет на здоровье его основного потребителя, поэтому данной стороне вопроса была уделена важная роль в исследованиях.

Одним из элементов характеристики пищевой ценности мяса является химический состав мышечной ткани, который определяется содержанием белка, жира и влаги. Изучение химического состава средней пробы мышечной ткани показало, что содержание влаги в мясе животных составило 66,98%, протеина — 21,69%, жира — 10,34%, золы — 0,98%.

Из данных таблиц 2, 3 видно, что наибольший разброс значений наблюдался в содержании жира (коэффициент вариации 19,84%) и СКВА (коэффициент вариации 32,98%) в мышечной ткани бычков. Остальные показатели химического состава и качества мяса имели низкую степень изменчивости.

В таблице 4 приведены результаты сопоставления показателей мясной и откормочной продуктивности

 Таблица 4. Зависимость фенотипических показателей качественного и химического состава, цветовых характеристик мяса бычков абердин-ангусской породы в группах в зависимости от соотношения признаков *RFI* и *ADG*

 Table 4. Dependence of phenotypic traits for qualitative and chemical composition, meat color characteristics of Aberdeen Angus bulls by groups depending on the ratio of *RFI* and *ADG*

Показатель	Группа признаков <i>RFI/ADG</i>			
	I	II	III	IV
<i>Качественный состав мяса</i>				
Количество образцов, ед.	45	45	37	43
Возраст убоя, дни	557 ± 2 ^{bc} **	554 ± 2	548 ± 2	546 ± 3
Кислотность мяса, pH	5,28 ± 0,05	5,37 ± 0,07	5,46 ± 0,09	5,30 ± 0,07
Кислотность жира, pH	6,17 ± 0,08	6,23 ± 0,07	6,33 ± 0,10	6,28 ± 0,10
ВУС, %	59,60 ± 0,40	60,87 ± 0,38 ^{ad} *	59,47 ± 0,45	60,39 ± 0,38
СКВА, мг/г	0,115 ± 0,007	0,147 ± 0,006 ^{ad} ***	0,127 ± 0,008	0,148 ± 0,006 ^{cf} ***
<i>Химический состав мяса</i>				
Количество образцов, ед.	24	26	28	21
Влага, %	67,05 ± 0,35	67,27 ± 0,35	66,81 ± 0,33	66,74 ± 0,42
Протеин, %	21,74 ± 0,16	21,62 ± 0,13	21,66 ± 0,12	21,73 ± 0,13
Жир, %	10,21 ± 0,45	10,14 ± 0,36	10,54 ± 0,38	10,54 ± 0,51
Зола, %	0,960 ± 0,014	0,968 ± 0,017	0,988 ± 0,010	0,987 ± 0,015
Кальций, %	0,035 ± 0,001	0,038 ± 0,001 ^a *	0,038 ± 0,001	0,038 ± 0,001
Фосфор, %	0,149 ± 0,002	0,149 ± 0,003	0,153 ± 0,002	0,151 ± 0,002
Магний, %	0,021 ± 0,000	0,021 ± 0,000	0,022 ± 0,000 ^b *	0,021 ± 0,000
<i>Цветовая характеристика мяса</i>				
Количество образцов, ед.	45	45	37	43
Цветовая шкала мяса L*	41,78 ± 0,45	41,59 ± 0,49	42,19 ± 0,46	42,29 ± 0,53
Цветовая шкала мяса a*	16,01 ± 0,30	16,04 ± 0,43	16,41 ± 0,42	16,06 ± 0,40
Цветовая шкала мяса b*	14,36 ± 0,26	14,14 ± 0,29	14,49 ± 0,28	14,58 ± 0,33
Цветовая шкала жира L*	65,45 ± 0,64	67,84 ± 0,67 ^a *	66,94 ± 0,64	67,41 ± 0,92
Цветовая шкала жира a*	7,38 ± 0,43 ^a *	5,98 ± 0,38	7,46 ± 0,46 ^d *	6,42 ± 0,49
Цветовая шкала жира b*	17,49 ± 0,34 ^a *	16,30 ± 0,38	17,81 ± 0,44 ^d *	16,67 ± 0,42

Примечание: СКВА — суммарное количество водорастворимых антиоксидантов, *, **, *** различия между группами (^a) I и II, (^b) I и III, (^c) I и IV, (^d) II и III, (^e) II и IV, (^f) III и IV) при сравнении средних показателей статистически значимы, соответственно, при $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$.

бычков в связи с распределением *RFI* и *ADG*. Наилучшей водоудерживающей способностью (ВУС) характеризовались животные второй (60,84%, $p < 0,05$) и четвертой (60,39%) групп относительно первой и третьей (59,60% и 59,47% соответственно).

Суммарное количество водорастворимых антиоксидантов также достоверно превалировало во второй и четвертой группах. По показателю кислотности мяса отмечены пониженные значения для желательных (первой и четвертой) групп, соответственно, 5,28 pH и 5,30 pH.

По химическому составу мяса достоверных различий практически не установлено, за исключением повышенного содержания кальция у животных второй группы относительно первой (на +0,003%, $p < 0,05$) и большей доли магния в мясе бычков третьей группы в сравнении с первой (на +0,001%, $p < 0,05$).

Отметим, что доля жира, зола и фосфора была наименьшей в первой и второй группах особей по эффективности использования корма (*RFI/ADG*). Процент протеина мяса, согласно химическому анализу мяса, был несколько выше в первой и четвертой группах, соответственно, 21,74% и 21,73%, то есть в мясе бычков, показавших отрицательные значения *RFI*.

Исследования в данном направлении будут продолжены через увеличение объема выборки животных.

Цветовую характеристику мяса проводили по стандартным шкалам L^* , a^* , b^* , где L^* — яркость (светлота), a^* — диапазон красного и зеленого, b^* — диапазон желтого и синего цвета.

Достоверные отличия были установлены для первой и третьей групп при характеристике послеубойных качеств бычков с желательным соотношением оценок *RFI* и *ADG* по цвету жира (то есть уклонение находилось в диапазоне цвета, приближающегося к светлым оттенкам розового (a^*) и голубого (b^*)). Более светлый жир имели животные второй группы в сравнении с первой, соответственно, 67,84 против 65,45 ($p < 0,05$).

Полученные результаты по индивидуальной характеристике показателей мясной продуктивности, качеству и химическому составу, а также цветовой гамме мяса бычков, прошедших интенсивный откорм,

в зависимости от эффективности использования ими корма, позволяют говорить о целесообразности проведения дальнейших исследований по поиску новых селекционных критериев повышения мясной продуктивности скота абердин-ангусской породы.

Выводы/Conclusion

Показаны результаты исследований по расчету значений остаточного потребления корма в сформированной экспериментальной группе животных абердин-ангусской породы, принадлежащих популяции скота России, прошедших оценку на автоматических кормовых станциях.

Установлено, что наибольшими показателями откормочной продуктивности и эффективности использования корма отличались бычки с отрицательными оценками *RFI*, однако по уровню мраморности они достоверно уступали другим группам сравнения и площади ребая.

Изучены показатели качественного и количественного состава мяса и жира бычков в связи с распределением на группы по соотношению *RFI* и *ADG*. Установлены различия в водоудерживающей способности мяса, а также по суммарному количеству водорастворимых антиоксидантов.

Значимой разницы в химическом составе мяса для групп сравнения животных не обнаружено, за исключением доли кальция и магния в нем.

Для цветовой характеристики жира были показаны большие значения для шкалы a^* и b^* в первой и третьей группах образцов, полученных от бычков абердин-ангусской породы.

Использование ранжирования животных по остаточному потреблению корма во взаимосвязи с показателем среднесуточного привеса позволяет проводить отбор особей, обладающих более выгодными значениями конверсии корма и потребления сухого вещества рациона при оптимальных величинах убойного веса туши, площади ребая (мышечного глазка) и жира, а также имеющих более крепкие конечности, при наилучшей влагоудерживающей способности мяса и содержании суммарного количества водорастворимых антиоксидантов.

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 при поддержке Минобрнауки России в рамках НИР ГЗ № FGGN-2022-0011.

FUNDING

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Research Work Project No. FGGN-2022-0011.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ибрагимова З.Р., Кумалагова З.Х. Сравнительный анализ пищевой ценности и биологических свойств импортной и отечественной говядины. *Владикавказский медико-биологический вестник*. 2010; 10: 71–75. <https://elibrary.ru/lulygb>
- Лисицын А.Б., Розенталь О.М., Чернуха И.М., Вострикова Н.Л. Состав и безопасность пищевой продукции. *Контроль качества продукции*. 2020; (2): 26–31. <https://elibrary.ru/mqkgznz>
- Калашников А.Е., Голубков А.И., Щегольков Н.Ф., Гостева Е.Р. Проблемы и вопросы при прогнозировании генетической племенной ценности сельскохозяйственных животных. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2022; (4): 77–96. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Белос А.А., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Система оценки мясного скота по показателям эффективности использования корма и энергии роста на основе применения цифровых и геномных технологий (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2022; 57(6): 1055–1070. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.6.1055rus>
- Белос А.А., Сермягин А.А., Зиновьева Н.А. Генетическая оценка прогнозируемого остаточного потребления корма и экспрессия значимых генов-кандидатов свиней породы дорк и товарных помесей второго поколения. *Генетика*. 2023; 59(11): 1253–1269. <https://www.elibrary.ru/nnvfqi>

REFERENCES

- Ibragimova Z.R., Kumalagova Z.Kh. Comparative analyses of nutritional value and biological properties of imported and native beef. *Vladikavkaz Medico-Biological Bulletin*. 2010; 10: 71–75 (In Russian). <https://elibrary.ru/lulygb>
- Lisitsyn A.B., Rosental O.M., Chernukha I.M., Vostrikova N.L. The composition and safety of food products. *Production Quality Control*. 2020; (2): 26–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/mqkgznz>
- Kalashnikov A.E., Golubkov A.I., Schegolkov N.F., Gosteva E.R. Problems and issues in forecasting the genetic breeding value of agricultural animals. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2022; (4): 77–96 (In Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-65-4-77-96>
- Belous A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Beef cattle evaluation by feeding efficiency and growth energy indicators based on bioinformatic and genomic technologies (review). *Agricultural Biology*. 2022; 57(6): 1055–1070. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.6.1055eng>
- Belous A.A., Sermyagin A.A., Zinovieva N.A. Genetic assessment of projected residual feed consumption and expression of significant candidate genes in Duroc pigs and second-generation commercial blends. *Genetika*. 2023; 59(11): 1253–1269 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nnvfqi>

6. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Кузнецова Т.Г., Пчелкина В.А., Спиридонов К.И., Лисицын А.Б. Влияние степени мраморности говядины на показатели качества в процессе созревания. *Пищевые системы*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
7. Багиров В.А., Чернуха И.М., Лисицын А.Б., Зиновьева Н.А. Исследование биологической ценности говядины, полученной от межвидовых гибридов яка и крупного рогатого скота. *Вопросы питания*. 2014; 83(6): 81–85. <https://elibrary.ru/teqrzx>
8. Liang F. *et al.* Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Animal Science Journal*. 2022; 9(1): e13735. <https://doi.org/10.1111/asj.13735>
9. Лисицын А.Б., Миттельштейн Т.М., Козырев И.В. Российская система оценки говядины по цвету мышечной и жировой тканей и мраморности. *Мясные технологии*. 2020; (1): 34–39. <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-01-34-39>
10. Smakuyev D. *et al.* Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20(7): 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.011>
11. Кажалиев Н.Ж., Кулмагамбетов Т.И., Титанов Ж. Мясная продуктивность бычков третьей генерации импортированных мясных пород в условиях северного региона Казахстана. *Наука и мир*. 2020; (8–2): 8–13. <https://elibrary.ru/hkykga>
12. Семенова А.А., Юрчак З.А., Белоусова Е.В., Смагина Е.М. Обеспечение качества мясной продукции в ЕАЭС. *Контроль качества продукции*. 2020; (2): 14–20. <https://elibrary.ru/raahdo>
13. Алексеева Е.И. Аминокислотный состав мяса молодняка абердин-ангусской породы. *Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия. 2018; 3–5. <https://elibrary.ru/yxijnb>
14. 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>
15. Smaoui S. *et al.* Beyond Conventional Meat Preservation: Saddling the Control of Bacteriocin and Lactic Acid Bacteria for Clean Label and Functional Meat Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2023; Published: 24 August. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
16. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Кузнецова Т.Г., Пчелкина В.А., Спиридонов К.И., Лисицын А.Б. Влияние степени мраморности говядины на показатели качества в процессе созревания. *Пищевые системы*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
17. Козырев И.В., Миттельштейн Т.М., Лисицын А.Б. Использование эталонов цвета мышечной ткани для оценки качества говядины в производственных условиях. *Всё о мясе*. 2019; (4): 58–60. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-4-58-60>
18. Вострикова Н.Л., Князева А.С., Устьянов Д.А., Иванкин А.Н., Леонтьев П.К. Изменение биологической ценности мяса: динамика изменений аминокислотного, жирнокислотного состава и минеральных компонентов. *Всё о мясе*. 2019; (2): 54–57. <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-2-54-57>
19. 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://doi.org/10.3390/su14010161>
20. Okuskhanova E. *et al.* Development of minced meatball composition for the population from unfavorable ecological regions. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 13(3): 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33337>
21. Alam M.K., Rana Z.H., Akhtaruzzaman M. Chemical composition and fatty acid profile of Bangladeshi beef at retail. *International Food Research Journal*. 2017; 24(5): 1897–1902.
6. Kozirev I.A., Mittelshtein T.M., Kuznetsova T.G., Pchelkina V.A., Spiridonov K.I., Lisitsyn A.B. Influence of beef marbling score on quality indicators during meat aging. *Food systems*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
7. Bagirov V.A., Chernukha I.M., Lisitsyn A.B., Zinovieva N.A. Study of biological value of beef produced by interspecies hybrids of domestic cattle and wild yaks. *Problems of Nutrition*. 2014; 83(6): 81–85 (In Russian). <https://elibrary.ru/teqrzx>
8. Liang F. *et al.* Effect of season on slaughter performance, meat quality, muscle amino acid and fatty acid composition, and metabolism of pheasants (*Phasianus colchicus*). *Animal Science Journal*. 2022; 9(1): e13735. <https://doi.org/10.1111/asj.13735>
9. Lisitsyn A.B., Mittelshtein T.M., Kozirev I.V. Russian system for evaluating beef based on the color of muscle and fat tissue and marbling. *Meat Technology*. 2020; (1): 34–39 (In Russian). <https://doi.org/10.33465/2308-2941-2020-01-34-39>
10. Smakuyev D. *et al.* Acclimatization and productive qualities of American origin Aberdeen-Angus cattle pastured at the submontane area of the Northern Caucasus. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2021; 20(7): 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.05.011>
11. Kazhgaliev N.Zh., Kulmagambetov T.I., Titanov Zh. Meat productivity of third-generation bullock imported meat breeds in the conditions of the Northern region of Kazakhstan. *Science and World*. 2020; (8–2): 8–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/hkykga>
12. Semenova A.A., Yurchak Z.A., Belousova E.V., Smagina E.M. Ensuring the quality of meat products in the EAEU. *Production Quality Control*. 2020; (2): 14–20 (In Russian). <https://elibrary.ru/raahdo>
13. Alekseeva E.I. Amino acid composition of meat of young Aberdeen-Angus breed. *Innovative achievements of science and technology of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference*. Kinel: Samara State Agricultural Academy. 2018; 3–5 (In Russian). <https://elibrary.ru/yxijnb>
14. 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>
15. Smaoui S. *et al.* Beyond Conventional Meat Preservation: Saddling the Control of Bacteriocin and Lactic Acid Bacteria for Clean Label and Functional Meat Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2023; Published: 24 August. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04680-x>
16. Kozirev I.V., Mittelshtein T.M., Kuznetsova T.G., Pchelkina V.A., Spiridonov K.I., Lisitsyn A.B. Influence of beef marbling score on quality indicators during meat aging. *Food systems*. 2018; 1(3): 13–26. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2018-1-3-13-26>
17. Kozirev I.V., Mittelshtein T.M., Lisitsyn A.B. The use of meat color standards to assess beef quality in production conditions. *Vsyo o myase*. 2019; (4): 58–60 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-4-58-60>
18. Vostrikova N.L., Kryazeva A.S., Utyanov D.A., Ivankin A.N., Leontyev P.K. Changing the biological value of meat: dynamics of amino acid changes, fatty acid composition and mineral components. *Vsyo o myase*. 2019; (2): 54–57 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2019-2-54-57>
19. 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://doi.org/10.3390/su14010161>
20. Okuskhanova E. *et al.* Development of minced meatball composition for the population from unfavorable ecological regions. *Annual Research & Review in Biology*. 2017; 13(3): 1–9. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2017/33337>
21. Alam M.K., Rana Z.H., Akhtaruzzaman M. Chemical composition and fatty acid profile of Bangladeshi beef at retail. *International Food Research Journal*. 2017; 24(5): 1897–1902.

ОБ АВТОРАХ

Александр Александрович Сермягин¹

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом популяционной генетики и генетических основ разведения животных <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

Надежда Владимировна Боголюбова¹

доктор биологических наук, заведующая отделом физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Анна Александровна Белоус¹

кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Галина Константиновна Петрякова¹

ведущий программист отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

Николай Павлович Елаткин²

кандидат биологических наук, руководитель лаборатории генетики n.elatkin@agrohold.ru

Наталья Анатольевна Зиновьева¹

доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, директор <https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

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

²ООО «Мираторг-Генетика», территория Трио-Инвест-Ям, стр. 3, мкр-н Центральный, Домодедово, Московская обл., 142000, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Alexandrovich Sermyagin¹

Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014>

Nadezhda Vladimirovna Bogolyubova¹

Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals <https://orcid.org/0000-0002-0520-7022>

Anna Alexandrovna Belous¹

Candidate of Biological Sciences <https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Galina Konstantinovna Petryakova¹

Leading programmer of the Department of Population Genetics and Genetic Basis of Animal Breeding <https://orcid.org/0000-0003-3285-7853>

Nikolay Pavlovich Yelatkin²

Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Genetics n.elatkin@agrohold.ru

Natalia Anatolyevna Zinovieva¹

Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director <https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

¹ Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ Academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

²“Miratorg-Genetics” LLC, Trio-Invest-Yam territory, building 3, Tsentralny microdistrict, Domodedovo, Moscow region, 142000, Russia

О.В. Горелик¹ ✉
С.Ю. Харлап¹
М.Б. Ребезов^{1, 2}
А.С. Горелик³

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

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

³ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию:
15.07.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79

Olga V. Gorelik¹ ✉
Svetlana Yu. Kharlap¹
Maksim B. Rebezov^{1, 2}
Artem S. Gorelik²

¹ Ural State Agrarian University,
Yekaterinburg, Russia

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

³ Ural Institute of the State Fire Service
of the Ministry of Emergency Situations
of Russia, Yekaterinburg, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office:
15.07.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания собственного производства — основная задача, стоящая перед работниками агропромышленного комплекса страны. Одним из таких продуктов является молоко. Основную массу молока получают от коров молочного направления продуктивности. В настоящее время в Свердловской области более 75% от общего поголовья крупного рогатого скота относится к голштинской породе, созданной путем поглощения отечественного черно-пестрого скота голштинским. Изучение хозяйственно полезных признаков молочного скота голштинской породы актуально и имеет практическое значение.

Методы. Исследования проводились в племенных репродукторах по разведению голштинского черно-пестрого скота Свердловской области. В оценку вошли все коровы, закончившие первую лактацию в 2020–2021 гг. Молочную продуктивность оценивали по контрольным дойкам, качественные показатели молока: МДЖ и МДБ в молоке в средней пробе молока от каждой коровы — один раз в месяц в молочной лаборатории ООО «Уралплемцентр».

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее высокие показатели продуктивности у коров были по 3-й лактации — как за всю лактацию, так и за 305 дней лактации. Начиная с 4-й лактации наблюдается снижение удоев — с 0,3% (5-я лактация) до 8,5% (8-я лактация). Далее установлены колебания в удоях в сторону увеличения или снижения, что объясняется снижением количества животных, используемых в хозяйствах длительное время. Коэффициент воспроизводительной способности по всем лактациям (до 12-й включительно) стабильный и составляет 0,89–0,91, то есть существует проблема с воспроизводством в стадах молочного скота племенных репродукторов. Никакой зависимости между воспроизводительными функциями и удоем коров не установлено.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, коровы, возраст, продуктивность, воспроизводство, взаимосвязь

Для цитирования: Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>

© Горелик О.В., Харлап С.Ю., Ребезов М.Б., Горелик А.С.

The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows

ABSTRACT

Relevance. Providing the population of the country with high-quality food products of its own production is the main task facing the employees of the agro-industrial complex of the country. One of these products is milk. The bulk of milk is obtained from cows of the dairy productivity direction. Currently, in the Sverdlovsk region, more than 75% of the total number of cattle belongs to the Holstein breed, created by the absorption of domestic black-and-white cattle by the Holstein. The study of economically useful signs of dairy cattle of the Holstein breed is relevant and has practical significance.

Methods. The research was carried out in breeding reproducers for breeding Holstein black-and-white cattle of the Sverdlovsk region. The evaluation included all cows that completed the first lactation in 2020–2021. Milk productivity was assessed by control milkings, milk quality indicators: MJ and MDB in milk in an average milk sample from each cow — once a month in the dairy laboratory of “Uralplemcenter” LLC.

Results. As a result of the conducted studies, it was found that the highest productivity indicators in cows were on the 3rd lactation — both for the entire lactation and for 305 days of lactation. Starting from the 4th lactation, there is a decrease in milk yields — from 0.3% (5th lactation) to 8.5% (8th lactation). Further, fluctuations in milk yields have been established in the direction of increasing or decreasing, which is explained by a decrease in the number of animals used in farms for a long time. Coefficient of reproductive capacity for all lactation (up to and including the 12th) stable and is 0.89–0.91, that is, there is a problem with the reproduction of breeding reproducers in dairy cattle herds. No relationship between reproductive functions and milk yield of cows has been established.

Key words: cattle, cows, age, productivity, reproduction, relationship

For citation: Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S. The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 74–79 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79>

© Gorelik O.V., Kharlap S.Yu., Rebezov M.B., Gorelik A.S.

Введение/Introduction

Обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания собственного производства — это основная задача, стоящая перед работниками агропромышленного комплекса страны [1–5]. Одним из таких продуктов является молоко [6–10].

Основную массу молока получают от коров молочного направления продуктивности. До 2021 года (включительно) в Свердловской области разводили скот отечественной черно-пестрой породы, совершенствуя его продуктивные и технологические свойства, используя мировой генофонд самой обильно-молочной породы в мире — голштинской [11].

Был создан и в 2002 году официально зарегистрирован новый высокопродуктивный тип черно-пестрого скота — уральский [12–19].

Дальнейшую работу по улучшению породы проводили также широко, используя быков-производителей голштинской породы — как зарубежной, так и отечественной селекции. На начало 20-х годов нынешнего столетия создан большой массив голштинизированного черно-пестрого скота с высокой (более 87,5%) долей кровности по голштинской породе [20–24].

В соответствии с принятием Методических рекомендаций по проведению породной инвентаризации племенного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности (подготовлены рабочей группой Минсельхоза России в реализацию Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 08.09.2020 № 108) животные с кровностью более 75% по голштинской породе отнесены к голштинской породе. В настоящее время в регионе более 75% от общего поголовья крупного рогатого скота (КРС) относится к голштинской породе [25–28].

Результаты голштинизации нельзя недооценить, однако наряду с положительными результатами были выявлены и определенные проблемы, такие как снижение воспроизводительных функций, продуктивного долголетия, повышение требовательности к кормлению и содержанию.

Имеется большое количество исследований по оценке продуктивных качеств помесного поголовья — голштинизированного черно-пестрого скота, однако их недостаточно для решения данных вопросов, особенно в свете разведения животных новой породной формации — голштинского скота различной отечественной селекции разных регионов. Эти животные отличаются между собой по хозяйственно полезным и хозяйственно-биологическим признакам, что объясняется природно-климатическими, эколого-кормовыми условиями и породными ресурсами, использованными при их выведении [29–32].

В связи с этим изучение хозяйственно полезных признаков молочного скота голштинской породы актуально и имеет практическое значение.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследования проводились в одном из типичных племенных репродукторов по разведению молочного скота голштинской породы (Свердловская обл., Россия).

Оценивались показатели молочной продуктивности и воспроизводительные функции коров по законченной лактации. Учет молочной продуктивности проводили по результатам ежедневных доек, а также по данным ежемесячных контрольных доек в течение 2 смежных дней, за 100 дней лактации, за 305 дней и всю лактацию (ГОСТ Р 51451¹).

Отбор проб сырья и продукции проводили в соответствии с ГОСТ 3622², ГОСТ 26809.1³, ГОСТ 26809.2⁴.

Массовую долю жира (МДЖ) и массовую долю белка (МДБ) в молоке определяли в средней пробе молока от каждой коровы в молочной лаборатории ОАО «Уралплемцентр» (г. Екатеринбург, Свердловская обл., Россия), содержание МДЖ — согласно методике ГОСТ 5867⁵, содержание МДБ — по методике ГОСТ 25179⁶.

Выход продукции определяли расчетным путем, исходя из массы готового продукта.

Воспроизводительные функции изучали по длительности физиологических периодов воспроизводства и лактационной деятельности, рассчитывали коэффициент воспроизводительной способности.

Результаты исследований были обработаны при помощи компьютера (программа Microsoft Office Excel) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основной показатель при оценке племенной ценности коров — их молочная продуктивность, а именно удой за лактацию, удой за 305 дней лактации, качественные показатели молока и т. д.

В результате исследований было установлено, что средний удой за лактацию по племенным репродукторам составляет $5792,5 \pm 16,12$ кг. Они значительно изменялись в зависимости от возраста (табл. 1).

Из данных (табл. 1) видно, что наиболее высокие показатели продуктивности у коров были по 3-й лактации — как за всю лактацию, так и за 305 дней лактации.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров по лактациям, кг
Table 1. Milk productivity of cows by lactations, kg

Лактация	Удой, кг		Разница, +/-		В % к предыдущей
	за лактацию	за 305 дней	кг	%	
1	5435 ± 17,81	5110 ± 12,09	+325	6,3	–
2	5726 ± 20,40	5501 ± 15,95	+225	4,0	105,3
3	5744 ± 25,95	5590 ± 20,66	+154	2,7	100,3
4	5565 ± 31,90	5413 ± 25,75	+152	2,8	96,8
5	5553 ± 41,61	5393 ± 33,32	+160	2,9	99,7
6	5476 ± 61,36	5247 ± 46,10	+229	4,3	98,6
7	5419 ± 82,28	5215 ± 59,35	+204	3,9	98,9
8	4960 ± 104,96	4816 ± 82,86	+144	2,9	91,5
9	5303 ± 407,99	4705 ± 116,18	+598	12,7	106,9
10	5004 ± 178,06	4928 ± 148,52	+76	1,5	94,3
11	4037 ± 257,56	4104 ± 245,53	-67	-1,6	80,6
12	4595 ± 479,73	4217 ± 315,75	+378	8,9	113,8
13	6552 ± 0,00	4857 ± 0,00	+1695	34,8	142,5
14	6427 ± 0,00	6019 ± 0,00	+408	6,7	98,0
15	4974 ± 0,00	4974 ± 0,00	–	–	77,3

¹ ГОСТ Р 51451-99 Методика учета надоев коровьего молока.

² ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

³ ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молочносодержащие продукты.

⁴ ГОСТ 26809.2-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты.

⁵ ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира.

⁶ ГОСТ 25179-2014 Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.

Начиная с 4-й лактации наблюдается снижение удоев — с 0,3% (5-я лактация) до 8,5% (8-я лактация).

Далее установлены колебания в удоях в сторону увеличения или снижения, что объясняется снижением количества животных, используемых в хозяйствах длительное время. Начиная с 7-й лактации их остается единицы, и от общего поголовья количество таких коров составляет 1,2% (7-я лактация). Всего животных 7–15-й лактации — 5,9%.

Прослеживается закономерное изменение лактационной деятельности коров с изменением возраста, а именно повышение удоев до достижения половозрелой лактации и затем медленное их снижение. Поскольку разница в удоях была незначительной и недостоверной, можно сделать вывод о стабилизации удоев до 7-й лактации (включительно).

Удой за лактацию превышает удой за 305 дней лактации, за исключением данных по 11-й лактации, что связано, скорее всего, с большой разницей в удоях коров, окончивших данную лактацию.

Превышение незначительное и недостоверное и составляет от 1,5% (10-я лактация — 45 голов) до 34,8% (14-я лактация — 1 голова), по остальным лактациям они не превышают 6,3%, кроме 9-й лактации (12,7% — 99 голов).

Таким образом, увеличение длительности лактации не оказывает существенного влияния на продуктивные качества коров, а лактационная деятельность с возрастом идет по общей для молочного скота закономерности.

Необходимо отметить, что исходя из требований «Порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности» (Приказ МСХ РФ от 28 октября 2010 года № 379)⁷ по удою за законченную лактацию все коровы до 5-й лактации (включительно) имеют показатели выше и соответствуют требованиям.

Начиная с 6-й лактации удой коров ниже требований стандарта, указанных в правилах. Однако, исходя из того, что коровы по первой лактации превосходят требования стандарта, можно сделать вывод о повышении племенной ценности маточного поголовья, и в соответствии с физиологией лактационной деятельности они при достижении физиологической половозрелой зрелости будут повышать продуктивность.

Оценка молочной продуктивности коров проводится не только по количественным показателям, но учитываются и качественные, а именно МДЖ и МДБ в молоке, которые оказывают положительное влияние и на выход питательных веществ — количество молочного жира и молочного белка (табл. 2).

По МДЖ в молоке отмечается, что независимо от возраста она превышает требования стандарта.

Отмечается увеличение этого показателя с возрастом, что можно объяснить как взрослением животных и улучшением обмена веществ, позволяющего получать большее количество предшественников для образования молока, так и снижением продуктивности и закономерным изменением МДЖ в молоке, а именно его повышением, поскольку известно, что между удоем и МДЖ в молоке существует отрицательная взаимосвязь.

По МДБ в молоке все животные до 9-й лактации (включительно) соответствуют требованиям стандарта породы. Более старые животные имеют низкие

показатели МДБ в молоке, что, скорее всего, объясняется, недостаточным вниманием к этому показателю при разведении коров.

По выходу молочного жира и молочного белка с молоком коров за лактацию по первому показателю коровы до 7-й лактации соответствовали требованиям стандарта и даже несколько превышали их. Высокие показатели по количеству молочного жира оказались и у животных по 13-й и 14-й лактациям, что объясняется их высокой продуктивностью.

По лактациям 8–12-й и 15-й установлен пониженный выход питательных веществ, а именно молочного жира с молоком за лактацию. Практически такие коровы по определенным показателям имеют низкую племенную ценность. По количеству молочного белка отвечали требованиям стандарта коровы 1–3-й лактаций. У остальных, кроме коров 14-й лактации, уровень этого показателя был низким и не соответствовал требованиям стандарта породы.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что, несмотря на высокий уровень кровности по голштинской породе, животные на настоящий период, за исключением коров 1–3-й лактаций, не отвечают требованиям стандарта по показателям, применяемым для оценки коров по собственной продуктивности.

Основным показателем, по которому проводят оценку воспроизводства, является длительность сервис-периода. Связано это с тем, что этот показатель является маркерным при оценке длительности отдельных периодов при технологии производства молока, так как оказывает влияние на длительность лактации, межотельного периода и, соответственно, всей технологической цепочки, которая предполагает получение в течение 365 дней (календарного года) полноценной лактации и теленка для дальнейшего выращивания либо для ремонта стада или получения говядины. При этом оптимальной длительностью периодов считаются: сервис-период — 45–90 дней, межотельный — 365–375 дней, лактация — 295–305 дней, сухостойный период — 60 дней.

Применение голштинизации для совершенствования отечественного молочного скота и переход в конечном итоге на разведение голштинского скота, полученного в результате поглотительного скрещивания

Таблица 2. Качественные показатели молока, %

Table 2. Quality indicators of milk, %

Лактация	Качество молока, %		Количество молочного, кг	
	МДЖ	МДБ	жира	белка
1	3,94±0,003	3,04±0,002	201±3,34	155±3,44
2	3,97±0,004	3,05±0,002	218±3,90	168±2,81
3	3,97±0,005	3,04±0,003	222±1,92	170±3,60
4	3,98±0,007	3,03±0,003	215±3,74	164±1,39
5	3,98±0,009	3,02±0,005	215±4,14	163±0,86
6	3,99±0,012	3,02±0,006	209±3,55	158±2,59
7	4,03±0,019	3,02±0,009	210±1,65	159±1,75
8	4,07±0,030	3,05±0,014	196±1,12	147±1,88
9	4,10±0,038	3,05±0,022	185±2,87	145±2,75
10	3,99±0,057	2,99±0,023	197±2,72	147±3,47
11	4,02±0,117	3,06±0,054	165±0,80	126±2,40
12	3,99±0,119	2,96±0,052	168±2,58	125±2,32
13	4,67±0,000	2,99±0,000	227±0,00	145±0,00
14	4,35±0,000	2,96±0,000	262±0,00	178±0,00
15	3,97±0,000	2,85±0,0002	198±0,00	142±0,00

⁷ <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=168882> Запестрировано в Минюсте РФ 2 декабря 2010 г. № 19103. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Приказ от 28 октября 2010 г. № 379 «Об утверждении порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направлений продуктивности»).

отечественного маточного поголовья голштинскими быками, привело к снижению воспроизводительных функций за счет наличия гаплотипов фертильности у быков-производителей голштинской породы, а также доминанты высокой продуктивности.

Выражается это в «тихой» охоте и увеличении длительности сервис-периода. У коров голштинской породы он часто превышает 120 дней.

Авторами проведен анализ длительности физиологических периодов технологического цикла. Данные представлены на рисунке 1, где хорошо видно, что длительность всех периодов технологического цикла при производстве молока превышает оптимальные, за исключением коровы по 15-й лактации.

Сервис-период был на 23–93 дня длиннее, чем при оптимальных параметрах. Это привело к удлинению лактации и, соответственно, межотельного периода.

Расчет коэффициента воспроизводительных способностей показал, что у коров, используемых в племенных репродукторах, существуют проблемы по воспроизводству (рис. 2).

На рисунке 2 видно, что коэффициент воспроизводительной способности (КВС) по всем лактациям (до 12-й включительно) стабильный и составляет 0,89–0,91. Это говорит о проблемах с воспроизводством в стадах молочного скота племенных репродукторов, поскольку при хороших показателях воспроизводства он составляет 0,95 и стремится к 1. В нашем случае только у коровы по 15-й лактации оказались такие высокие показатели, однако это не показатель, поскольку это одно животное.

Была проведена оценка сопряженности между коэффициентом воспроизводительной способности и удоем за лактацию (рис. 3), где хорошо видно, что никакой зависимости между КВС и удоем не установлено. Коэффициент воспроизводительной способности практически остается неизменным с 1-й по 11-ю лактацию, при этом наблюдаются колебания удоя как в сторону понижения, так и в сторону повышения.

Выводы/Conclusion

Таким образом, это также подтверждает вывод о том, что удой коров не зависит от воспроизводительных функций, а определяется, как и было сказано, генетическим потенциалом продуктивности.

Удой может увеличиваться за счет удлинения лактации, но не будет оказывать особого влияния на эффективность скотоводства.

Кроме того, большее количество молока можно получить в первой трети лактации, а молокообразование наступает после отела, то есть, исходя из сказанного, увеличение лактационного периода снижает эффективность отрасли в целом за счет недополучения молока из-за длительного сервис-периода.

Рис. 1. Длительность периодов технологического цикла, дней

Fig. 1. Duration of technological cycle periods, days

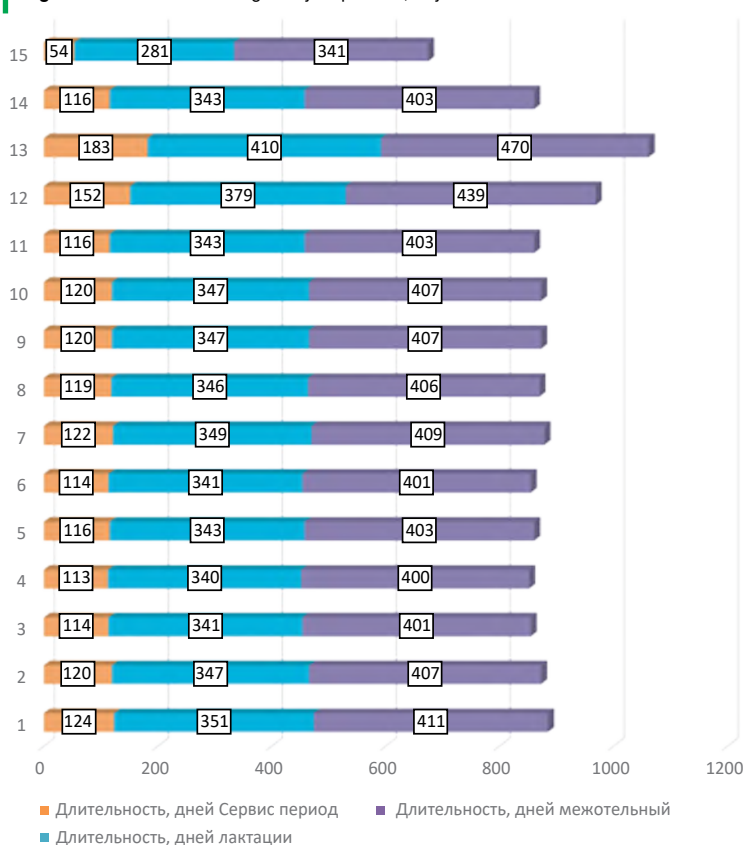


Рис. 2. Коэффициент воспроизводительной способности

Fig. 2. Coefficient of reproductive capacity

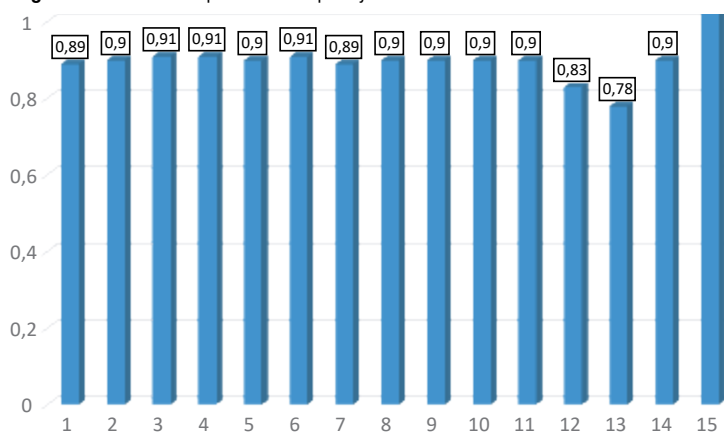
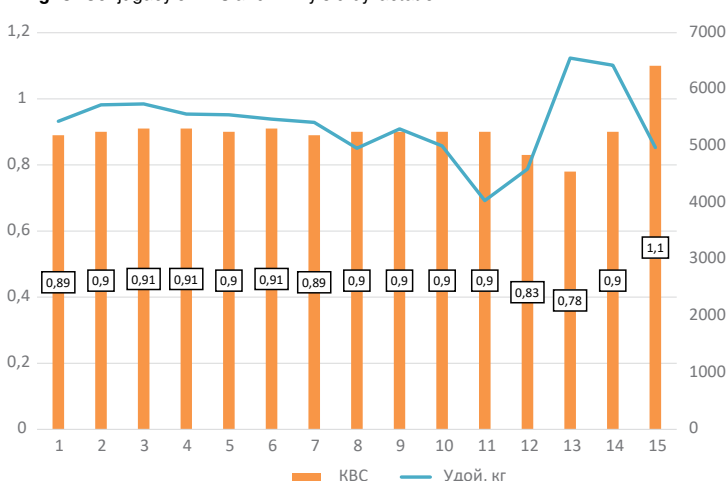


Рис. 3. Сопряженность КВС и удоя по лактациям

Fig. 3. Conjugacy of KVS and milk yield by lactation



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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (госрегистрация № АААА-А19-1191014000069).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Донник И.М., Воронин Б.А. Производство органической сельскохозяйственной продукции как одно из важнейших направлений развития АПК. *Аграрный вестник Урала*. 2016; (1): 77–81. <https://www.elibrary.ru/vmflaf>
- Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2020; (1): 90–102. <https://www.elibrary.ru/ueogyy>
- Мымрин В.С. и др. Сохранение отечественных пород — вклад в будущее российского животноводства. *Зоотехния*. 2018; (1): 8–11. <https://www.elibrary.ru/yypjzgh>
- Гридина С.Л., Гридин В.Ф., Сидорова Д.В., Новицкая К.В. Влияние уровня голштинизации на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; 32(8): 60, 61. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
- Лоретт О.Г., Петрова О.Г., Барашкин М.И., Мильштейн И.М., Петров Е.А. Молоко и экономика молочно-продуктового подкомплекса АПК. Екатеринбург. 2019; 248.
- Моркляк В.М., Бондар М.М. Порівняльна характеристика якості молока різних порід корів. *Annali d'Italia*. 2020; (8–1): 60–63. <https://www.elibrary.ru/zmyxdk>
- Mymrin V., Loretts O. Contemporary trends in the formation of economically-beneficial qualities in productive animals. *Digital agriculture development strategy Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019) Advances in Intelligent Systems Research*. 2019; 511–514.
- Андреев А.И., Менькова А.А., Шилов В.Н., Костромкина Н.В. Влияние условий кормления дойных коров на химический состав и технологические свойства молока при его переработке на сыр. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2020; 243(3): 4–8. <https://www.elibrary.ru/oqqtsh>
- Шувариков А.С., Жукова Е.В., Пастух О.Н. Использование ресурсосберегающих технологий при переработке молока. *Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. XV Всероссийский (с международным участием) научно-практический семинар*. Орел: Картуш. 2021; 163–168.
- Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Технологические параметры выработки мягкого сыра в зависимости от линейного происхождения коров. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 64–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-64-68>
- Белооков А.А., Белоокова О.В., Горелик О.В., Ребезов М.Б. Состав и свойства молока коров черно-пестрой породы разных генотипов. *Аграрная наука*. 2023; (3): 62–69. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-62-69>
- Донник И.М., Воронин Б.А., Лоретт О.Г., Кот Е.М., Воронина Я.В. Российский АПК — от импорта сельскохозяйственной продукции к экспортно-ориентированному развитию. *Аграрный вестник Урала*. 2017; (3): 12. <https://elibrary.ru/wdmsnz>
- Донник И.М., Мымрин В.С. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота. *Главный зоотехник*. 2016; (8): 20–32. <https://elibrary.ru/wgwpqd>
- Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2020; (1): 90–102. <https://elibrary.ru/ueogyy>
- Мельникова Н.В., Неверова О.П. Динамика молочной продуктивности коров уральского типа голштинизированного черно-пестрого скота. *Молодежь и наука*. 2021; (11): 14. <https://www.elibrary.ru/sefqag>
- Колесникова Е.Г. Молочная продуктивность коров уральского типа чёрно-пестрого скота. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. Материалы XXV Международной студенческой научной конференции*. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; (1): 183–188. <https://www.elibrary.ru/hujrqd>
- Донник И.М., Чеченихина О.С. Система отбора коров черно-пестрой породы при интенсивной технологии производства молока. *От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2021; 166–168. <https://www.elibrary.ru/gxxxxy>
- Mymrin V. et al. Environmentally clean composites with hazardous aluminum anodizing sludge, concrete waste, and lime production waste. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 174: 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.299>
- Мымрин В.С. и др. Сохранение отечественных пород — вклад в будущее российского животноводства. *Зоотехния*. 2018; (1): 8–11. <https://elibrary.ru/yypjzgh>
- Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Анализ породного и классного состава крупного рогатого скота Уральского региона. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019; (1): 50, 51. <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
- Адушинов Д. Эффективность голштинизации черно-пестрого скота в Восточной Сибири. *Молочное и мясное скотоводство*. 2006; (3): 17–19. <https://www.elibrary.ru/vyfiqh>

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

FUNDING

The study is exploratory and was carried out within the framework of scientific research of the Ural State Agrarian University (state registration No. АААА-А19-1191014000069).

REFERENCES

- Donnik I.M., Voronin B.A. Production of organic agricultural products as one of important directions of development of agro-industrial complex. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016; (1): 77–81 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vmflaf>
- Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of black-motley cows with various milking techniques. *Molochno-khozyaistvenny Vestnik*. 2020; (1): 90–102 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ueogyy>
- Mymrin V.S. et al. Protection the home breeds is the contribution to future of russian animal-breeding. *Zootekhnika*. 2018; (1): 8–11 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yypjzgh>
- Gridina S.L., Gridin V.F., Sidorova D.V., Novitskaya K.V. Influence of Holstein Share on Milk Productivity of Black-and-White Cows. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018; 32(8): 60, 61 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
- Loretts O.G., Petrova O.G., Barashkin M.I., Milshtein I.M., Petrov E.A. Milk and the economy of the dairy subcomplex of the agro-industrial complex. *Yekaterinburg*. 2019; 248 (In Russian).
- Morklyak V.M., Bondar M.M. Comparative characteristics of milk quality of different breeds of cows. *Annali d'Italia*. 2020; (8–1): 60–63 (In Ukrainian). <https://www.elibrary.ru/zmyxdk>
- Mymrin V., Loretts O. Contemporary trends in the formation of economically-beneficial qualities in productive animals. *Digital agriculture development strategy Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019) Advances in Intelligent Systems Research*. 2019; 511–514.
- Andreev A.I., Menkova A.A., Shilov V.N., Kostromkina N.V. Influence of conditions for feeding dairy cows on the chemical composition and technological properties of milk when its processing in cheese. *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020; 243(3): 4–8 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/oqqtsh>
- Shuvarikov A.S., Zhukova E.V., Pastukh O.N. Use of resource-saving technologies when processing milk. *Resource Saving Technologies at Storage and Processing of Agricultural Production. XV All-Russian (with international participation) scientific and practical seminar*. Orel: Kartush. 2021; 163–168 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vhyucnf>
- 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; 374(9): 64–68 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-64-68>
- 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>
- Donnik I.M., Voronin B.A., Loretts O.G., Kot E.M., Voronina Ya.V. Russian agrarian and industrial complex — from import of agricultural production to the export-oriented development. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017; (3): 12 (In Russian). <https://elibrary.ru/wdmsnz>
- Donnik I.M., Mymrin S.V. Role of genetic factors in increasing of the productivity of cattle. *Head of Animal Breeding*. 2016; (8): 20–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/wgwpqd>
- Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of black-motley cows with various milking techniques. *Molochno-khozyaistvenny Vestnik*. 2020; (1): 90–102 (In Russian). <https://elibrary.ru/ueogyy>
- Melnikova N.V., Neverova O.P. Dynamics of milk productivity of cows of the Ural type of Holsteinized black-and-white cattle. *Youth and science*. 2021; (11): 14 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/sefqag>
- Kolesnikova E.G. Milk productivity of cows of the Ural type of black-and-white cattle. *Current problems of intensive development of livestock farming. Materials of the XXV International Student Scientific Conference*. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2022; (1): 183–188. (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hujrqd>
- Donnik I.M., Chechenikhina O.S. System of selection of black-and-white cows using intensive milk production technology. *From import substitution to export potential: scientific support for innovative development of livestock farming and biotechnology*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2021; 166–168 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/gxxxxy>
- Mymrin V. et al. Environmentally clean composites with hazardous aluminum anodizing sludge, concrete waste, and lime production waste. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 174: 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.299>
- Mymrin V.S. et al. Preservation of domestic breeds is a contribution to the future of Russian animal husbandry. *Zootekhnika*. 2018; (1): 8–11 (In Russian). <https://elibrary.ru/yypjzgh>
- Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of the breed and class composition of cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skhozhozyaystvennaya nauka*. 2019; (1): 50, 51 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>
- Adushinov D. Efficiency of Holsteinization of black-and-white cattle in Eastern Siberia. *Molochnoye i myasnoye skotovodstvo*. 2006; (3): 17–19. <https://www.elibrary.ru/vyfiqh>

22. Артюхина И.Н., Гриненко О.А. Эффективность голштинизации черно-пестрого скота. *Зоотехния*. 2001; (5): 4–6. <https://www.elibrary.ru/hrrobd>
23. Анисимова Е.И., Катмаков П.С. Генотипический состав стада черно-пестрой породы и его фенотипическая характеристика в связи с голштинизацией. *Аграрный вестник Урала*. 2020; 02(193): 37–43. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-193-2-37-43>
24. 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>
25. Gorelik O.V. et al. Studying the biochemical composition of the blood of cows fed with immune corrector biopreparation. *AIP Conference Proceedings*. 2020; 2207(1): 020012. <https://doi.org/10.1063/5.0000317>
26. Сердюк М.В., Вагапова О.А. Экономическая эффективность голштинизации черно-пестрого скота Урала. *Актуальные вопросы гуманитарных, экономических и технических наук: теория и практика. Материалы Национальной (Всероссийской) научной конференции Института агроинженерии. Троицк: Южно-Уральский государственный аграрный университет*. 2019; 74–79. <https://www.elibrary.ru/wwwpmre>
27. Колотова Е.Н., Неверова О.П. Молочная продуктивность коров племенного завода по голштинской породе. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник тезисов*. Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет. 2022; 101, 102. <https://www.elibrary.ru/kbmlvc>
28. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Физико-химические показатели молока коров с разной долей кровности по голштинской породе. *Аграрная наука*. 2023; 1(10): 63–67. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-63-67>
29. Тихомиров И.А., Скоркин В.К., Аксенова В.П., Андриухина О.Л. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия. *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. 2016; (1): 64–72. <https://elibrary.ru/vowcwn>
30. Chechenikhina O.S., Loretts O.G., Bykova O.A., Shatskikh E.V., Gridin V.F., Topuriya L.Yu. Productive qualities of cattle in dependence on genetic and paratypic factors. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2018; 9(1): 587–593. <https://elibrary.ru/yrekl>
31. Жеребцова А.С., Жеребцова Н.С., Мошкина С.В. Эффективность голштинизации черно-пестрого скота и взаимосвязь с основными признаками молочной продуктивности. *Проблемы и перспективы развития животноводства. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию биотехнологического факультета. Витебск: Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины*. 2018; 30–32. <https://www.elibrary.ru/qelaqw>
32. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства. *Аграрная наука*. 2023; 376(11): 34–40. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40>
22. Artyukhina I.N., Grinenko O.A. The effectiveness of Holstein black-and-white cattle. *Zootekhnika*. 2001; (5): 4–6 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hrrobd>
23. Anisimova E.I., Katmakov P.S. The genotypic composition of the herd of black-motley breed and phenotypic characteristic in connection with Holsteinization. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 02(193): 37–43 (In Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-193-2-37-43>
24. 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>
25. Gorelik O.V. et al. Studying the biochemical composition of the blood of cows fed with immune corrector biopreparation. *AIP Conference Proceedings*. 2020; 2207(1): 020012. <https://doi.org/10.1063/5.0000317>
26. Serdyuk M.V., Vagapova O.A. Economic efficiency of Holstein black-and-white cattle of the Urals. *Topical issues of humanities, economics and technical sciences: theory and practice. Materials of the National (All-Russian) Scientific Conference of the Institute of Agroengineering*. Troitsk: South Ural State Agrarian University. 2019; 74–79 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wwwpmre>
27. Kolotova E.N., Neverova O.P. Milk productivity of Holstein breeding cows. *Modern technologies for cultivation, processing and storage of agricultural products. Collection of abstracts*. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University. 2022; 101, 102 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kbmlvc>
28. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Physico-chemical parameters of milk of cows with different proportions of blood in the Holstein breed. *Agrarian science*. 2023; 1(10): 63–67 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-63-67>
29. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K., Aksanova V.P., Andryukhina O.L. Cows productive life longevity and their reasons for culling: analysis. *Journal of VNIIMZH*. 2016; (1): 64–72 (In Russian). <https://elibrary.ru/vowcwn>
30. Chechenikhina O.S., Loretts O.G., Bykova O.A., Shatskikh E.V., Gridin V.F., Topuriya L.Yu. Productive qualities of cattle in dependence on genetic and paratypic factors. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2018; 9(1): 587–593. <https://elibrary.ru/yrekl>
31. Zhrebtsova A.S., Zhrebtsova N.S., Moshkina S.V. The effectiveness of Holstein black-and-white cattle and the relationship with the main signs of dairy productivity. *Problems and prospects of animal husbandry development. Materials of the International Scientific and Practical conference dedicated to the 85th anniversary of the Faculty of Biotechnology*. Vitebsk: Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine. 2018; 30–32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qelaqw>
32. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Evaluation of bulls-producers of the Holstein breed by the quality of the offspring. *Agrarian science*. 2023; 376(11): 34–40 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Васильевна Горелик¹

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Светлана Юрьевна Харлап¹

кандидат биологических наук, доцент
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Максим Борисович Ребезов^{1, 2}

• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов¹;
• доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник²
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Артём Сергеевич Горелик³

кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

¹Уральский государственный аграрный университет, ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия

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

³Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620137, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vasilyevna Gorelik¹

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Svetlana Yurievna Kharlap¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
proffuniver@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3651-8835>

Maksim Borisovich Rebezov^{1, 2}

• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Food Products¹;
• Doctor of Agricultural Sciences, Candidate of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher²
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Artem Sergeevich Gorelik³

Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

¹Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia

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

³Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 22 Mira Str., Yekaterinburg, 620137, Russia

О.А. Кошкина
Т.Е. Денискова ✉
Н.А. Зиновьева

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

✉ horarka@yandex.ru

Поступила в редакцию:
03.07.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-80-84

Olga A. Koshkina
Tatiana E. Deniskova ✉
Natalia A. Zinovieva

L.K. Ernst Federal Research Center for
Animal Husbandry, Podolsk, Moscow
Region, Russia

✉ horarka@yandex.ru

Received by the editorial office:
03.07.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Разработка и апробация тест-системы определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с живой массой овец

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Отечественное овцеводство отстает от других отраслей животноводства по темпам использования современных ДНК-технологий. Поиск новых генов — потенциальных кандидатов, ассоциированных с экономически значимыми признаками, — актуален для более полного раскрытия генетического потенциала овец. Ранее проведенный поиск полногеномных ассоциаций показал, что гены *DGKH* и *PPP1R1C* оказывают определенное влияние на живую массу овец при рождении и в возрасте 90 дней. В связи с этим более детальное изучение полиморфизма в генах *DGKH* и *PPP1R1C* может углубить понимание о процессах роста и развития у домашних овец, поэтому были выбраны эти гены как целевые для проведения эксперимента.

Методы. Праймеры и зонды были подобраны для амплификации фрагмента с целевыми SNP в генах *DGKH* и *PPP1R1C* длиной 68 пар нуклеотидов на основе референсной последовательности ДНК на 10-й (NC_056063.1) и 2-й хромосомах (NC_056055.1) овец, представленных в NCBI. Для определения полиморфизма были разработаны тест-системы на основе ПЦР в реальном времени. Генотипы определяли по многопараметрическому графику. Тест-системы апробированы на 147 овцах южной мясной породы.

Результаты. Разработанные тест-системы по перспективным генам *DGKH* и *PPP1R1C* позволили четко определять генотипы овец в формате ПЦР-РТ. В гене *DGKH* были выявлены все три генотипа (Т/Т, С/Т и С/С). В гене *PPP1R1C* не был идентифицирован гомозиготный генотип (Т/Т) в исследуемой популяции. Тест-системы пригодны для проведения рутинного ДНК-анализа в молекулярно-генетических лабораториях.

Ключевые слова: ДНК-маркеры, SNP, гены-кандидаты, генотипирование, полиморфизм

Для цитирования: Кошкина О.А., Денискова Т.Е., Зиновьева Н.А. Разработка и апробация тест-системы определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с живой массой овец. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 80–84. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-80-84>

© Кошкина О.А., Денискова Т.Е., Зиновьева Н.А.

Development and validation of a test system for determining the polymorphism in the *DGKH* and *PPP1R1C* genes associated with body weight of sheep

ABSTRACT

Relevance. National sheep breeding is lagging behind other branches of animal husbandry considering using of modern DNA technologies. The search for new genes — potential candidates associated with economically significant traits — is relevant for a more complete disclosure of the genetic potential of sheep. An earlier genome-wide association study showed that the *DGKH* and *PPP1R1C* genes had a certain effect on body weight of sheep at birth and at the age of 90 days. In this regard, a more detailed study of polymorphism in the *DGKH* and *PPP1R1C* genes can deepen understanding of growth and development processes in domestic sheep, so we have chosen these genes as targets for the experiment.

Methods. Primers and probes were selected for amplification of a fragment with targeted SNPs in the *DGKH* and *PPP1R1C* genes with a length of 68 nucleotide pairs based on the reference DNA sequence on the 10th (NC_056063.1) and the 2nd chromosome (NC_056055.1) sheep represented in NCBI. To determine polymorphism, real-time PCR-based test systems were developed. Genotypes were determined using a multiparametric graph. The test systems were tested on 147 sheep of the southern meat breed.

Results. The developed test systems for promising *DGKH* and *PPP1R1C* genes allowed to clearly determine sheep genotypes based on using the PCR-RT. All three genotypes (T/T, C/T, and C/C) were identified in the *DGKH* gene. No homozygous genotype (T/T) was identified in the *PPP1R1C* gene in the studied population. The test systems are suitable for routine DNA analysis in molecular genetic laboratories.

Key words: DNA-markers, SNPs, candidate genes, genotyping, polymorphism, genotype

For citation: Koshkina O.A., Deniskova T.E., Zinovieva N.A. Development and validation of a test system for determining the polymorphism in the *DGKH* and *PPP1R1C* genes associated with body weight of sheep. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 80–84 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-80-84>

© Koshkina O.A., Deniskova T.E., Zinovieva N.A.

Введение/Introduction

Отечественное овцеводство отстает от других отраслей животноводства по темпам использования современных ДНК-технологий для применения в селекции по различным признакам. Частично такая тенденция объясняется тем, что на протяжении длительного времени развитие овцеводства происходило в условиях традиционной технологии содержания и выращивания животных [1]. Интенсификация производства овцеводческой продукции должна происходить по ряду направлений, одно из которых заключается в более полной реализации генетического потенциала существующих пород и выведении новых продуктивных селекционных типов овец. Интеграция ДНК-технологий в селекционный процесс позволяет повысить эффективность селекции посредством отбора носителей аллелей, ассоциированных с хозяйственно ценными признаками [2].

В мировой практике в овцеводстве широко применяется ряд тест-систем, позволяющих анализировать полиморфные варианты в небольшом количестве известных или потенциальных генов-кандидатов, ассоциированных с тем или иным экономически значимым признаком [3–5].

Следует отметить, что ряд отечественных ученых изучали влияние ряда известных генов-кандидатов на ростовые и мясные качества овец российских пород. Так, например, было установлено, что доля носителей наиболее желательного аллеля в гене миостатина (с.*1232A) [6] составила 90% в популяциях джалгинских и советских мериносов и 85% — маньчжурских мериносов [7]. Кроме того, были показаны достоверные корреляции аллеля с.*1279A в гене *MyoD1* с более высокими убойными показателями баранчиков северокавказской породы по сравнению с носителями других генотипов [8].

Л.Н. Скорых и соавторы (2020) выявили положительное влияние гетерозиготного АВ/ГН и гомозиготного ВВ/ГН генотипов гена соматотропина (гормона роста) на интенсивность роста мясошерстных овец [9]. Тем не менее результаты проведенных исследований носят породоспецифический характер. В связи с этим актуально проводить поиск новых генов, которые могут быть предложены в качестве потенциальных кандидатов, ассоциированных с экономически значимыми признаками у овец, для последующей разработки тест-систем с перспективой внедрения в селекционный процесс.

В предыдущих исследованиях авторов был проведен полногеномный поиск ассоциаций в ресурсной популяции овец возвратных кроссов (романовская × катадин) × романовская. Взвешивание экспериментальных животных проводилось в возрасте 6 (при рождении), 42, 90, 180 и 270 дней. Полногеномные SNP-профили были получены с помощью ДНК-чипа высокой плотности Ovine Infinium® HD SNP BeadChip (Illumina, Inc., США).

В результате исследования были идентифицированы SNP, ассоциированные с живой массой и локализованные вблизи генов, оказывающих прямое или косвенное влияние на живую массу [10]. Так, SNP на 2-й хромосоме был ассоциирован с живой массой овец при рождении и локализован вблизи гена *PPP1R1C*. На 10-й хромосоме был идентифицирован SNP, влияющий на живую массу овец в возрасте 90 дней и располагающийся в непосредственной близости к гену *DGKH* [10].

Ген *PPP1R1C* (субъединица 1С регуляторного ингибитора протеинфосфатазы 1) был предложен в качестве потенциального кандидата, вовлеченного в формирование мышечной массы у крупного рогатого скота (КРС) шаролезской и лимузинской пород [11].

Ген *DGKH* (диацилглицеролкиназа ϵ) — это член семейства ферментов диацилглицеролкиназ, которые катализируют фосфорилирование диацилглицерина с образованием фосфатидной кислоты. *DGKH* был предложен в качестве белка — регулятора сигнального каскада Ras/Raf/MEK/ERK, контролирующего большее количество процессов регуляции роста в клетках, включая пролиферацию, трансформацию и дифференцировку [12]. Следовательно, ген *DGKH* может влиять на рост организма благодаря своим активирующим свойствам.

Р. Widmann и соавторы (2013) предложили ген *DGKH* в качестве функционального кандидата, ассоциированного с процессами роста КРС [13].

В племенном заводе «Ладожский» на базе генофондного стада южной мясной породы создается новый селекционный тип овец с использованием генетического материала от баранов породы катадин для улучшения скороспелости и мясных качеств.

Поскольку гены *DGKH* и *PPP1R1C* были выявлены в ресурсной популяции овец, созданной при участии баранов породы катадин, можно предполагать, что эти гены будут информативны в популяции создаваемого селекционного типа и, соответственно, могут быть использованы для ведения маркерной селекции. В связи с этим весьма актуальна разработка информативных ДНК тест-систем, которые позволят четко различать аллельные варианты в изучаемых генах.

Цели работы — разработка, экспериментальная апробация и оценка эффективности тест-системы определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C*.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследование проводили в 2023 году на базе оборудования центра коллективного пользования «Биоресурсы и биоинженерия сельскохозяйственных животных» ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.

В качестве биологического материала для молекулярно-генетического исследования использовали ушные выщипы овец южной мясной породы ($n = 147$). На рисунке 1 представлены овцы южной мясной породы, которая

Рис. 1. Овцы южной мясной породы (ПЗ «Ладожский», Краснодарский край, Усть-Лабинский р-н), март 2023 г. Фото автора

Fig. 1. Sheep of the Southern Meat breed (PZ "Ladoga", Krasnodar Territory, Ust-Labinsky District), March 2023. Photo by the author



разводится в племенном заводе «Ладожский» (Краснодарский край, Усть-Лабинский р-н).

Образцы ткани овец были получены из биобанка «Банк генетического материала домашних и диких видов животных и птиц» (№ 498808, зарегистрирован Мин-обнауки РФ), созданной и поддерживаемой в ФГБНУ ФИЦ животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста.

ДНК из ткани выделяли с помощью набора «ДНК-Экстран-2» (ЗАО «Синтол», Россия) по протоколу производителя. Опытным путем были подобраны состав реакционной смеси и оптимальные условия проведения ПЦР. Для двух генов реакции проводили в конечном объеме 20 мкл: 2 мкл реакционного буфера (10x Taq Turbo буфер, ЗАО «Евроген», Россия), 12 мкл H₂O, 2,5 мкл dNTPs, 2 мкл смеси праймеров, 0,8 мкл смеси зондов (0,3 мкл зонда FAM и 0,5 мкл зонда R6G), 0,2 мкл SmartTaq ДНК полимеразы (ЗАО «Диалат Лтд.», Россия), 1 мкл ДНК.

Амплификацию фрагмента гена *DGKH* проводили в следующем температурно-временном режиме: 120 с. при 50 °C (1 цикл); 10 мин. при 95 °C (1 цикл); 15 с. при 95 °C, 45 с. при 62 °C, 30 с. при 72 °C (40 циклов); заключительный этап — 10 мин. при 72 °C.

Амплификацию фрагмента гена *PPP1R1C* проводили в следующем температурно-временном режиме: 120 с. при 50 °C (1 цикл); 10 мин. при 95 °C (1 цикл); 15 с. при 95 °C, 45 с. при 59 °C, 30 с. при 72 °C (40 циклов); заключительный этап — 10 мин. при 72 °C.

ПЦР в реальном времени осуществляли с использованием прибора QuantStudio®5 (ThermoFisher Scientific, США). Результат оценивали по многопараметрическому графику.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C* были разработаны тест-системы на основе ПЦР в реальном времени. Подбор праймеров и зондов для амплификации фрагмента с таргетными SNP в генах *DGKH* и *PPP1R1C* длиной 68 пар оснований проводили в соответствии с референсной последовательностью ДНК на 10-й (NC_056063.1) и 2-й хромосомах (NC_056055.1) овец, представленных в базе Национального центра биотехнологической информации NCBI.

В таблице 1 представлены последовательности праймеров и зондов, подобранных для тест-системы определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с мясной продуктивностью овец.

Постановка ПЦР-градиента на приборе QuantStudio®5 (ThermoFisher Scientific, США) позволила определить температуру отжига праймеров и зондов. Для генов

Таблица 1. Последовательности праймеров и зондов, подобранных для тест-системы определения полиморфизма генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с живой массой овец

Table 1. The sequences of primers and probes selected for the test system for determining the polymorphism of the *DGKH* and *PPP1R1C* genes associated with body weight in sheep

Название гена	Последовательности праймеров и зондов (5'-3')
<i>DGKH</i>	F5'-TCATTTTCCTTATTCATGTCCTT-3'
	R5'-TGAACACAGCTTCTTACCCATC-3'
	5'-FAM-AGTCTGCTACACTCTGCTTAAG-BHQ-1-3'
	5'-R6G-AGTCCGCTACACTCTGCTTAAG-BHQ-1-3'
<i>PPP1R1C</i>	5'-ATTCTGTGTCCTATCACCT-3'
	5'-GTGGTGTTCATCTGACTGCTTA-3'
	5'-FAM-TGACTGCTGTGAACCTCTGATGAT-BHQ-1-3'
	5'-R6G-TGATTGCTGTGAACCTCTGATGAT-BHQ-1-3'

Примечание: F — прямой праймер (комплементарен 3'-цели ДНК), R — обратный праймер (комплементарен 5'-цели ДНК).

Рис. 2. Многопараметрические графики различных аллельных вариантов гена *DGKH*

Fig. 2. Multivariable plots of various allelic variants of the *DGKH* gene

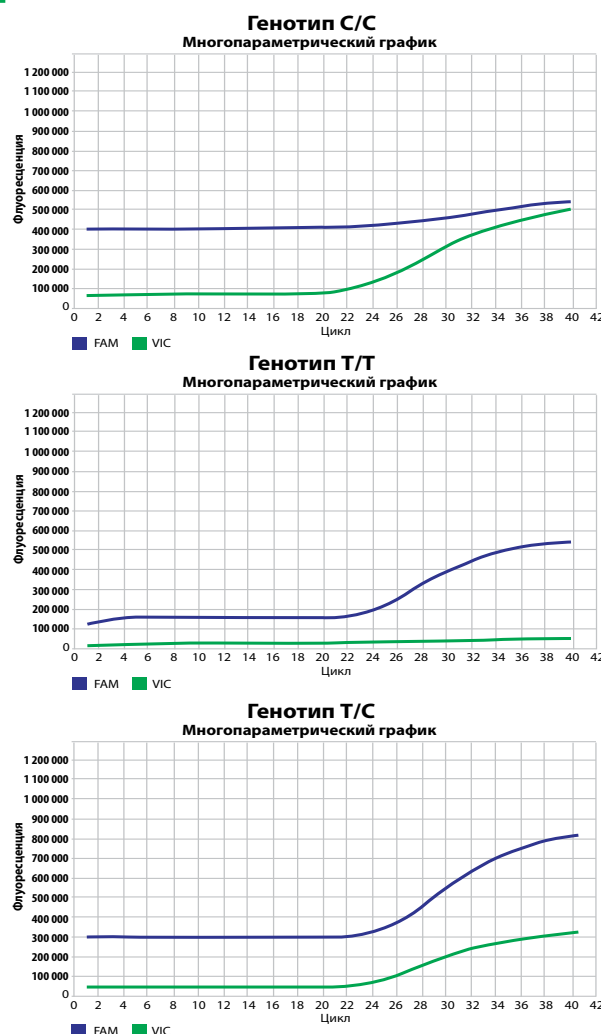
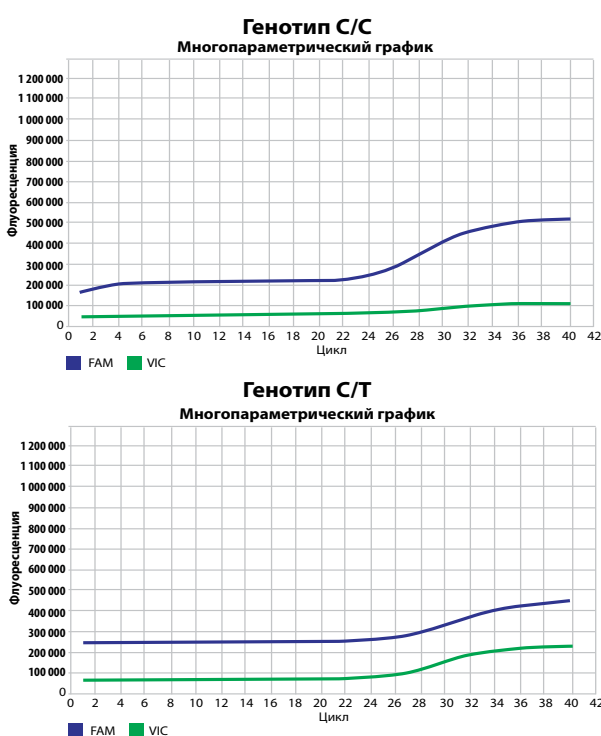


Рис. 3. Многопараметрические графики различных аллельных вариантов гена *PPP1R1C*

Fig. 3. Multivariable plots of various allelic variants of the *PPP1R1C* gene



DGKH и *PPP1R1C* оптимальные температуры отжига составили 62 °C и 59 °C соответственно.

В результате проведения ПЦР в реальном времени были выявлены различные аллельные варианты генов *DGKH* (рис. 2) и *PPP1R1C* (рис. 3).

Как показано на рисунке 2, аллелю Т в гене *DGKH* соответствует увеличение флуоресценции по каналу красителя FAM, а аллелю С в гене *DGKH* — увеличение флуоресценции по каналу красителя R6G.

Как показано на рисунке 3, аллелю С в гене *PPP1R1C* соответствует увеличение флуоресценции по каналу красителя FAM, а аллелю Т в гене *PPP1R1C* — увеличение флуоресценции по каналу красителя R6G.

В результате генотипирования овец по гену *DGKH* методом ПЦР с детекцией результатов в режиме реального времени были выявлены все три генотипа (Т/Т, С/Т и С/С). В то время в исследуемой выборке животных ген *PPP1R1C* был представлен лишь двумя генотипами — С/С и С/Т. Гомозиготы по аллелю Т (генотип Т/Т) обнаружены не были.

В таблице 2 представлены частоты встречаемости аллелей и генотипов по генам *DGKH* и *PPP1R1C* соответственно.

Генотипирование по гену *DGKH* выявило, что 24 животных из исследуемой выборки (16,32%) имели гомозиготный генотип Т/Т, гомозиготный генотип С/С был обнаружен у 42 овец (28,57%), 81 животное (55,11%) — гетерозиготы (Т/С). Оба аллеля встречались примерно с одинаковой частотой в исследуемой популяции (аллель Т — 43,88%, аллель С — 56,12%).

В то же время по гену *PPP1R1C* было обнаружено смещение частот аллелей. Наиболее распространенным оказался аллель С (80,61%), когда частота

Таблица 2. Частота встречаемости аллелей и генотипов по генам *DGKH* и *PPP1R1C*

Table 2. The frequency of alleles and genotypes for the *DGKH* and *PPP1R1C* genes

Ген	Частота аллелей, %		Частота генотипов					
			Т/Т		Т/С (С/Т)		С/С	
	Т	С	n	%	n	%	n	%
<i>DGKH</i>	43,88	56,12	24	16,32	81	55,11	42	28,57
<i>PPP1R1C</i>	19,39	80,61	–	–	57	38,78	90	61,22

встречаемости аллеля Т была 19,39%. Это связано с отсутствием в выборке гомозиготных животных по аллелю Т. В основном в популяции встречался гомозиготный генотип С/С с частотой 61,22% ($n = 90$), остальные 38,78% животных ($n = 57$) были представлены гетерозиготами (генотип С/Т).

Полученные результаты подтверждают разрешающую способность разработанных тест-систем и их пригодность для проведения рутинного ДНК-анализа.

Выводы/Conclusion

Исследование показало, что разработанные тест-системы позволяют определять аллельные варианты генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с живой массой у овец.

Таким образом, представленная тест-система позволит заблаговременно определять аллельные варианты генов *DGKH* и *PPP1R1C*, ассоциированных с живой массой, что впоследствии позволит ускорить селекцию овец на мясные качества.

Описанная тест-система имеет перспективы для применения в селекционной работе в овцеводстве, в частности для отбора наиболее перспективных овец нового создаваемого селекционного типа.

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 объявляют 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 РФ (тема № FGGN-2022-0002).

FUNDING

The work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (subject No. FGGN-2022-0002).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Новопашина С.И. и др. Состояние и перспективные направления улучшения генетического потенциала мелкого рогатого скота. Научный аналитический обзор. М.: Росинформагротех. 2019; 80. ISBN 978-5-7367-1537-4 <https://elibrary.ru/yummio>
- Селионова М.И., Трухачев В.И., Айбазов А.-М.М., Столповский Ю.А., Зиновьева Н.А. Генетические маркеры в козоводстве (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(6): 1031–1048. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.6.1031rus>
- Machado A.L. et al. Variants in *GH*, *IGF1*, and *LEP* genes associated with body traits in Santa Inês sheep. *Scientia Agricola*. 2021; 78(3): e20190216. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0216>
- Ding N. et al. Genetic Polymorphisms of *IGF1* and *IGF1R* Genes and Their Effects on Growth Traits in Hulun Buir Sheep. *Genes*. 2022; 13(4): 666. <https://doi.org/10.3390/genes13040666>
- Girmay S., Ahmad H.I., Zahra Q.A. A Simulation Analysis and Screening of Deleterious Nonsynonymous Single Nucleotide Polymorphisms (nsSNPs) in Sheep *LEP* Gene. *BioMed Research International*. 2022; 7736485. <https://doi.org/10.1155/2022/7736485>
- Han J., Forrest R.H., Hickford J.G.H. Genetic variations in the myostatin gene (*MSTN*) in New Zealand sheep breeds. *Molecular Biology Reports*. 2013; 40(11): 6379–6384. <https://doi.org/10.1007/s11033-013-2752-7>
- Яцык О.А., Телегина Е.Ю. Полиморфизм гена миостатина (*mstn*) у овец породы маньчжурский меринос. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2017; (3): 47–53. <https://elibrary.ru/ziogub>
- Криворучко А.Ю., Селионова М.И., Сафарян Е.Ю., Яцык О.А. Влияние однонуклеотидных полиморфизмов в гене *MyoD1* на показатели мясной продуктивности овец северокавказской породы. *Аграрный научный журнал*. 2020; (2): 49–54. <https://elibrary.ru/lfigdf>
- Скорых Л.Н., Фомина И.О., Коваленко Д.В. Полиморфизм гена соматотропина и его взаимосвязь с показателями роста у мясошерстных овец. *Зоотехника*. 2020; (10): 6–8. <https://elibrary.ru/lqgelj>

REFERENCES

- Novopashina S.I. et al. Status and perspective areas for improving the genetic potential of small cattle. Scientific and analytic overview. Moscow: Rosinformagrotech. 2019; 80 (In Russian). ISBN 978-5-7367-1537-4 <https://elibrary.ru/yummio>
- Selionova M.I., Trukhachev V.I., Aybazov A.-M.M., Stolpovsky Yu.A., Zinovieva N.A. Genetic markers of goats (review). *Agricultural Biology*. 2021; 56(6): 1031–1048. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.6.1031eng>
- Machado A.L. et al. Variants in *GH*, *IGF1*, and *LEP* genes associated with body traits in Santa Inês sheep. *Scientia Agricola*. 2021; 78(3): e20190216. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2019-0216>
- Ding N. et al. Genetic Polymorphisms of *IGF1* and *IGF1R* Genes and Their Effects on Growth Traits in Hulun Buir Sheep. *Genes*. 2022; 13(4): 666. <https://doi.org/10.3390/genes13040666>
- Girmay S., Ahmad H.I., Zahra Q.A. A Simulation Analysis and Screening of Deleterious Nonsynonymous Single Nucleotide Polymorphisms (nsSNPs) in Sheep *LEP* Gene. *BioMed Research International*. 2022; 7736485. <https://doi.org/10.1155/2022/7736485>
- Han J., Forrest R.H., Hickford J.G.H. Genetic variations in the myostatin gene (*MSTN*) in New Zealand sheep breeds. *Molecular Biology Reports*. 2013; 40(11): 6379–6384. <https://doi.org/10.1007/s11033-013-2752-7>
- Yatsyk O.A., Telegina E.Yu. The myostatin gene (*MSTN*) polymorphism in manych merino sheep breed. *Agrarian Journal of Upper Volga Region*. 2017; (3): 47–53 (In Russian). <https://elibrary.ru/ziogub>
- Krivoruchko A.Yu., Selionova M.I., Safaryan E.Yu., Yatsyk O.A. Influence of single nucleotide polymorphisms in *MyoD1* gene on meat productivity indices in sheep of North Caucasian breed. *Agrarian scientific journal*. 2020; (2): 49–54 (In Russian). <https://elibrary.ru/lfigdf>
- Skorykh L.N., Fominova I.O., Kovalenko D.V. Polymorphism of the somatotropin gene and its relationship with growth indicators in meat-coated sheep. *Zootekhnika*. 2020; (10): 6–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/lqgelj>

10. Денискова Т.Е. и др. Поиск геномных вариантов, ассоциированных с живой массой у овец, на основе анализа высокоплотных SNP-генотипов. *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(2): 279–291. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.2.279rus>

11. Doyle J.L. *et al.* Genomic regions associated with muscularity in beef cattle differ in five contrasting cattle breeds. *Genetics Selection Evolution*. 2020; 52: 2. <https://doi.org/10.1186/s12711-020-0523-1>

12. Yasuda S. *et al.* Diacylglycerol Kinase η Augments C-Raf Activity and B-Raf/C-Raf Heterodimerization. *Journal of Biological Chemistry*. 2009; 284(43): 29559–29570. <https://doi.org/10.1074/jbc.M109.043604>

13. Widmann P. *et al.* A systems biology approach using metabolomic data reveals genes and pathways interacting to modulate divergent growth in cattle. *BMC Genomics*. 2013; 14: 798. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-798>

10. Deniskova T.E. *et al.* A search for genomic variants associated with body weight in sheep based on high density SNP-genotypes analysis. *Agricultural Biology*. 2021; 56(2): 279–291. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2021.2.279eng>

11. Doyle J.L. *et al.* Genomic regions associated with muscularity in beef cattle differ in five contrasting cattle breeds. *Genetics Selection Evolution*. 2020; 52: 2. <https://doi.org/10.1186/s12711-020-0523-1>

12. Yasuda S. *et al.* Diacylglycerol Kinase η Augments C-Raf Activity and B-Raf/C-Raf Heterodimerization. *Journal of Biological Chemistry*. 2009; 284(43): 29559–29570. <https://doi.org/10.1074/jbc.M109.043604>

13. Widmann P. *et al.* A systems biology approach using metabolomic data reveals genes and pathways interacting to modulate divergent growth in cattle. *BMC Genomics*. 2013; 14: 798. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-798>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Андреевна Кошкина

аспирант

olechka1808@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4830-6626>

Татьяна Евгеньевна Денискова

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

horarka@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5809-1262>

Наталья Анатольевна Зиновьева

доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук

n_zinovieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

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

ABOUT THE AUTHORS

Olga Andreevna Koshkina

Postgraduate

olechka1808@list.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4830-6626>

Tatiana Evgenievna Deniskova

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher

horarka@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5809-1262>

Natalia Anatolievna Zinovieva

Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences

n_zinovieva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

Federal Research Center of Animal Husbandry — VIZ academician L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Region, 142132, Russia

Г.А. Свазлян ✉
В.С. Попов
Н.М. Наумов

Курский федеральный аграрный научный
центр, Курск, Россия

✉ manukyang@yandex.ru

Поступила в редакцию:
28.06.2023

Одобрена после рецензирования:
15.11.2023

Принята к публикации:
01.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-85-89

Gayane A. Svazlyan ✉
Victor S. Popov
Nikolai M. Naumov

Federal Agricultural Kursk Research Center,
Kursk, Russia

✉ manukyang@yandex.ru

Received by the editorial office:
28.06.2023

Accepted in revised:
15.11.2023

Accepted for publication:
01.12.2023

Научно-практические аспекты разработки кормовой добавки

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Актуальным подходом в решении проблем улучшения здоровья животных и повышения продуктивных показателей является разработка биологически активных добавок на основе микробных консорциумов пробиотических микроорганизмов, синтезирующих активные метаболиты, повышающих селективные преимущества полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта и ее биологическую активность в коррекции микробиоценоза и метаболизма.

Методы. Объектом исследований служила 5%-ная, 10%-ная, 15%-ная, 20%-ная и 25%-ная меласса сахарной свеклы. При культивировании в мелассе использовали пробиотические микроорганизмы *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* и *Bifidobacterium bifidum* штамм 1. Для посева на питательную среду использовали суточную культуру микроорганизмов, которую стандартизировали до 1×10^6 КОЕ/см³.

Результаты. Установлено, что количество пробиотических микроорганизмов, входящих в состав культуральной жидкости при культивировании *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* на 8-е сутки в 15%-ной питательной среде на основе мелассы, составляет $9,9 \times 10^6$ КОЕ/см³. В исследовании при культивировании *B. bifidum* установлено значительное повышение содержания гистидина в 1,13 раза, серина, лейцина + изолейцина, метионина в 5,5–7,0 раза и других незаменимых и условно заменимых аминокислот, что свидетельствует о значительной активности пробиотических микроорганизмов в питательной среде. Определена значительная активность комплекса микроорганизмов *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii*, установлено увеличение показателей аминокислот: лизина и глицина в 3,39 раза, лейцина + изолейцина в 1,3 раза, метеонина и валина в 2,36 раза, пролина в 7,5 раз.

Ключевые слова: питательная среда, меласса, пробиотики, культивирование, метаболиты, КОЕ

Для цитирования: Свазлян Г.А., Попов В.С., Наумов Н.М. Научно-практические аспекты разработки кормовой добавки. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 85–89. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-85-89>

© Свазлян Г.А., Попов В.С., Наумов Н.М.

Scientific and practical aspects of the development of feed additives

ABSTRACT

Relevance. An actual approach to solving the problems of improving animal health and increasing productive indicators is the development of biologically active additives based on microbial consortiums of probiotic microorganisms that synthesize active metabolites that increase the selective benefits of the beneficial microflora of the gastrointestinal tract and its biological activity in the correction of microbiocenosis and metabolism.

Methods. The object of research was 5%, 10%, 15%, 20%, 25% sugar beet molasses. When cultivating in molasses, probiotic microorganisms *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* and *Bifidobacterium bifidum* strain 1 were used. A daily culture of microorganisms was used for inoculation on a nutrient medium, which was standardized to 1×10^6 CFU/cm³.

Results. It has been established that the number of probiotic microorganisms that are part of the culture liquid during the cultivation of *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* on the eighth day in a 15% molasses-based nutrient medium is 9.9×10^6 CFU/cm³. In studies during the cultivation of *B. bifidum*, a significant increase in the content of Histidine by 1.13 times, serine, leucine + isoleucine, methionine by 5.5–7.0 times, and other non-essential and conditionally essential amino acids was found, which indicates a significant activity of probiotic microorganisms in nutrient medium. A significant activity of the complex of microorganisms *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* was determined, an increase in amino acids was found: lysine and glycine by 3.39 times, leucine + isoleucine by 1.3 times, meteonine and valine by 2.36 times, proline by 7.5 times.

Key words: nutrient medium, molasses, probiotics, cultivation, metabolites, CFU

For citation: Svazlyan G.A., Popov V.S., Naumov N.M. Scientific and practical aspects of the development of feed additives. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 85–89 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-85-89>

© Svazlyan G.A., Popov V.S., Naumov N.M.

Введение/Introduction

Современный период развития промышленного животноводства характеризуется усилением негативных техногенных факторов, увеличением патофизиологических состояний животных, приводящих к проявлению вторичных иммунодефицитов, снижению генетического потенциала продуктивности. Важнейшим звеном для устранения этих причин является нормированное сбалансированное и полноценное кормление животных.

Организация научно обоснованного кормления и обеспечение животных всеми необходимыми элементами питания усложняются из-за неполного усвоения питательных веществ. Это может быть связано с нарушением микробиома кишечника, обмена веществ и других факторов окружающей среды, что приводит к снижению продуктивности в целом [1–3].

Для совершенствования системы кормления высокопродуктивных животных в условиях промышленного животноводства особое значение отводится функциональным кормовым добавкам с использованием пробиотических микроорганизмов и пребиотических соединений, повышающих селективные преимущества полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта и ее биологическую активность [4, 5].

Биологически активные добавки, содержащие живые пробиотические микроорганизмы, синтезирующие активные метаболиты в виде аминокислот и других биологически активных соединений, способствуют нормализации микробиома кишечника и коррекции обмена веществ [6–8].

Определяющим фактором эффективности метабиотических биологически активных добавок являются технологии их получения. Современный подход к разработке таких добавок предусматривает, во-первых, применение различных видов микроорганизмов нормофлоры кишечника (в определенных сочетаниях), во-вторых, культуральную среду для получения активных метаболитов, которая является основой добавки, должна выпускаться в форме, допускающей длительное хранение при обычной температуре, в-третьих, не терять своих свойств при использовании [9].

Значительная часть полезной микрофлоры кишечника животных — бифидобактерии. *B. bifidum* в организме образуют из органических азотистых соединений некоторые незаменимые аминокислоты — аланин, валин, аспарагиновую кислоту, изолейцин, что имеет важное значение для нормального течения иммунных процессов и синтеза клеточных структур ДНК и РНК.

Положительная роль бифидобактерий в организме связана с их способностью дезактивировать токсичные продукты азотного обмена. Бифидобактерии не только стимулируют развитие гуморальной и клеточной защитных систем организма, но и непосредственно подавляют развитие в кишечнике многих видов патогенных бактерий. Установлены их антагонистические свойства по отношению к сальмонеллам, шигеллам, патогенным *E. coli*, клебсиеллам, протею, гноеродным коккам, стафилококкам, *Cl. perfringers*, а также холерным вибрионам [10, 11].

В настоящее время научным направлением развития средств коррекции метаболизма животных является применение в кормлении традиционных пробиотиков. Один из таких препаратов нового поколения, представляющий собой натуральный комплекс живых бактерий на основе культивированных штаммов целлюлозолитических бактерий рубца жвачных, расщепляющих клетчатку, — отечественная кормовая

добавка «Целлобактерин» (ООО «Биотроф», Россия). Широкий диапазон биологического действия данного препарата обусловлен тем, что он объединяет функции двух кормовых добавок — кормового фермента и пробиотика.

«Целлобактерин» представляет собой выделенные из рубца жвачных животных микроорганизмы *Clostridium thermocellulocitius*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii*, обладающие целлюлозолитической и молочнокислой активностью. За счет целлюлозолитической активности «Целлобактерин» (подобно кормовым ферментам) разрушает некрахмальные полисахариды корма. Однако если в мультиэнзимных композициях каждая ферментная молекула работает в растворе по отдельности, то у бактерий взаимодополняющие ферменты собраны в специализированные блоки на мембранах, что позволяет им разрушать даже плотные структуры клеточных оболочек. «Целлобактерин» повышает усвояемость не только зерновых, но также подсолнечного шрота и отрубей, малодоступных для обычных кормовых ферментов, за счет молочнокислой активности. Он играет роль классического пробиотика, вытесняет условно-патогенную микрофлору [12].

Однако, несмотря на довольно широкое использование, пробиотические препараты, содержащие живые клетки, не всегда оказываются высокоэффективными, что связывают прежде всего с массовой гибелью бактерий при попадании в желудочно-кишечный тракт. Сохраняют жизнеспособность около 5% вводимых в состав пробиотика клеток [13, 14].

Новая концепция метабиотиков, важнейшей составляющей которой являются активные метаболиты, пробиотические культуры и их клеточные компоненты, в культуральной среде имеет огромный практический потенциал [15–17].

Следует отметить, что вопросам культивирования пробиотических бактерий посвящены многочисленные публикации и изобретения. В предлагаемых модельных исследованиях использованы, как правило, комплексные среды на основании соевого шрота, кукурузного экстракта с применением минеральных компонентов [18, 20].

Анализ литературных данных позволяет предположить, что в качестве исходного сырья для питательной среды перспективной является меласса свекловичная [19]. Эффективные среды для культивирования указанных бактерий могут быть изготовлены с применением питательных основ из достаточно широкого спектра субстратов растительного или иного происхождения. Основу, содержащую необходимые нутриенты, можно использовать в качестве универсального базового компонента при конструировании бактериологических сред различного назначения.

В настоящее время для повышения биологической активности микроорганизмов всё чаще используют дешевые питательные среды, на основе которых разрабатывают более совершенные технологии в целях значительного повышения продуктивности бактериальных культур [18, 20].

Таким образом, разработка питательной среды для культивирования пробиотических организмов, которая является основой биологически активной добавки, — важный этап проводимых исследований.

Цель исследований — изучение научно-практических аспектов культивирования пробиотических микроорганизмов в мелассе свекловичной для разработки кормовой добавки.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены в лаборатории ветеринарной медицины и биотехнологии Курского федерального аграрного научного центра в 2020–2021 гг.

Объектом исследований служили пробиотические микроорганизмы в двух вариантах в виде комплекса микроорганизмов — *Clostridium thermocellulocitricus*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* и *Bifidobacterium bifidum* штамм 1, культивируемые в 5%-ной, 10%-ной, 15%-ной, 20%-ной и 25%-ной мелассе сахарной свеклы.

Для посева на питательную среду использовали суточную культуру микроорганизмов, которую стандартизировали до 1×10^6 КОЕ/см³. Культивирование проводили в течение 14 дней в термостате KBCG 100/250 (Premed, Польша) при температуре 37 ± 1 °C.

В культуральной жидкости методом последовательных разведений определяли численность КОЕ/см³. Идентификацию бифидобактерий и *Clostridium thermocellulocitricus*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* проводили микроскопическим методом (окраска мазка по Грамму) — микроскопы Levenhuk 740T microscope (Guangzhou Jinghua Optics & Electronics Co., Ltd., China) и Levenhuk M1400 PLUS digital camera (Guangzhou Jinghua Optics & Electronics Co., Ltd., China).

Для выделения бифидобактерий применяли *Bifidobacterium agar*, для выделения неспорообразующих факультативно-анаэробных бактерий использовали среду «Эндо» (ФБУН ГНЦ ПМБ, г. Оболенск, Россия).

Массовая доля протеиногенных аминокислот в экспериментальных пробиотических суспензиях (ЭПС) исследовалась методом капиллярного электрофореза по методикам в соответствии с ГОСТ Р 55569¹, сырого протеина (в г/кг) — по ГОСТ 32044.¹²

Статистическую обработку показателей проводили с применением методики вариационной статистики для Microsoft Excel (США), оценку значимости различий средних арифметических — с использованием t-критерия Стьюдента (различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Меласса сахарной свеклы принята авторами за основу питательной среды за счет достаточного содержания углеводных компонентов, которые представлены в виде растворимых сахаридов — преимущественно сахарозы, а также небольшим количеством глюкозы, фруктозы и рафинозы, минеральных веществ (около 10% сырой золы) и небелковых азотных соединений.

При культивировании комплекса пробиотических микроорганизмов максимальное значение $9,5 \times 10^6$ КОЕ/см³ в 20%-ной и $8,5 \times 10^6$ КОЕ/см³ в 15%-ной мелассе достигается на вторые-третьи сутки — это связано с определенным видом микроорганизма и специфичностью метаболизма за счет легкоусвояемых углеводов. Повторное нарастание отмечалось на четвертые сутки ($1,3\text{--}3,0 \times 10^6$ КОЕ/см³) и достигало

максимума на восьмые сутки ($9,9 \times 10^6$ КОЕ/см³) при концентрации мелассы 15%.

Проведенные исследования позволяют отметить вариативность динамики колониеобразующих единиц (КОЕ 10^6) пробиотических микроорганизмов по отношению к питательной среде, которой являлась меласса в различной концентрации (рис. 1).

Установлено, что количество пробиотических микроорганизмов, входящих в состав культуральной жидкости на восьмые сутки в 5%-ной питательной среде на основе мелассы, составляет $9,9 \times 10,0^6$ КОЕ/см³.

Вариативность динамики колониеобразующих единиц (КОЕ 10^6) пробиотического микроорганизма *B. bifidum* по отношению к питательной среде, которой являлась меласса в различной концентрации, приведена на рисунке 2.

При культивировании на 5%-ной мелассе показатель КОЕ *Bifidobacterium bifidum* на вторые сутки достигал 7×10^6 КОЕ/см³. В других концентрациях максимальный показатель количества микроорганизмов приходился на третьи сутки и не превышал $6,6 \times 10,0^6$ КОЕ/см³. В данном случае низкая концентрация мелассы позволяет бифидобактериям более активно размножаться, расходуя легкоусвояемые углеводы в течение первых двух-трех суток. На пятые сутки численность снижается до минимальных значений во всех концентрациях мелассы и составляет $3\text{--}4 \times 10^6$ КОЕ/см³. С пятых-шестых суток отмечается повторный рост численности, что, возможно, связано с переходом бифидобактерий на питание более сложными сахарами. Так, на восьмые сутки максимальная численность микроорганизмов

Рис. 1. Вариативность динамики КОЕ комплекса микроорганизмов по отношению к концентрации мелассы

Fig. 1. Variability of the dynamics of the CFU complex of microorganisms in relation to the concentration of molasses

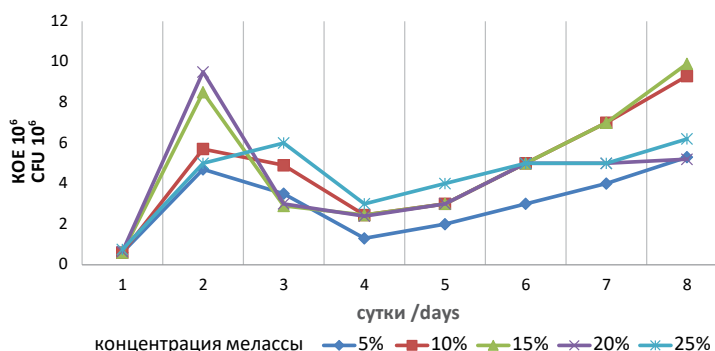
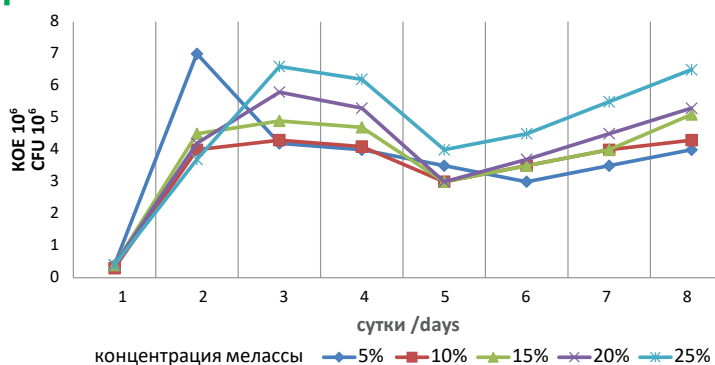


Рис. 2. Вариативность динамики КОЕ *B. bifidum* по отношению к концентрации мелассы

Fig. 2. Variability of *B. bifidum* CFU dynamics in relation to molasses concentration



¹ ГОСТ Р 55569-2013 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение протеиногенных аминокислот методом капиллярного электрофореза.
² ГОСТ 32044.1-2012 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

отмечалась в 25%-ной концентрации мелассы и составила $6,5 \times 10,0^6$ КОЕ/см³, а минимальная — в 5%-ной (4×10^6 КОЕ/см³).

Таким образом, максимальный показатель КОЕ *Bifidobacterium bifidum* в процессе культивирования в мелассе свекловичной достигается при концентрации 5%, а показатель КОЕ *Clostridium thermocellulocitcus*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* — при 15%, что служило основанием для дальнейшего исследования.

В культуральной жидкости 15-ной мелассы и комплекса микроорганизмов *Clostridium thermocellulocitcus*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* по отношению к контролю (15%-ной мелассе) установлено значительное превышение показателей по содержанию лизина и глицина в 3,39 раза, лейцина + изолейцина — в 1,3 раза, метионина и валина — в 2,36 раза, пролина — в 7,5 раза и других незаменимых и условно заменимых аминокислот, что свидетельствует о значительной активности комплекса пробиотических микроорганизмов в питательной среде из мелассы (табл. 1).

Вместе с тем отмечается тенденция снижения синтеза аргинина (на 5,65%), серина (на 43%) и гистидина (на 43%). При этом метаболическая активность *B. bifidum* в мелассе имеет аналогичную закономерность синтеза отдельных аминокислот.

Установлено значительное превышение содержания по гистидину (в 1,13 раза), серину, лейцину + изолейцину, метионину (в 5,5–7,0 раз) и другим незаменимым и условно заменимым аминокислотам, что свидетельствует о значительной активности пробиотических микроорганизмов в питательной среде мелассы. При этом на 42,62% отмечается снижения синтеза аргинина.

Следует предположить, что это связано с пребиотическими свойствами питательной среды из мелассы, в которой содержится необходимое количество аминов, азотосодержащих соединений и аминокислот.

Выводы/Conclusion

1. На основании проведенных исследований определена оптимальная концентрация мелассы свекловичной для получения максимального количества КОЕ культивируемых пробиотических микроорганизмов. При этом 5%-ная меласса является оптимальной для культивирования *Bifidobacterium bifidum*, а 15%-ная — *Clostridium*

Таблица 1. Показатели содержания протеиногенных аминокислот в культуральной жидкости относительно контрольной концентрации мелассы

Table 1. Indicators of the content of proteinogenic amino acids in the culture liquid relative to the control concentration of molasses

Протеиногенные аминокислоты, мг/л	Меласса 15% + <i>Clostridium thermocellulocitcus</i> , <i>Ruminococcus olbus</i> , <i>Clostridium lochheadii</i>	Меласса 5% + <i>B. bifidum</i>
Аргинин	-3,10 ± 1,14	-7,80 ± 0,16
Лизин	+4,44 ± 0,43*	+27,28 ± 1,02*
Тирозин	+24,08 ± 0,71*	+28,66 ± 0,11*
Фенилаланин	+13,87 ± 0,16*	+14,49 ± 0,12*
Гистидин	-10,50 ± 0,17	-0,70 ± 0,31
Лейцин + изолейцин	+13,20 ± 2,14	+75,20 ± 2,57*
Метионин	+8,60 ± 0,72*	+12,40 ± 0,61*
Валин	+14,40 ± 0,34*	+32,90 ± 0,47*
Пролин	+47,00 ± 0,19*	+81,50 ± 1,75*
Треонин	+111,30 ± 1,40*	+161,60 ± 1,72*
Серин	-6,20 ± 0,81	+21,70 ± 1,06*
Аланин	+65,80 ± 1,54*	+223,30 ± 1,61*
Глицин	+15,40 ± 0,80*	+31,20 ± 0,91*

Примечание: * достоверно при $p \leq 0,05$.

thermocellulocitcus, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii*.

2. Определена метаболическая активность комплекса микроорганизмов *Clostridium thermocellulocitcus*, *Ruminococcus olbus*, *Clostridium lochheadii* по протеиногенным аминокислотам, установлено увеличение показателей концентрации аминокислот: лизина и глицина — в 3,39 раза, лейцина + изолейцина — в 1,3 раза, метионина и валина — в 2,36 раза, пролина — в 7,5 раз (по сравнению с контролем).

3. В исследованиях при культивировании *B. bifidum* установлено значительное повышение концентрации гистидина (в 1,13 раза), серина, лейцина + изолейцина, метионина (в 5,5–7,0 раз) и других незаменимых и условно заменимых аминокислот, что свидетельствует о значительной активности пробиотических микроорганизмов в питательной среде мелассы.

Таким образом, результаты исследований характеризуют культуральную жидкость как суспензию, содержащую в качестве пребиотика мелассу свекловичную, комплекс пробиотических микроорганизмов и их метаболитов.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Волгин В., Бибикина А., Романенко Л. О реализации генетического потенциала племенных коров по молочной продуктивности путем использования факторов кормления. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2007; (6): 26–29. <https://elibrary.ru/serssj>
- Кононенко С.И. Актуальные проблемы организации кормления в современных условиях. *Научный журнал КубГАУ*. 2016; 115: 951–980. <https://elibrary.ru/vjlrhj>
- Миколайчик И.Н., Морозова Л.А., Морозов В.А. Коррекция продуктивного и биохимического профиля у высокопродуктивных коров с помощью энергетических добавок. *Вестник КрасГАУ*. 2019; (8): 103–110. <https://elibrary.ru/igtqml>
- Смирнова Ю.М., Платонов А.В. Влияние ферментативно-пробиотических препаратов на пищевое поведение и молочную продуктивность коров-первотелок. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (5): 47–50. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.70.45.009>
- Бондаренко В.М. Молекулярно-клеточные механизмы терапевтического действия пробиотических препаратов. *Фарматека*. 2010; (2): 26–32. <https://elibrary.ru/lkrekr>

REFERENCES

- Volgin V., Bibikova A., Romanenko L. On the implementation of the genetic potential of breeding cows for milk productivity through the use of feeding factors. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2007; (6): 26–29 (In Russian). <https://elibrary.ru/serssj>
- Kononenko S.I. Actual problems in organization of feeding in modern conditions. *Scientific Journal of KubSAU*. 2016; 115: 951–980 (In Russian). <https://elibrary.ru/vjlrhj>
- Mykolaychik I.N., Morozova L.A., Morozov V.A. Correction of productivity and biochemical profile of high yielding cows with the help of energy additives. *Bulletin of KrasGAU*. 2019; (8): 103–110 (In Russian). <https://elibrary.ru/igtqml>
- Smirnova Yu.M., Platonov A.V. Influence of enzymatic-probiotic drugs on food behavior and milk productivity of transport cows. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; (5): 47–50 (In Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.70.45.009>
- Bondarenko V.M. Molecular Cellular Mechanisms of Therapeutic Action of Probiotic Drugs. *Farmateka*. 2010; (2): 26–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/lkrekr>

6. Бондаренко В.М. Метаболические пробиотики: механизмы терапевтического эффекта при микробиологических нарушениях. *Consilium Medicum*. 2005; 7(6): 437–443. <https://elibrary.ru/rfyjnb>
7. Меликиди В.Х., Тюрин Д.Г., Селиванов Д.Г., Новикова Н.И. Метаболиты пробиотических бактерий отвечают за эффективность действия пробиотика «Профорт®». *Птицеводство*. 2019; (9–10): 45–47. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-45-47>
8. Гринь С.А. и др. Получение и применение пробиотических препаратов в животноводстве. *Ветеринария и кормление*. 2019; (1): 10, 11. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-3>
9. Чижая А.В., Дудикова Г.Н. Научный обзор: теоретические и практические аспекты конструирования пробиотических препаратов. *Научное обозрение. Биологические науки*. 2017; (2): 157–166. <https://elibrary.ru/ynwpmx>
10. Артюхова С.И., Зверева О.А. Изучение биотехнологических свойств штаммов *Bifidobacterium longum* для производства биологически активных добавок. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014; (8–1): 132. <https://elibrary.ru/sfwcll>
11. Тармакова С.С., Цыбикова Л.А., Николаева Э.С. Антагонистическая активность бифидобактерий и фитобактериальных средств. *Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география*. 2010; (4): 198–200. <https://elibrary.ru/nealnj>
12. Кислюк С., Новикова Н., Лаптев Г. Ферментативный пробиотик «Целлобактерин» — ответ на многие вопросы. *Аграрный эксперт*. 2008; (1): 26, 27. <https://elibrary.ru/epsqdp>
13. Магомедалиев И.М., Некрасов Р.В., Чабаяев М.Г., Джавахия В.В., Глаголева Е.В., Карташов М.И. Влияние пробиотического комплекса на продуктивные качества и обменные процессы у растущего откармливаемого молодняка свиней. *Аграрная наука*. 2020; (1): 22–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-334-1-22-26>
14. Несчислаев В.А., Мокин П.А., Федорова Т.В. К вопросу разработки высокоэффективных метаболитных пробиотиков. *Актуальные направления научных исследований: от теории к практике*. 2016; (2–1): 15–17. <https://elibrary.ru/vxjdpd>
15. Михалюк А. Пробиотики: назначение и перспективы использования. *Наше сельское хозяйство*. 2019; (16): 68–73. <https://elibrary.ru/quouqk>
16. Козлова О.В. Биотехнологические особенности взаимодействия стабилизаторов структуры и заквасок прямого внесения при производстве структурированных молочных продуктов. Монография. Кемерово: КемТИПП. 2016; 127. ISBN 978-5-89289-957-4
17. Ардаская М.Д., Столярова Л.Г., Архипова Е.В., Филимонова О.Ю. Метабиотики как естественное развитие пробиотической концепции. *Трудный пациент*. 2017; 15(6–7): 35–39. <https://elibrary.ru/zxpszn>
18. Несчислаев В.А., Арчакова Е.Г., Моховикова В.Б., Белова И.В. Разработка питательных сред для производства пробиотических препаратов. *Фундаментальные исследования*. 2007; (12–2): 349. <https://elibrary.ru/kwzuyn>
19. Егорова М.И. Свеклосахарная меласса — сырье для производства кормопродуктов. *Сахар*. 2010; (2): 18–22. <https://elibrary.ru/lmcaez>
20. Остроумов Л.А., Просяков А.Ю., Курбанова М.Г., Козлова О.В. Питательные среды для бифидобактерий. *Молочная промышленность*. 2010; (1): 20, 21. <https://elibrary.ru/kzmkhf>
6. Bondarenko V.M. Metabolic probiotics: mechanisms of therapeutic effect in microecological disorders. *Consilium Medicum*. 2005; 7(6): 437–443 (In Russian). <https://elibrary.ru/rfyjnb>
7. Melikidi V.H., Tyurina D.G., Selivanov D.G., Novikova N.I. Metabolites of probiotic bacteria are responsible for the effectiveness of probiotic "Profort®". *Ptitsvodstvo*. 2019; (9–10): 45–47 (In Russian). <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2019-68-9-10-45-47>
8. Grin S.A. et al. The receipt and the application of probiotic preparations in animal husbandry. *Veterinaria i kormlenie*. 2019; (1): 10, 11 (In Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-3>
9. Chizhaeva A.V., Dudikova G.N. Scientific review: the theoretical and practical aspects of construction of probiotic preparations. *Scientific Review. Biological Sciences*. 2017; (2): 157–166 (In Russian). <https://elibrary.ru/ynwpmx>
10. Artyukhova S.I., Zvereva O.A. Study of the biotechnological properties of *Bifidobacterium longum* strains for the production of biologically active additives. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014; (8–1): 132 (In Russian). <https://elibrary.ru/sfwcll>
11. Tarmakova S.S., Tsybikova L.A., Nikolaeva E.S. Antagonistic activity of bifidus bacteria and phitobacterial drugs. *Buryat State University Bulletin. Biology, Geography*. 2010; (4): 198–200 (In Russian). <https://elibrary.ru/nealnj>
12. Kislyuk S., Novikova N., Laptev G. Enzymatic probiotic "Cellobacterin" — the answer to many questions. *Agrarny ekspert*. 2008; (1): 26, 27 (In Russian). <https://elibrary.ru/epsqdp>
13. Magomedaliyev I.M., Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Dzhevakhia V.V., Glagoleva E.V., Kartashov M.I. Influence of probiotic complex on productive performance and metabolism in growing pigs. *Agrarian science*. 2020; (1): 22–26 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-334-1-22-26>
14. Neschislyayev V.A., Mokin P.A., Fedorova T.V. On the development of highly effective metabolite probiotics. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy: ot teorii k praktike*. 2016; (2–1): 15–17 (In Russian). <https://elibrary.ru/vxjdpd>
15. Mikhalyuk A. Probiotics: purpose and prospects for use. *Nashe sel'skoe khozyaystvo*. 2019; (16): 68–73 (In Russian). <https://elibrary.ru/quouqk>
16. Kozlova O.V. Biotechnological features of the interaction of structure stabilizers and direct ferments in the production of structured dairy products. Monograph. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry. 2016; 127 (In Russian). ISBN 978-5-89289-957-4
17. Ardatskaya M.D., Stolyarova L.G., Arkhipova E.V., Filimonova O.Yu. Metabiotics as a natural development of a probiotic concept. *Difficult patient*. 2017; 15(6–7): 35–39 (In Russian). <https://elibrary.ru/zxpszn>
18. Neschislyayev V.A., Archakova E.G., Mokhovikova V.B., Belova I.V. Development of nutrient media for the production of probiotic preparations. *Fundamental research*. 2007; (12–2): 349 (In Russian). <https://elibrary.ru/kwzuyn>
19. Egorova M.I. Beet sugar molasses is a raw material for the production of feed products. *Sahar*. 2010; (2): 18–22 (In Russian). <https://elibrary.ru/lmcaez>
20. Ostroumov L.A., Prosekov A.Yu., Kurbanova M.G., Kozlova O.V. Nutritive media for bifidobacteria. *Dairy industry*. 2010; (1): 20, 21 (In Russian). <https://elibrary.ru/kzmkhf>

ОБ АВТОРАХ

Гаяне Агасовна Свазлян

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
manukyanga@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9119-1217>

Виктор Сергеевич Попов

доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией
viktor.stugen@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3404-1591>

Николай Михайлович Наумов

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
naumovnm@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2149-4711>

Курский федеральный аграрный научный центр,
ул. Карла Маркса, 70Б, Курск, 305021, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Gayane Agasovna Svazlyan

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
manukyanga@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9119-1217>

Victor Sergeevich Popov

Doctor of Veterinary Sciences, Head of Laboratory
viktor.stugen@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3404-1591>

Nikolai Mikhailovich Naumov

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
naumovnm@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2149-4711>

Federal Agricultural Kursk Research Center,
70B Karl Marx Str., Kursk, 305021, Russia

Nilolay P. Buryakov¹
 Maria A. Buryakova¹
 Sergei O. Shapovalov^{1, 2} ✉
 Elena V. Kornilova²
 Dmitry V. Palamarchuk²
 Aleksandr E. Zhuravlev¹
 Saleh Hatem¹
 Roman A. Donets¹
 Tristan D. Altukhov¹

¹Russian State Agrarian University — Moscow
 Timiryazev Agricultural Academy, Moscow,
 Russia

²Research and Testing Center «Cherkizovo»,
 Moscow, Russia

✉ s.shapovalov@chsrkizovo.com

Received by the editorial office:
 07.11.2023

Accepted in revised:
 15.11.2023

Accepted for publication:
 01.12.2023

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-90-94

Н.П. Буряков¹
 М.А. Бурякова¹
 С.О. Шаповалов^{1, 2} ✉
 Е.В. Корнилова²
 Д.В. Паламарчук²
 А.Е. Журавлев¹
 Салех Хатем¹
 Р.А. Донец¹
 Т.Д. Алтухов¹

¹Российский государственный аграрный
 университет — МСХА им. К.А. Тимирязева,
 Москва, Россия

²НИЦ «Черкизово», Москва, Россия

✉ s.shapovalov@chsrkizovo.com

Поступила в редакцию:
 07.11.2023

Одобрена после рецензирования:
 15.11.2023

Принята к публикации:
 01.12.2023

Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed

ABSTRACT

Methods. For the first time, a comprehensive calibration model has been developed and presented for the rapid determination of basic near-infrared spectroscopy (IR) methods in feed amino acids, with application in the production of animal feed. The research principle is based on the Fourier equation for spectroscopy. In this work, Fourier methods in the Italian region (FTIR, FT-NIRS) were applied. The data obtained from the calibration models were confirmed using high-performance liquid chromatography. FT-NIR predictions agreed well with the chromatography data and had predictive deviation (RPD) values >1.3 in all cases.

Results. The results indicate that FT-NIR spectroscopy can be used as a simple and rapid tool for monitoring amino acids. In the course of the work, experimental confirmation of previously known facts was obtained — the possibility of visual separation of the spectra of not only counterfeit amino acids, but also the possibility of separation by L- and DL-optical isomers. The work shows that the discrepancies between the values obtained by the classical “wet chemistry” method and the values obtained from the constructed calibration models do not exceed the reproducibility limits of arbitration methods.

A predictive model was used based on information flow elements using the OPUS/QUANT2 software package for multivariate calibration and construction of calibration models for amino acids. This chemometric analysis proved the fundamental possibility of determining amino acids in the product. It has been shown that the use of information channels opens up opportunities for the use of many chemometrics algorithms, including data preprocessing and the construction of predictive models.

Key words: infrared spectroscopy, calibrations, amino acids, animal feeding

For citation: N.P. Buryakov *et al.* Application of near infrared spectroscopy for identification and quantitative determination of amino acids in their crystalline and salt forms in the preparation of animal feed. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 90–94. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-90-94>

© Buryakov N.P., Buryakova M.A., Shapovalov S.O., Kornilova E.V., Palamarchuk D.V., Zhuravlev A.E., Hatem Saleh, Donets R.A., Altukhov T.D.

Применение инфракрасной спектроскопии ближнего спектра для идентификации и количественного определения аминокислот в их кристаллической и солевой формах при приготовлении кормов для животных

РЕЗЮМЕ

Методы. Впервые разработана и представлена комплексная калибровочная модель для экспресс-определения основного вещества методом инфракрасной спектроскопии в ближней области (ИК) в кормовых аминокислотах, используемых в производстве комбикормов. Принцип исследования основан на уравнении Фурье для спектроскопии. В работе был применен метод Фурье в инфракрасной области (FTIR, FT-NIRS). Данные, полученные с помощью калибровочных моделей, были подтверждены с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Результаты. Прогнозы FT-NIR хорошо согласовались с данными хроматографии и имели значения прогностического отклонения (RPD) >1,3 во всех случаях. Полученные результаты указывают на то, что ИК-спектроскопия FT-NIR может быть использована в качестве простого и быстрого инструмента для контроля аминокислот. В ходе работы были получены экспериментальные подтверждения ранее известных фактов — возможность визуального разделения спектров не только фальсификатов аминокислот, но и возможность разделения по L- и DL-оптическим изомерам. В работе показано, что расхождения между значениями, полученными классическим методом «мокрой химии», и значениями, полученными по построенным калибровочным моделям, не выходят за пределы воспроизводимости арбитражных методов. Была использована прогностическая модель, основанная на элементах информационного потока с применением OPUS/QUANT2 программного пакета для многомерной калибровки и построения калибровочных моделей для аминокислот. Данный хеометрический анализ доказал принципиальную возможность определения аминокислот в продукте. Показано, что использование информационных каналов открывает возможности для применения многих алгоритмов хеометрики, включая предобработку данных и построение прогностических моделей.

Ключевые слова: инфракрасная спектроскопия, калибровки, чистые формы аминокислот, хеометрия, корма

Для цитирования: Буряков Н.П. и др. Применение инфракрасной спектроскопии ближнего спектра для идентификации и количественного определения аминокислот в их кристаллической и солевой формах при приготовлении кормов для животных. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 90–94 (In English). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-90-94>

© Буряков Н.П., Бурякова М.А., Шаповалов С.О., Корнилова Е.В., Паламарчук Д.В., Журавлев А.Е., Хатем Салех, Донец Р.А., Алтухов Т.Д.

Введение/Introduction

The animal industry can be defined as an industry producing proteins of higher value (meat, milk) from less expensive protein sources (vegetable proteins such as soybean meal) [1]. The main function of this dietary protein is to supply amino acids (AA), representing building blocks for polypeptides' synthesis in the animal cells [2]. However, the carbon skeletons of some AA, including L-lysine, L-methionine, L-threonine and L-valine cannot be synthesized from non-AA molecules in cells of any animals. Therefore, they are classified as nutritionally essential AA (EAA) and must be included in diets [3]. Apart from key role of EAA in maintaining physiological functions of cells, tissues and the whole body, they can also have bioactive properties. Particularly, in certain disease conditions they can promote health by improving gut tissue anabolism, reducing stress and modulating immunology [4]. Thus, the adequate dietary supply of nitrogen from protein is of crucial importance to synthesize non-essential amino acids.

Though, the significant part of provided with feed amino components are not used by the animals and excretes in the form of ammonia or nitrate/nitrite leading to the pollution of soil and water [5]. Applying feeding strategies which closely match animal requirements in nitrogen can partly solve this problem. On average, reduction of crude protein content in a diet by one percentage point can yield about an eight to ten percent reduction in nitrogen excretion. Reducing the crude protein level by three to four percent, with supplementation amino acids, can yield the same growth performance but with around 20–30% reduction in nitrogen excretion. Addition of 0.5% L-lysine increases feed quality as much as adding approximately 20% soybean meal [6]. The increase of L-threonine concentration from 0.55 to 0.75% in a corn/sorghum/peanut meal-based diet for young broilers increases the breast meat deposition by more than 15% [1].

Moreover, supplying feed-use amino acids can improve the efficiency of utilization of cultivated areas. In particular, 1 ton of L-Lysine HCl can save the usage of 33 tons of soybean meal, while the arable land required for the production of 48.5 tons of corn, plus 1.5 tons of L-Lysine HCl is about 75% less of that required for 50 tons of soybean meal. Therefore, dietary supplementation of synthetic amino acids may allow nutritionists to further reduce the inclusion of protein rich feedstuffs while maintaining optimum performance and fewer environmental issues from swine and poultry production [2]. However, the variation of raw materials obtained from different suppliers is a common case; even the same supplier can have batch to batch differences, let alone a possibility of falsification. In this regard maintaining the exact amino acid profile of feed demands a constant quality control of incoming materials. Traditional wet chemical analyses such as the high-performance liquid chromatography, allow evaluating amino acids' content from all kind of feed matrices as well as in their pure crystalline forms. Although HPLC is used as a de-facto standard laboratory method, it still has the known disadvantage of a long preparation stage with a number of time-consuming, laborious, and high-cost procedures.

The very promising alternative is the use of Fourier transform near-infrared reflectance spectroscopy (FT-NIR) technique, based on absorption of near-infrared irradiation by

the testing sample. This technique allows rapid and nondestructive analysis, representing one of the most suitable approaches for the on-line quality control. While the successful use of FT-NIR as screening tool for monitoring the quality and safety of feed protein materials [7] there are no data about its application for feed used amino acids for the confirmation of claimed content. The main purpose of this study is the development of calibration models that allow the fast and low-cost recognition of amino acids with subsequent determination of essential amino acids' content in their supplied pure crystalline and salt forms.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

The research was carried out in 2020–2023 on the basis of the department of feed of the "Cherkizovo" Research Center (Moscow, Russia).

The reference method of determination of main substance' content in amino acids' samples was carried out on HPLC automatic Amino Acid Analyzer S 433 ("Sykam", Germany) with a post-column derivatization and High-Speed Amino Acid Analyzer L-8900 ("Hitachi", Japan) in accordance with ISO 17180¹ (GOST 33428) for lysine sulfate, methionine and threonine and ISO 13903 (GOST 32195)² for valine. Samples' spectra were obtained using MPA ("Bruker", Germany) Fourier transform near-infrared spectrometer over the wavelength range from 9000 to 4000 cm⁻¹ in the integrating sphere mode at a resolution of 16 cm⁻¹. All the samples were used "as is" in their crystalline powder state supplied by manufactures. Each sample was scanned in a 97 mm cup for 4 times with the repacking after each measurement to minimize any possible influence of components' uneven distribution within the sample. The spectral and wet chemistry data were matched using the OPUSLab (OPUS/LAB — A convenient and intuitive software package for the user to carry out mercury analysis, Bruker (Germany) software to create chemometric models allowing amino acid's type recognition followed by main component quantification. PCA is an unsupervised system directed on identifying patterns in the measured data based on similarity of spectral signature. It is a useful tool for spectral data visualization, allowing an overview of the data set structure by demonstrating the tendency of objects to "aggregate" together based on similarity of spectral features [8].

Object of research: commercial products — feed amino acids: L-lysine, DL-methionine, L-threonine, L-tryptophan and L-valine, L-isoleucine.

Subject of research: detection of concentration and salt form of aminocarboxylic acids. Amino acid samples were collected at the feed production plants of Cherkizovo in accordance with GOST 13496.0³ and GOST ISO 6497⁴ and EN ISO 6497⁵.

The mass of the pooled sample (kg) was 1 kg according to EC No. 401/2006⁶. The samples were transported under conditions that ensured the preservation of the condition, composition and quality of the samples, as well as the safety of the environment, on a vehicle equipped for such purposes. The number of samples taken reflected the expected fluctuations within a given batch and was a multiple of 1:10 by the number of bags in the batch. The analysis result did not differ from the actual value by more than 5%.

¹ ISO 17180:2013 Animal feeding stuffs — Determination of lysine, methionine and threonine in commercial amino acid products and premixtures.

² ISO 13903:2005 Feeds, compound feeds. Method for determination of amino acids).

³ GOST 13496.0-2016 Mixed feeding-stuffs. Methods of sampling of average sample.

⁴ GOST ISO 6497-2014 Feeding stuffs. Sampling.

⁵ EN ISO 6497:2005 No. 76/371/EC "Animal feed - sampling".

⁶ Commission Regulation (EC) No 401/2006 of 23 February 2006 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs.

The samples were crushed to an acceptable particle size of at least 75 microns.

Feed amino acids from all global suppliers who supplied products to the “Cherkizovo” company (Russia) were selected. These are: “Evonik” (Germany), “Adisseo” (France), “Ajinomoto” (France), “Chael Jedang” (Indonesia), “Bio-Chem” (China).

Product L-Lysine monohydrochloride — 98.5%. Manufacturer: “Sewon” (Korea), CJ (Indonesia), “Ajinomoto” (France), ADM (USA), Belarusian National Biotechnology Corporation — CJSC “BNBK” (Belarus).

Product L-Lysine sulfate — 75%. Manufacturer: “Sewon” (Korea), CJ (Indonesia), Premix Plant No. 1 (Russia), Belarusian National Biotechnology Corporation — CJSC “BNBK” (Belarus).

Product DL-Methionine — not less than 99%. Manufacturer: “Evonik” (Belgium), “Rhodimet” (France), “Sumitomo” (Japan), “Volga methionine” (Russia), “Ningxia Unisplendour Tianhua Methionine (CUC)” and “Shandong NHU Amino Acid (NHU)” (China).

Product L-Threonine — no less than 98.5%. Manufacturer: “Eppen” (China), “Fufeng” (China), “Suihua XMYG Jingu Biochemical Technology” (China).

Product L-Tryptophan — 98–98.5%. Manufacturer: “Ajinomoto Eurolysine” (France), “PT Cheil Jedang Indonesia” (Indonesia), “Eppen Group” and “Meihua Group” (China).

Product L-Valine — 98%. Manufacturer: “CJ Cheiljedang” (China), “Ajinomoto Eurolysine” (France).

Product L-Isoleucine — 98.5%. Manufacturer: “CJ Cheiljedang” (China), “Fufeng” (China).

At the second step is using chemometric PLS-based method for quantitative analysis [10] with validation procedure according to [11]. For this purpose OPUS QUANT2 software is used. (OPUS/QUANT2 — Software package for multivariate calibration with a huge number of useful graphs, statistics, various tools for building calibration models, automatic selection of tests and removal of unnecessary samples. Bruker (Germany)) the partial least-squares (PLS) regression algorithm [9] was used on spectral data in order to obtain a calibrating model for the quantitative prediction. All the amino acids' calibrations were obtained using the evaluation-set and cross-validation techniques depending on number of available samples.

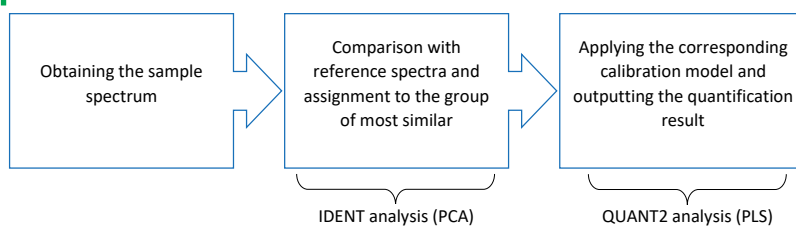
The scheme of the spectrometric analysis is shown on Figure 1.

For each model, the standard error of calibration (SEC) and correlation coefficients (R^2) were calculated. Moreover, to evaluate the models' predictive value the standard error of prediction (RMSEP) and standard error of evaluation (RMSEE) were also calculated. In addition, the ratio of performance deviation (RPD) was calculated in order to indicate the quality and robustness of a calibration model for each amino acid [6].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Totally 435 samples of amino acids from different suppliers worldwide were used for the creation of calibration models. Prior to recording spectra, the content of main substance was determined by HPLC method, followed by assigning these values to amino acids' spectra. Then, the principal component analysis was applied to the FT-NIR data matrix as a visualization method for the amino

Fig. 1. Construction of a chemometric model for combining IDENT and QUANT2 assays



acids' samples distribution giving the 2D-score plot of PC3 vs. PC2 factors (Fig. 1).

Figure 2 indicates excellent separation of different amino acids (L-methionine, L-lysine, L-threonine and L-valine) by their spectral patterns into four easily distinguishable categories without any overlaps, indicating a possibility of unambiguous identification of feed-used amino acids. However, one can see that points tend to group into the subgroups inside each category, especially in methionine case. Such behavior can be explained by the presence of different impurities causing the distortion of spectra and increasing the spectral distance from an average spectrum. Taking into account the fact impurities “fingerprint” is practically unique and depends on used reagents, applied synthesis and purification techniques, this finding provides a potential possibility not only to determine the amino amino acids' type, but also tracing their origin.

To do so, the quantitative determination of the main component content is needed in order to isolate the influence of distortion introduced by impurities. In this regard calibration models resulting from the PLS analysis on correlations between FT-NIR and HPLC measurements on amino acids content were developed. The summary of the performance parameters obtained for the calibration equations is given in the Table 1.

Obtained results showed good agreement between predicted and actual values (Table 1).

From the Table 1 moderate R^2 values can be clearly seen for valine and especially threonine. It can be explained by influence of several factors. Firstly, the high standard deviation (3.07% and 5.78% for valine and threonine respectively) of the reference HPLC method introduces noticeable uncertainty in predicted values of these amino acids content in tested samples. Namely, in threonine case the SD value exceeds the whole tested concentrations range. In other words, even the arbitrary HPLC method can confuse the two samples from the beginning and the end of concentrations range and give the same results. The solution of this problem is enlarging the range of measured concentrations to minimize the influence of measurement uncertainty. However, it leads to second difficulty.

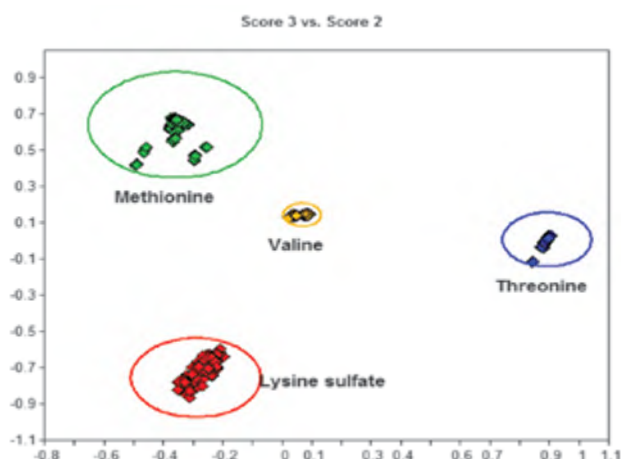
While all the producers declare the 100% amino acid' content in crystalline forms they sell, the real content is

Table 1. Chemometrics and model parameters for amino acids' calibration set

Amino acid	Samples number	Concentration range, %		SEC	R^2	RMSEP	RMSEE	SD	RPD
		min	max						
L-Lysine	208	48,52	78,93	0,607	97,78	0,673	0,607	4,07	6,71
L-Methionine	60	94,74	99,91	0,740	97,98	1,191	0,806	2,21	5,56
L-Threonine	96	78,04	99,95	0,587	98,25	0,864	0,586	2,45	6,11
L-Valine	51	93,14	99,73	0,333	93,26	0,513	0,331	1,29	3,87
L-Isoleucine	20	84,61	96,57	0,819	90,74	0,935	0,808	2,69	3,29

*SEC — standard error of calibration, R^2 — correlation coefficient, RMSEP — the models' standard error of prediction, RMSEE — the models' standard error of evaluation, SD — standard deviation, RPD — residual prediction deviation.

Fig. 2. The 2D score plot of amino acids' samples for PC3 and PC2 factors



lower due to impurities. The latter naturally present in different quantity, depending on ways of synthesis and final product purification. Excluding the cases with falsification, the average content of amino acids is almost the same and do not allow the concentrations range enlargement by real samples. At the same time the introduction of artificial mixtures with known second component is also impossible due to significant changes of the amino acid spectrum.

Even the high content of impurities in measured "as is" sample can result in big spectral pattern difference compared to average (Fig. 2).

Nevertheless, obtained chemometric models demonstrate accurate prediction of amino acids' content in their crystalline forms confirming the high robustness and

applicability of used calibration equations. Moreover, the prediction error (RMSEP) of the developed calibration model does not exceed reproducibility limits of the reference HPLC method according to ISO 17180 and ISO 13903.

Application of FT-NIR spectroscopy for identification and quantification of amino acids is a convenient and powerful tool with a great potential for rapid routine analysis of incoming feedstuff. The advantage is not only in short processing time but also in a possibility of the quality screening allowing quality improvement and optimum feed formulation by choosing the right raw materials supplier.

Despite the moderate correlation coefficients values for valine and threonine, all the developed calibration models allow FT-NIR determination of amino acids' content with a prediction error lower than reproducibility limits of the reference HPLC method according to ISO 17180 and ISO 13903. Yet, our future work will be directed on further improvement of calibration models by the continuous updating and enlarging samples' data set.

Выводы/Conclusion

The possibility of qualitative recognition with subsequent quantification of 4 essential amino acids (L-methionine, L-lysine, L-threonine and L-valine) by Fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy was shown. The data obtained by partial least-squares (PLS) regression calibration models were confirmed with high-performance liquid chromatography (HPLC) used as a reference method. The FT-NIR predictions were in good agreement with HPLC data and had residual predictive deviation (RPD) values >3.29 in all cases. The obtained results indicate that FT-NIR spectroscopy could be used as a simple, fast and low-cost tool for the control of supplied feed-used amino acids.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данное исследование было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках реализации специальной части гранта Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» для развития Российского государственного аграрного университета — МСХА им. К. А. Тимирязева (соглашение № 075-15-2023-220 от 21 февраля 2023 года).

FUNDING

This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the implementation of a special part of the grant of the Strategic Academic Leadership Program "Priority 2030" for the development of the Russian State Agrarian University — named after K. A. Timiryazev (agreement No. 075-15-2023-220 dated February 21, 2023)."

References

- Selle P.H., Macelline S.P., Chrystal P.V., Liu S.Yu. The Impact of Digestive Dynamics on the Bioequivalence of Amino Acids in Broiler Chickens. *Frontiers in Bioscience-Landmark*. 2022; 27(4): 126. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2704126>
- Ji Yu., Hou Yu., Blachier F., Wu Z. Editorial: Amino acids in intestinal growth and health. *Frontiers in Nutrition*. 2023; 10: 1172548. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1172548>
- Wu G. Dietary requirements of synthesizable amino acids by animals: a paradigm shift in protein nutrition. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2014; 5: 34. <https://doi.org/10.1186/2049-1891-5-34>
- de Lange C.F.M., Pluske J., Gong J., Nyachoti C.M. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*. 2010; 134(1–3): 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.06.117>
- Hermann T. Industrial production of amino acids by coryneform bacteria. *Journal of Biotechnology*. 2003; 104(1–3): 155–172. [https://doi.org/10.1016/s0168-1656\(03\)00149-4](https://doi.org/10.1016/s0168-1656(03)00149-4)
- Rosales A., Galicia L., Oviedo E., Islas C., Palacios-Rojas N. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for Protein, Tryptophan, and Lysine Evaluation in Quality Protein Maize (QPM) Breeding Programs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011; 59(20): 10781–10786. <https://doi.org/10.1021/jf201468x>
- Fontaine J., Schirmer B., Hörr J. Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents. The results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran, middlings, rice bran, and sorghum. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002; 50(14): 3902–3911. <https://doi.org/10.1021/jf011637k>
- Fontaine J., Hörr J., Schirmer B. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy Enables the Fast and Accurate Prediction of the Essential Amino Acid Contents in Soy, Rapeseed Meal, Sunflower Meal, Peas, Fishmeal, Meat Meal Products, and Poultry Meal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001; 49(1): 57–66. <https://doi.org/10.1021/jf000946s>
- Rännar S., Lindgren F., Geladi P., Wold S. A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. Part 1: Theory and algorithm. *Journal of Chemometrics*. 1994; 8(2): 111–125. <https://doi.org/10.1002/CEM.1180080204>
- Kumaravelu C., Gopal A. A review on the applications of Near-Infrared spectrometer and Chemometrics for the agro-food processing industries. *2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)*. 2015; 8–12. <https://doi.org/10.1109/TIAR.2015.7358523>
- Westad F., Marini F. Validation of chemometric models — A tutorial. *Analytica Chimica Acta*. 2015; 893: 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.06.056>

ОБ АВТОРАХ

Николай Петрович Буряков¹

доктор биологических наук, профессор
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Мария Алексеевна Бурякова¹

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
m.buryakova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4350-5725>

Сергей Олегович Шаповалов^{1, 2}

¹доктор биологических наук, профессор;
²директор
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Елена Вячеславовна Корнилова²

кандидат сельскохозяйственных наук
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Дмитрий Валерьевич Паламарчук²

специалист по инструментальным методам испытаний
d.palamarchuk@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0002-8887-0969>

Александр Евгеньевич Журавлев¹

аспирант
alessandroguru@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0237-5821>

Роман Александрович Донец¹

аспирант
r.donetc@chsrkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0003-5005-1842>

Салех Хатем¹

аспирант
hatemsaleh193@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-1930-808X>

Тристан Дмитриевич Алтухов¹

магистр
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

¹Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 54, Москва, 127434, Россия

²ООО НИЦ «Черкизово», ул. Дорожная, 14, дер. Яковлевское, Москва, 143340, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Nilolay Petrovich Buryakov¹

Doctor of Biological Sciences, Professor
kormlenieskota@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6776-0835>

Maria Alekseevna Buryakova¹

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
m.buryakova@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4350-5725>

Sergei Olegovich Shapovalov^{1, 2}

¹Doctor of Biological Sciences, Professor;
²Director
s.shapovalov@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0000-0002-5630-5247>

Elena Vyacheslavovna Kornilova²

Candidate of Agricultural Sciences
e.kornilova@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0009-9753-5952>

Dmitry Valerievich Palamarchuk²

Specialist in Instrumental Test Methods
d.palamarchuk@cherkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0002-8887-0969>

Aleksandr Evgenievich Zhuravlev¹

Graduate Student
alessandroguru@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0237-5821>

Roman Aleksandrovich Donets¹

Graduate Student
r.donetc@chsrkizovo.com
<https://orcid.org/0009-0003-5005-1842>

Saleh Hatem¹

Graduate Student
hatemsaleh193@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-1930-808X>

Tristan Dmitrievich Altukhov¹

Magister
tristansochi@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-4323-6529>

¹Russian State Agrarian University — K.A. Timiryazev Agricultural Academy, 54 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

²LLC Research and Testing Center «Cherkizovo» Cherkizovo, 14 Dorozhnaya Str., Yakovlevskoye village, Moscow, 143340, Russia

УДК: 63.5995

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-95-101

Alexandre Congera^{1, 2} ✉
 Barry Mamadou²
 Joseph Nyambose²
 Mikhail P. Basakin³
 Nazih Ya. Rebukh²
 Valentin V. Vvedensky²

¹Burundi Institute of Agricultural Sciences,
 Bujumbura, Burundi

²Peoples' Friendship University of Russia
 (RUDN University), Moscow, Russia

³Federal Research Center Nemchinovka,
 Novoivanovskoye, Moscow region, Russia

✉ ac286448@gmail.com

Received by the editorial office:
 08.10.2023

Accepted in revised:
 20.11.2023

Accepted for publication:
 04.12.2023

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-95-101

А. Чонгера^{1, 2} ✉
 Б. Мамаду²
 Д. Ньямбосе²
 М.П. Басакин³
 Н.Я. Ребукх²
 В.В. Введенский²

¹Институт агрономических наук,
 Бужумбур, Бурунди

²Российский университет дружбы народов,
 Москва, Россия

³Федеральный исследовательский
 центр «Немчиновка», Новоивановское,
 Московская обл., Россия

✉ ac286448@gmail.com

Поступила в редакцию:
 08.10.2023

Одобрена после рецензирования:
 20.11.2023

Принята к публикации:
 04.12.2023

Effect of chemical plant protection products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia

ABSTRACT

Relevance. The use of phytosanitary means to ensure high and stable yields of winter wheat is one of the tasks of growing winter wheat. Field experiments were conducted in 2021 and 2022 at the Federal Research Center “Nemchinovka” in the central non-chernozem zone of the Moscow region.

Methods. The aim of the study is to evaluate the effect of various plant protection preparations on the productivity and quality of winter wheat varieties by intensity levels: basic (the purpose of using the biological potential of the variety by more than 50%), intensive (involving the use of intensive varieties and the creation of conditions for a more complete realization of their biological potential) and high-intensity (a set of measures aimed at ensuring the realization of the potential of the variety is more than 85%). Treatments included fertilizers, pesticides and growth regulators in various combinations and concentrations.

Results. Three varieties of winter wheat were studied: Nemchinovskaya 85, Moskovskaya 40 and Moskovskaya 27. Insecticides (Picus 1.0 l/t, Danadim Power 0.6 l/ha, Picus 1.0 l/t + Danadim Power 0.6 l/ha, Picus 1.0 l/t + Vantex 60 ml/ha, Picus 1.0 l/t + Vincit forte 1.5 l/t and Picus 0.7 l/t + Vantex 50 ml/ha), fungicides (Impact Exclusive 0.75 l/ha, Alto Super 0.5 l/ha, Consul, CS 0.8 l/ha + Consul 1.0 l/ha and Consul, CS 0.8 l/ha), herbicides (Aton 0.06 kg/ha + Agroxon 0.5 l/ha + Foxtrot 1.0 l/ha, Exactly Extra 35 g/ha + Foxtrot 1.0 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha, Tandem 0.03 kg/ha + Foxtrot 1.0 l/ha, Tandem 30 g/ha + Foxtrot Extra 0.4 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha and Lintur 180 g/ha) have confirmed their effectiveness. Nemchinovskaya 85 increased yield by 1.14–3.10 t/ha, Moscow 27 — by 0.64–3.62 t/ha, Moscow 40 — 0.71–3.21 t/ha.

Key words: winter wheat, grain yield, phytosanitary products, wheat productivity, wheat varieties, non-chernozem zone

For citation: Congera A., Mamadou B., Nyambose J., Basakin M.P., Rebukh N.Ya., Vvedensky V.V. Effect of chemical plant protection products on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of Central Non-Chernozem region of Russia. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 95–101. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-95-101>

© Chongera A., Mamadou B., Nyambose J., Basakin M.P., Rebukh N.Ya., Vvedensky V.V.

Влияние фитосанитарных препаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья России

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Использование фитосанитарных средств для обеспечения высоких и стабильных урожаев одна из задач выращивания озимой пшеницы. Полевые эксперименты проводились в 2021 и 2022 годах в Федеральном исследовательском центре «Немчиновка» в центральной нечерноземной зоне Московской области.

Методы. Цель исследования — оценить влияние различных препаратов защиты растений на продуктивность и качество сортов озимой пшеницы по уровням интенсивности: базовый (цель использования биологического потенциала сорта более чем на 50%), интенсивный (предполагают использование интенсивных сортов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала) и высокоинтенсивный (комплекс мероприятий, направленных на обеспечение реализации потенциала сорта более 85%).

Обработки включали удобрения, пестициды и регуляторы роста в различных комбинациях и концентрациях.

Результаты. Изучены три сорта озимой пшеницы: Немчиновская 85, Московская 40 и Московская 27. Инсектициды (Пикус 1,0 л/т, Данадим Пауэр 0,6 л/га, Пикус 1,0 л/т + Данадим Пауэр 0,6 л/га, Пикус 1,0 л/т + Вантекс 60 мл/га, Пикус 1,0 л/т + Винцит форте 1,5 л/т и Пикус 0,7 л/т + Вантекс 50 мл/га), фунгициды (Импакт Эксклюзив 0,75 л/га, Альто Супер 0,5 л/га, Консул, КС 0,8 л/га + Консул 1,0 л/га и Консул, КС 0,8 л/га), гербициды (Атон 0,06 кг/га + Агроксон 0,5 л/га + Фокстрот 1,0 л/га, Аккурат Экстра 35 г/га + Фокстрот 1,0 л/га + Агроксон 0,5 л/га, Тандем 0,03 кг/га + Фокстрот 1,0 л/га, Тандем 30 г/га + Фокстрот Экстра 0,4 л/га + Агроксон 0,5 л/га и Линтур 180 г/га) подтвердили свою эффективность. Немчиновская 85 увеличила урожайность на 1,14–3,10 т/га, Московская 27 — на 0,64–3,62 т/га, Московская 40 — 0,71–3,21 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность зерна, фитосанитарная продукция, урожайность пшеницы, сорта пшеницы, нечерноземная зона

Для цитирования: Чонгера А., Мамаду Б., Ньямбосе Д., Басакин М.П., Ребукх Н.Я., Введенский В.В. Влияние фитосанитарных препаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья России. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 95–101 (In English). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-95-101>

© Чонгера А., Мамаду Б., Ньямбосе Д., Басакин М.П., Ребукх Н.Я., Введенский В.В.

Введение/Introduction

These last years, grain is the most important part of the world agricultural economy. The food security and well-being of countries are ensured by the level of cereal production as well as the capacity to increase the economic and political importance of the State in the world community [1].

Grain occupies the first place in the human diet and is essential for animal feed. According to the food and agricultural organization of the United Nations¹, world wheat production is about 770,87 million tons on a harvested area of 220,76 million ha. China, India, Russia and the United States occupy more than 50% of the total area of cereals cultivated in the world [2].

Research has shown that wheat is one of the oldest crops on the planet [3]; in Europe and Asia, it began to be cultivated in prehistoric times. More than 6.5 thousand years ago, wheat was known in Iraq, Egypt and Asia Minor, it was sown for 6000 years BC, for 3000 years BC, wheat was sown in China, Turkmenistan, Georgia, Armenia and Azerbaijan, and traces of its cultivation in the 4th millennium BC [4, 5].

The Russian Federation is currently one of the largest producers and exporters of soft wheat [6].

The total area occupied by winter and spring wheat is constantly expanding and amounts to about 28.9 million ha area harvested².

There has been a significant increase in the yield of winter and spring wheat varieties over the past two decades, due to the introduction and development of new high-yielding wheat cultivars. Winter wheat occupies the main sowing areas in Europe and the United States, while spring wheat predominates in the Russian Federation and Canada. Wheat has been shown to be one of the most important, valuable, and productive grain crops. The grain of wheat provides a major share of protein (20%), calorie intake (19%) from consumption and carbohydrate (80%) content for the world's population, and the value and need to increase the production is recognized widely [7]. It is widely used with spring wheat, in the bakery, pasta, confectionery industry.

Several measures and methods of caring for winter wheat crops should be applied to achieve a higher grain yield. These maintenance measures and methods therefore aim to create conditions guaranteeing better plant safety during the autumn-winter and spring-summer periods. To achieve this, plant protection is mandatory for the cultivation of high-quality winter wheat to prevent crop losses due to pests, diseases, and weeds at minimal cost.

Crop protection has been an ancestral concern since the first agricultural peoples. In the eighth century BC, plant extracts were used to protect grain stocks and biological control methods were already in use in Chinese orchards. Protection strategies were then essentially based on mechanical and biological control. During the 19th century, pathogens carried by commercial expansion caused a succession of dramatic events for crops and populations, thus reinforcing the need for protection.

At the end of the Second World War, the marketing of synthetic substances generated new hope for direct struggle and extermination. Chemical control has

remained the spearhead of crop protection since the middle of the 20th century.

The global strategy for the development of agricultural production has contributed for more than 50 years to a considerable increase in the use of agricultural inputs, in particular synthetic pesticides, to reach today 2.5 million tons used each year.

The use of comprehensive protection measures against pests, weeds and diseases ensures obtaining high yields and high-quality grain products. By effectively using phytosanitary products, the production of food grain winter wheat can be increased by 1.5–2 times. The protection of winter wheat crops appears as a sustainable strategy for plant protection against crop pests, satisfying the economic, ecological and health requirements facing agriculture. The use of herbicides, fungicides and insecticides is one of the important factors in the intensification of cereal production.

The aim of this research is to substantiate the prospects of using plant protection products to improve grain yield and quality of grain and to mitigate the adverse effects of pathogens responsible for winter wheat disease, when grown in the Central Non-Chernozem region of Russia.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

The research was carried out in 2021–2022 on the grounds of the Federal Research Center “Nemchinovska” in the Moscow region. The experimental field station of the Federal Research Center “Nemchinovskaya” is in the usual conditions of the non-Chernozem zone for the central region of the Russian Federation.

The soil is medium sodo-podzolic loam. To record the initial characteristics of this soil, samples were taken randomly from different locations at 0–15 cm. Field experiments were conducted on fields no 2 and 5 of a five-field rotation. A field survey conducted in 2020 and 2021 showed that the soil was characterized by a reaction that was within the limits of pHsalt 4.3–5.7.

Mobile phosphorus content was 155–316 mg/kg, mobile potassium availability was (125–181 mg/kg)³.

Climatic Conditions

Weather conditions for winter crops were generally described as favorable. The hydrothermal coefficient of the winter wheat growing season was 1.50–1.52 i. e. the year of water supply was optimal. In September–early November in 2021–2022, an average daily air temperature of 5–9.7 °C (Fig. 1). In winter, the plants remained in good condition, the spring conditions allowed the plants to develop normally. Snow cover established in the second decade of December with daily mean air temperature fluctuations ranging from -3.7 °C to -5.3 °C. The average annual temperature is +4.90 °C. The average temperature of the hot season (May — August) is +15.98 °C. The average temperature of the cool season (November — March) is -5.04 °C. The average precipitation from May to September is 293.3 mm. The average annual rainfall is 623.75 mm: 56% in the spring-summer season and 26% in autumn.

The experiments were carried out during 2021–2022 according to a two-factor scheme. Varieties of winter wheat (factor A) were placed in experimental variants differing

¹ <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed on 12 March 2023)

² Federal State Statistics Service. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13276> (accessed: 18 March 2023).

in the level of application of plant protection products — basic technology, intensive and high-intensity (factor B). Sowing was carried out according to the following norms: winter wheat — 5 million germinating grains per hectare.

Characteristics of winter wheat varieties (factor A):

✓ “Nemchinovskaya 85” has the following qualities: mid-season, winter-hardy, resistant to waterlogging, resistant to lodging. Resistant to major types of diseases, such as snow mold, brown rust, powdery mildew, *Septoria*. The average yield for 3 years of testing was 8.27 t/ha, the maximum yield was 11.63 t/ha. The content of protein in grain is 14.4%, gluten in flour is 33.8%;

✓ “Moskovskaya 27” has high winter hardiness, field resistance to powdery mildew, brown and stem rust, and *Septoria*. The variety is resistant to lodging, forms a larger grain and a greater number of productive shoots per unit area. The average yield for 3 years was 8.64 t/ha. Plant height — 90–95 cm. Protein content in grain — 15.5%, gluten content up to 27.2%. The nature of the grain is 816 g/l, the weight of 1000 grains was 44–47 g;

✓ “Moskovskaya 40” is highly adaptive, short-stemmed, winter-hardy, resistant to lodging, resistant to leaf rust, powdery mildew, and common smut. The protein content in grain is 15%, raw gluten in flour is 33.7%. The average yield for 5 years was 6.74 t/ha, the maximum — 7.36 t/ha. Weight of 1000 grains — 45–48 g.

Technologies (factor B):

1. Basic technologies (also called normal technologies) aim at using the biological potential of the variety to more than 50% and their link to specific conditions of the farm is carried out using adapters, which can change depending on the production conditions which prevail. They include technologies that rely on tillage and crop care systems made up of a certain number of techniques, on the use of minimum or optimal doses of fertilizers, on the use of chemical plant protection products, closely linked to economic thresholds of harmfulness of weeds,

diseases and pests. Basic technology — designed for a planned yield of 5–6 t/ha. The plant protection system is represented by a tank mixture of herbicide, insecticide, and fungicide (Lintur 180 g/ha + Danadim 1 l/ha + Impact SC 0.5 l/ha), which were applied only in autumn. In the spring protection according to the forecast.

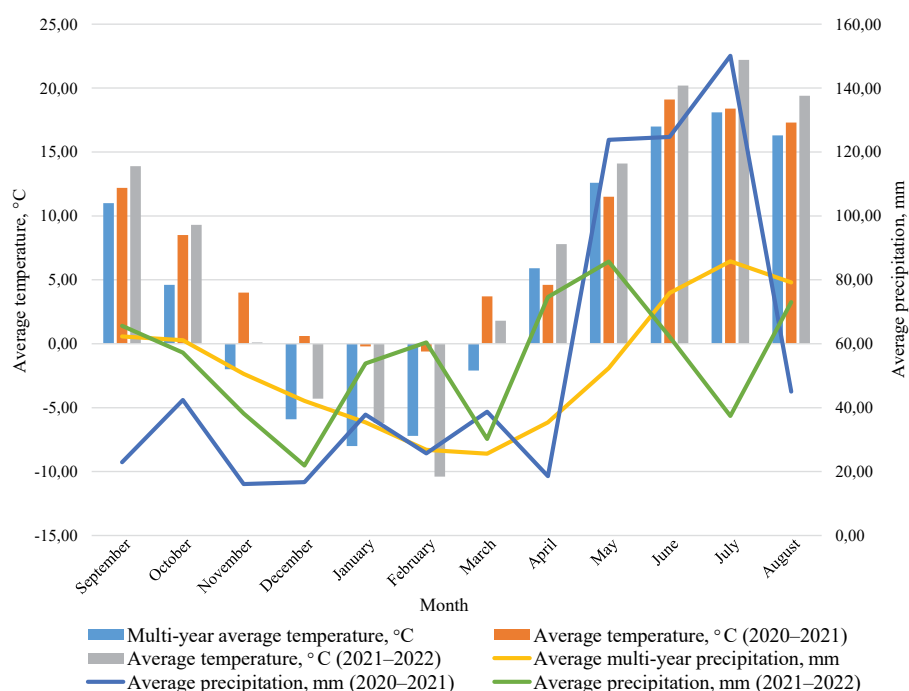
2. Intensive technologies for agricultural crops characterized by production flow, comprehensive application of intensification factors, optimal and efficient mechanization based on the biological characteristics of plant development by phases and stages of organogenesis, taking into account the requirements plants in terms of environmental conditions and satisfying them, making it possible to control the process of crop formation and the quality of products, and to schedule cultivation. Intensive technologies are characterized by the use of rational rates of fertilizers and their fractional application of based on the results of plant diagnostics, powerful chemical protection of plants from weeds, diseases and pests, closely related to the phases of plant organogenesis. Intensive technologies involve the use of intensive varieties and the creation of conditions for more complete realization of their biological potential. Intensive technology — the planned yield is 6–8 t/ha. Since autumn — plant protection products as mentioned in Table 1. Ear protection according to the forecast.

3. High-intensity (high) technologies is a set of measures aimed at obtaining the highest yield of high-quality cereals with compensation for the removal of nutrients by products that recover financial, energy and labor costs using the latest high-intensity variety base, comprehensive plant protection against diseases, weeds and pests as well as the application of fertilizers that ensure the realization of the variety's potential is more than 85%. High technology belongs to the category of precision agriculture which uses modern technologies and medicines as well as information flows. High-intensity technology — planned yield is 8–10 t/ha.

From autumn — use of plant protection products (Table 1).

For all technology options, the seeds were treated with Vincite forte 1.25 l/t (Cheminova, Russia) and Picus 1 l/t (Keminova A/S, Denmark). Spraying of crops was carried out with Amazone US-605 (Eurotechnics, Russia). Varieties of winter crops were sown on the predecessor of annual grasses on September 07, 2020 (field n° 5) and 13, 2021 (field n° 2). Field area — 2.0 ha, under experiment — 1.0 ha. The total size of the plot is 160 m², the accounting area for varieties is 30 m², the repetition is four times, the agricultural technique for cultivating winter crops is generally accepted for the Central region of the

Fig. 1. Weather conditions in 2020–2022 (“Nemchinovka” weather station)⁴



³ GOST 26207-91 Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium using the Kirsanov method as modified by TsINAQ.

⁴ Meteorological conditions of the growing season of winter crops. 2021–2022 (“Nemchinovka” weather station).

non-Chernozem zone. Preparation of the field for sowing included plowing green manure and harrowing. Cultivation to a depth of 10–12 cm. Mineral fertilizers were applied at the planned level of yield (basic 4–5 t, intensive 6–8 t, high-intensity 8–10 t/ha), cultivation to a depth of 4–5 cm with rolling (unit “Katros”). Winter wheat was sown with Amazone D9 seeder. Harvesting was carried out by direct combining with a Sampo-500 combine.

During the years of research, observations were made of the water regime, agrophysical properties, the content of nutrients in the soil, phytometric and photosynthetic parameters of plants⁵ (according to generally accepted state standards⁶).

The experiments were carried, the structure of the crop⁷, the yield of varieties, the quality of grain, protein and the nature of grain were determined according to existing methods determination of nitrogen and crude protein content⁸, method of determination of phosphorus content⁹ and flame photometric method for determination of potassium content¹⁰.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

The intensification of protective measures and the enrichment of the soil with nutrients make it possible to create optimal conditions for plants in the initial period of life and development. The prevailing weather conditions were favorable for the development of snow mold, powdery mildew, brown rust, Septoria blight, and wireworms, bedbugs, ground beetles, leafhoppers, aphids (especially on the ear) prevailed among pests. When treating seeds, Picus 0.7 l/t was used and when treating vegetative plants Vantex 0.06 l/ha.

When seeds were treated with Pikus 1.0 l/t, damage to winter and spring wheat crops by leafhoppers, Swedish fly, wireworm, grain striped flea beetle and other pests decreased (Table 2).

When vegetative plants were treated with Danadim Power 0.6 l/ha, damage to plants by wireworms decreased by 98%, by leafhoppers by 75%, by Swedish fly by 70%, by bug 98% and other pests by 99%. The biological efficiency of using Vantex 60 ml/ha against the background of seed dressing Picus 1.0 l/t was from 82 to 99% for the above pests. Thus, the use of the drug Pikus as a seed disinfectant and the treatment of crops during the growing season with insecticides Danadim Power or Vantex provides a reduction in plant damage by pests and helps to preserve the crop. This was reflected in the structure of the crop and the yield of winter wheat varieties.

Protection of plants from damage contributes to the better development of cultivated plants and the formation of high-quality grain. The drug is most effective at a dose of 1.0 l/t. Plants leave in the winter period developed, with a supply of nutrients, which ensures their successful overwintering. Yield loss of genotypes susceptible to leaf rust varied from 30% to 60% and genotypes resistant responded positively to fungicide protection, with 10–30% average yield range increases [8].

Stripe rust reduced grain yield from 24 to 39% and 1000-kernel weight and from 16 to 24%. Septoria leaf blotch

Table 1. Technology and means of Chemical plant protection products.

Technology	Plant protection products	Remark
Basic	Autumn — Lintur* 180 g/ha + + Danadim *1 l/ha + + Impact SK* 0.5 l/ha	*Syngenta, Russia * Cheminova, Russia * Cheminova, Russia
	Autumn — Lintur 180 g/ha + + Bantex 0.06 l/ha + + Impact SK 0.5 kg/ha	*Syngenta, Russia * Cheminova, Russia * Cheminova, Russia
Intensive	Spring — Danadim 1 l/ha + + Alto Super 0.5 l/ha + + Sappress 0.4 l/ha	*Cheminova, Denmark * Cheminova, Russia August, Russia Phase GS 21–22
	Spring — Foxtrot 1.0 l/ha + + Agroxon 0.5 l/ha, Sappress 0.3 l/ha	*Syngenta, Russia * Cheminova, Russia *August, Russia Phase GS 31–32 In presence of bluegrass weeds
	Spring — Impact Super 0.75 l/ha + + Danadim Power 0.6 l/ha	* Cheminova, Russia * Cheminova, Denmark
High-intensive	Autumn — Accurate Extra 35 g/ha + + Danadim Super 0.6 l/ha, Impact Exclusive 0.5 l/ha	* Ceminova, Denmark * Cheminova, Russia
	Spring — Aton 60 g/ha + + Tandem 30 g/ha, Vantex 60 ml/ha + + Sappress 0.3 l/ha	*August, Russia * Agrobiotech , Germany *FMC, Russia *August, Russia Phase GS 21–22
	Spring — Impact Exclusive 0.5 l/ha; Impact Super 0.75 l/ha + + Sappress 0.3 l/ha	* Cheminova, Russia * Cheminova, Russia *August, Russia Phase GS 31–32
	Spring — Foxtrot 1.0 l/ha + + Consul 1.0 l/ha + + Danadim Power 0.6 l/ha	* Syngenta, Switzerland * Ceminova, Denmark * Cheminova, Denmark
	Spring — Consul 1.0 l/ha + + Vantex 60 ml/ha	* Ceminova, Denmark *FMC, Russia To protect the flag leaf and ear

* Manufacturer, country.

Table 2. Biological effectiveness of insecticides on winter wheat, %

Options	Biological efficiency, %				
	Wireworm	Bug harmful turtle	Swedish fly	Leaf hoppers	Others
Picus 1.0 l/t	92.50	77.0	78.50	84.50	95.50
Danadim Power 0.6 l/ha	98.00	98.00	70.00	75.00	99.00
Picus 1.0 l/t + Danadim Power 0.6 l/ha	98.00	99.00	78.00	84.00	99.00
Picus 1.0 l/t + Vantex 60 ml/ha	95.00	94.00	82.00	96.00	99.00
Picus 1.0 l/t + Vincite forte 1.5 l/t	90.00	78.00	73.00	75.00	95.00
Picus 0.7 l/t + Vantex 50 ml/ha	91.00	90.00	77.00	91.00	94.00
Control (plant damage, %)	19.25	4.15	0.45	21.30	1.70

can cause up to 60% wheat yield loss and preventative application of Pyraclostrobin and Fluxapyroxad can increase approximately 20% wheat yield.

The development of snow mold in the spring after the snow melted was 14,75%. Further in the growing season, powdery mildew was noted about 14,8%, leaf rust 8%, Septoria — 5,85%, Fusarium head blight — 1,6% and root rot — 5,85%. The use of new generation fungicides Impact Exclusive, Alto Super, Consul effectively suppressed the development of epitaphs of fungal diseases. The best efficiency was obtained with the double application of Consul 0.8 l/ha (booting phase) and Consul 1.0 l/ha (earring phase). Biological efficiency varied by disease from 91 to 99%. Efficiency Impact Exclusive 0.75 l/ha

⁵ Experienced in field farming. Edited by G.F. Nikitenko. Moscow: Rosselkhozizdat. 1982.

⁶ Methodology of the State variety testing of agricultural crops. Moscow: 1989; VIZR methodology. 1985.

⁷ GOST 10 106-87 Field experiments with fertilizers. Order of conduct.

⁸ GOST 13496.4-93 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Methods for determination of nitrogen and crude protein content.

⁹ GOST 26657-97 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Method for determining phosphorus content.

¹⁰ GOST 30504-97 Feed, compound feed, compound feed raw materials. Flame photometric method for determining potassium content.

to a greater extent contributed to the reduction of the phytosanitary state of *Fusarium* 90,5% and *Septoria* 92,5%. Good indicators in terms of biological efficiency were also obtained in the variant with the use of Alto Super fungicide 0.5 l/ha.

The development of diseases was reduced by 82.5–94.5% (Table 3).

The development of snow mold in the control on winter wheat reached 14,75%, powdery mildew 14,8%, leaf rust 8%, *Septoria* and root rot 5,85%.

The biological effectiveness varied depending on the disease and the applied fungicide. The best efficiency was obtained when using Consul 0.8 (phase exit into the tube) and Consul 1 l/ha (heading phase). Biological efficiency varied depending on the disease and amounted to 91–99%.

Numerous studies showed the different effects of fungicides application on *Fusarium spp.* reduction; but in field experiments, the efficacy of fungicides is often examined exclusively without herbicidal protection.

Xia [9] indicated that combination of moderately resistant cultivars and fungicides reduced total deoxynivalenol by 67%, *Fusarium*-damaged kernels by 49%, *Fusarium* head blight index by 86%, and increased yield by 21–32%.

Bolanos-Carriel *et al.* [10] suggested that application of Prosaro (rothioconazole + tebuconazole) at early anthesis is the most effective fungicide treatment in reducing *Fusarium* head blight and yield loss.

The fungistatic activity against pathogens realized by Hui *et al.* (2016) in vitro against *Fusarium spp.* demonstrated that the treatment of winter wheat grains with seed disinfectants (Dividend Extreme 0.75 l/t (92 g/l difenokonazol + 23 g/l mefenoksam), Lamador 0.2 l/t (250 g/l protikonazole + 150 g/l tebuconazole), 0.6 l/t Benefis limited the development of *Fusarium* disease etiology with an efficiency of 66.8–83.5%.

The fight against weeds in modern technologies for the cultivation of new crops is relevant not only at the present time, but also in the future. We have determined the species composition of weeds on winter crops¹¹.

The following types of weeds were noted: chicken millet (33.2%), marshwort (11.6%), medium chickweed (10.3%), field violet (7.3%), white gauze (6.5 %), odorless chamomile (5.6%), field bluegrass (4.3%), broomstick (3.0%), pikulnik and gray bristles (2.2%), field yaruka, tenacious bedstraw and pharmacy fumes (1.7%), shepherd's purse (1.3%), roofing skerda, sow thistle species, medicinal dandelion, etc. from 0.4 to 1.3% (Table 4).

In experiments to study the responsiveness of new and promising varieties of winter wheat to herbicides with different cultivation technologies, Aton 60 g/ha, Accurate Extra at a dose of 35 g/ha, Tandem 30 g/ha, Agroxon 0.5 l/ha — high-intensity and intensive technologies, and Lintur 180 g/ha were used with basic technology. The biological efficiency of Tandem 0.03 kg/ha + Foxtrot 1.0 l/ha was 96–98%, Tandem 30 g/ha + Foxtrot Extra 0.4 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha — 98–99%, Accurate Extra 35 g/ha + Foxtrot 1.0 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha — 95–98%, Aton 0.06 kg/ha + Foxtrot 1.0 l/ha — 98–99%, Lintur 180 g/ha — 92–94% (Table 3).

The applied herbicides at the time of the beginning of earing and until full ripening suppressed the development of weeds well and ensured high biological efficiency. This, of course, affected the yield. According to many years

Table 3. Biological effectiveness of fungicides for winter wheat, %

Fungal diseases Options	Root rot	Snow mold	Powdery mildew	Septoria	Leaf rust	Fusarium head blight
Impact Exclusive 0.75 l/ha	64.50	81.50	78.00	92.50	85.5	90.5
Alto Super 0.5 l/ha	82.50	91.00	87.00	94.50	94.5	93.0
Consul, KS 0.8 l/ha + Consul 1.0 l/ha	91.00	95.00	98.50	98.00	99.0	97.5
Consul, KS 0.8 l/ha	87.50	90.00	92.00	93.00	95.5	93.5
Control	5.85	14.75	14.80	5.85	8.0	1.6

Table 4. The effectiveness of herbicides in winter wheat crops

Options	Number of weeds, pcs/m ²			Biological efficiency, %	
	Before processing	After processing	Before cleaning	After processing	Before cleaning
Aton 0.06 kg/ha + Agroxon 0.5 l/ha + Foxtrot 1.0 l/ha	229	4	2	98	99
Accurate Extra 35 g/ha + Foxtrot 1.0 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha	236	11	3	95	98
Tandem 0.03 kg/ha + Foxtrot 1.0 l/ha	232	10	5	96	98
Tandem 30 g/ha + Foxtrot Extra 0.4 l/ha + Agroxon 0.5 l/ha	241	5	2	98	99
Lintur 180 g/ha	231	18	13	92	94
Control	238	238	206	–	–
SSD 5%	7,5				

SSD₀₅: the smallest significant difference for the 5% significance level.

of research, it is known that when using highly effective herbicides, yield increases reach 0.7–1.5 t/ha.

The effectiveness of herbicides for winter wheat has been studied by many researchers. Several studies have been carried out by many researchers to control weeds in winter wheat crops. For effective weed control in early planting of winter wheat, wheat seeds should be treated prior to planting with a growth promoter at a rate of 50 ml/t, autumn herbicide Caliber 75 pg application, consumption rate of 50 g/ha + Trend 90 surfactant consumption rate of 0.2 l/ha in the 3rd leaf phase of wheat and a foliar application of Quantum-Grain microfertilizer at the consumption rate of 1.0 l/ha in the spring period will reduce weeds by up to 91.9% [11].

Autumn applications of herbicide mixtures of trifloxysulfuron, simazine, Smetolachlor, or mesotrione controlled resistant annual bluegrass phenotype 84 to 98% in spring. The results of studies conducted by Bobrovsky *et al.* [12] showed that the use of a mixture of Lastik Top, MKE + Magnum Super, VDG allowed a yield increase of 1.06 t/ha or 39.6% while a mixture of Lastik Extra, KE + Ballerina Super, SE — 1.08 t/ha or 40.0% relative control.

The findings of Mitkov *et al.* [13] reported that combine application of Pallas 75 WG (75 g/kg pyroxsulam) + Derby Super (150.2 g/kg florasulam + 300.5 g/kg aminopyralid-potassium) recorded the highest herbicide efficacy and the highest yield (5.78 t. ha⁻¹).

When considering the results of the action of herbicides, we confirmed that winter wheat, as a highly competitive crop, enhances the effect of herbicides on weeds, especially if wheat plants have favorable conditions for growth and development. Here, a kind of synergistic effect arises, in which the competitiveness of wheat plants in relation to weeds and the action of herbicides are mutually enhanced. Therefore, the use of herbicides in the applied cultivation technologies ensured

¹¹ Species composition of weeds in winter wheat crops (predecessor of perennial grasses) 2019–2022 (in %).

their high biological efficiency in relation to weeds and increased with higher technology.

The use of timely sowing treatments with phytosanitary products and mineral fertilizers ensured an increase in the yield of the studied varieties of winter wheat. In the 2021 year, the best response to phytosanitary products and mineral nutrition was observed in the “Moskovskaya 27” variety (Table 5).

With the basic technology, it was 6.59 t/ha; 9.9 t/ha with an increase of 3.31 t/ha (50%) at high intensity. The grain harvest per hectare of “Moskovskaya 27” increased with an increase in the level of cultivation intensification from 7.21 t/ha to 10.83 t/ha yield was 6.59 t/ha for the basic technology. The increase in yield was 2.27 t/ha (41.33%) for the intensive and 3.31 t/ha (50%) for the high intensity. On average, the “Moskovskaya 27” and “Nemchinovskaya 85” varieties gave more than 9 tons of cereals per hectare, or more than 2 t/ha more. In comparison between varieties, there is a significant increase in grain yield. The yield of the “Moskovskaya 40” variety by technology ranged from 6.13 to 9.34 t/ha. With an increase in cultivation intensity of the “Moskovskaya 40” variety, its yield increased from 8.81 t/ha to 9.34 t/ha, and the yield increase was 2.8–3.21 t/ha (44–52%) compared to basic technology.

The yield of winter wheat varieties in 2022 increased with an increase in the level of intensification of their cultivation (Table 4).

The climatic conditions of the year had a decisive influence on the level of crop yields. Years characterized by a lack of precipitation, especially in summer, as a rule, there is a shortage of grain harvest. However, the implementation of measures for the use of fertilizers and phytosanitary products made it possible to ensure the average yield of winter wheat for varieties up to 5.85–6.61 t/ha of grain respectively in technology intensive and high intensity. The increase in yield was 0.83 t/ha (16.53%) for the intensive and 1.59 t/ha (31.67%) for the high intensity.

Yields of winter wheat varieties in technologies of varying degrees of intensity has been studied by many authors.

The findings of Yuan *et al.* [14] identified application of 2% imidacloprid controlled-release granule and 0.2% imidacloprid pesticide-fertilizer controlled-release granule on winter wheat as an effective way to enhance the pesticide utilization rate and ensure adequate yield. Pesticides used to treat winter wheat increased grain yield and improved grain quality characteristics, with the best results obtained when the treatment included the plant growth promoter.

Table 5. Yields of winter wheat varieties in technologies of varying degrees of intensity, 2021 and 2022

Variety (Factor A)	Technology (Factor B)	2021			2022		
		Average Yield	Supplement to base T/ha %		Average Yield	Supplement to base T/ha %	
Nemchinovskaya 85	1	6.44	–	–	4.52	–	–
	2	9.15	2.71	42	5.66	1.14	25.2
	3	9.54	3.10	48	6.43	1.91	42.2
Average by variety		7.65	–		5.53	–	
Moskovskaya 27	1	7.21	–	–	5.91	–	–
	2	9.96	2.75	38	6.55	0.64	10.8
	3	10.83	3.62	50	7.15	1.24	20.9
Average by variety		8.56	–		6.53	–	
Moskovskaya 40	1	6.13	–	–	4.62	–	–
	2	8.81	2.68	44	5.33	0.71	15.3
	3	9.34	3.21	52	6.24	1.62	35.0
Average by variety		7.44	–		5.39	–	
Average Factor B		1	2	3	1	2	3
		6.59	9.31	9.90	5.02	5.85	6.61
Supplement to base							
T/ha		–	2.27	3.31	–	0.83	1.59
%		–	41.33	50.0	–	16.53	31.67

SSD 5% (by factor A) = 0.12 t/ha
(by factor B) = 0.10 t/ha
(according to experience) = 0.20 t/ha

Melafen in combination with the insecticide, herbicide and fungicide at different stages of winter wheat growth. Nazih Y. Rebouh *et al.* [15] showed that cultivation technology including fertilizers, pesticides and growth regulators (in different combinations and concentrations) affected productivity (“Moskovskaya 40” — 9.65 t/h, “Nemchinovskaya 17” — 8.58 t/h and “Nemchinovskaya 85” — 9.87 t/h) and wheat grain quality on all varieties studied with the highest protein content (18%) recorded in the “Nemchinovskaya 85” variety.

Выводы/Conclusion

The use of plant protection preparations has resulted in higher yields for winter wheat. This study has shown that a system of integrated phytosanitary treatments using several active molecules, fungicides, herbicides and insecticides at the different concentrations mentioned in this article, therefore ensured optimal protection against winter wheat plant diseases, insects and weeds, increased yield performance and grain quality.

Farmers' practices in winter wheat crops mostly focus on combining high-yielding cultivars with an intensive crop management system (such as intensive or high intensity technology).

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Voronov S.I., Vlasova O.I., Shtyrkhunov V.D., Govorkova S.B., Savinov E.V. The effect of growth regulators with retardant properties on the growth and development of winter wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 843(1): 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012022>
- Плескачев Ю.Н., Сарычев А.Н. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания в зоне влияния лесной полосы. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2017; (2): 111–118. <https://www.elibrary.ru/zrtddcx>

REFERENCES

- Voronov S.I., Vlasova O.I., Shtyrkhunov V.D., Govorkova S.B., Savinov E.V. The effect of growth regulators with retardant properties on the growth and development of winter wheat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 843(1): 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/843/1/012022>
- Pleskachev Yu.N., Sarychev A.N. Water safety and productivity of winter wheat in various cultivation technologies in the forest band affection zone. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2017; (2): 111–118 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zrtddcx>

3. Grădiliă M., Jalobă D., Vasile N. Researches regarding weed control in winter wheat in the context of climate changes. *Lucrări Științifice. Seria Agronomie*. 2018; 61(2): 175–180.
4. Spengler R.N. Agriculture in the Central Asian Bronze Age. *Journal of World Prehistory*. 2015; 28(3): 215–253. <https://doi.org/10.1007/s10963-015-9087-3>
5. Zhou X. *et al.* 5,200-year-old cereal grains from the eastern Altai Mountains redate the trans-Eurasian crop exchange. *Nature Plants*. 2020; 6(2): 78–87. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0581-y>
6. Zyukin D.A., Pronskaya O.N., Golovin A.A., Belova T.V. Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. *Amazonia Investiga*. 2020; 9(28): 346–355. <https://doi.org/10.34069/AI/2020.28.04.39>
7. Hawkesford M.J. *et al.* Prospects of doubling global wheat yields. *Food and Energy Security*. 2013; 2(1): 34–48. <https://doi.org/10.1002/fes3.15>
8. Morgounov A. *et al.* Yield gain due to fungicide application in varieties of winter wheat (*Triticum aestivum*) resistant and susceptible to leaf rust. *Crop and Pasture Science*. 2015; 66(7): 649–659. <https://doi.org/10.1071/CP14158>
9. Xia R., Schaafsma A.W., Wu F., Hooker D.C. The Change in Winter Wheat Response to Deoxynivalenol and Fusarium Head Blight Through Technological and Agronomic Progress. *Plant Disease*. 2021; 105(4): 840–850. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1310-RE>
10. Bolanos-Carriel C., Wegulo S.N., Baenziger P.S., Funnell-Harris D., Hallen-Adams H.E., Eskridge K.M. Effects of fungicide chemical class, fungicide application timing, and environment on Fusarium head blight in winter wheat. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 158(3): 667–679. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02109-3>
11. Шкатула Ю.М. Оцінка ефективності застосування елементів технології при вирощуванні озимої пшениці. *Polish Journal of Science*. 2020; (25–1): 12–21. <https://www.elibrary.ru/jyrzdu>
12. Sokólski M., Jankowski K.J., Załuski D., Szatkowski A. Productivity, Energy and Economic Balance in the Production of Different Cultivars of Winter Oilseed Rape. A Case Study in North-Eastern Poland. *Agronomy*. 2020; 10(4): 508. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040508>
13. Лавринова В.А., Полунина Т.С., Гусев И.В. Осеннее применение гербицидов в посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Черноземья. *Аграрная наука*. 2019; (S2): 145–149. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-145-149>
14. Yuan W.-l., Xu B., Ran G.-c., Chen H.-p., Zhao P.-y., Huang Q.-l. Application of imidacloprid controlled-release granules to enhance the utilization rate and control wheat aphid on winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020; 19(12): 3045–3053. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63240-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63240-3)
15. Ребух Н.Я., Политыко П.М., Капранов В.Н., Федорищев В.Н., Гармаш Н.Ю., Аتماчян Г.П. Влияние трех технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. в условиях Московского региона. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2020; 15(2): 113–122 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-2-113-122>
3. Grădiliă M., Jalobă D., Vasile N. Researches regarding weed control in winter wheat in the context of climate changes. *Lucrări Științifice. Seria Agronomie*. 2018; 61(2): 175–180.
4. Spengler R.N. Agriculture in the Central Asian Bronze Age. *Journal of World Prehistory*. 2015; 28(3): 215–253. <https://doi.org/10.1007/s10963-015-9087-3>
5. Zhou X. *et al.* 5,200-year-old cereal grains from the eastern Altai Mountains redate the trans-Eurasian crop exchange. *Nature Plants*. 2020; 6(2): 78–87. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0581-y>
6. Zyukin D.A., Pronskaya O.N., Golovin A.A., Belova T.V. Prospects for increasing exports of Russian wheat to the world market. *Amazonia Investiga*. 2020; 9(28): 346–355. <https://doi.org/10.34069/AI/2020.28.04.39>
7. Hawkesford M.J. *et al.* Prospects of doubling global wheat yields. *Food and Energy Security*. 2013; 2(1): 34–48. <https://doi.org/10.1002/fes3.15>
8. Morgounov A. *et al.* Yield gain due to fungicide application in varieties of winter wheat (*Triticum aestivum*) resistant and susceptible to leaf rust. *Crop and Pasture Science*. 2015; 66(7): 649–659. <https://doi.org/10.1071/CP14158>
9. Xia R., Schaafsma A.W., Wu F., Hooker D.C. The Change in Winter Wheat Response to Deoxynivalenol and Fusarium Head Blight Through Technological and Agronomic Progress. *Plant Disease*. 2021; 105(4): 840–850. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1310-RE>
10. Bolanos-Carriel C., Wegulo S.N., Baenziger P.S., Funnell-Harris D., Hallen-Adams H.E., Eskridge K.M. Effects of fungicide chemical class, fungicide application timing, and environment on Fusarium head blight in winter wheat. *European Journal of Plant Pathology*. 2020; 158(3): 667–679. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02109-3>
11. Shcatula Yu.M. Assessment of the effectiveness of the application of technological elements in the growing of winter wheat. *Polish Journal of Science*. 2020; (25–1): 12–21 (In Ukrainian). <https://www.elibrary.ru/jyrzdu>
12. Sokólski M., Jankowski K.J., Załuski D., Szatkowski A. Productivity, Energy and Economic Balance in the Production of Different Cultivars of Winter Oilseed Rape. A Case Study in North-Eastern Poland. *Agronomy*. 2020; 10(4): 508. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040508>
13. Lavrinova V.A., Polunina T.S., Gusev I.V. autumn application of herbicides in crops of winter wheat in the conditions of the central black region. *Agrarian science*. 2019; (S2): 145–149 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-2-145-149>
14. Yuan W.-l., Xu B., Ran G.-c., Chen H.-p., Zhao P.-y., Huang Q.-l. Application of imidacloprid controlled-release granules to enhance the utilization rate and control wheat aphid on winter wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2020; 19(12): 3045–3053. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63240-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63240-3)
15. Rebouh N.Ya., Polityko P.M., Kapranov V.N., Fedorishev V.N., Garmasch N.Yu., Atmachyan G.P. Impact of cultivation technologies on yield and grain quality of winter wheat *Triticum aestivum* L. in Moscow region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(2): 113–122. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-2-113-122>

ОБ АВТОРАХ

Александр Чонгера^{1,2}

аспирант

Ac286448@gmail.com

Барри Мамаду²

аспирант

mamadoukbarry90@gmail.com

Джозеф Ньямбосе²

аспирант

josephnyamz123@gmail.com

Михаил Петрович Басакин³

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

niicrnz@mail.ru

Назих Ясер Ребух²

кандидат сельскохозяйственных наук

n.rebouh@outlook.fr

Валентин Валентинович Введенский²

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

vvedenskiy-vv@rudn.ru

¹Институт сельскохозяйственных наук Бурунди (ISABU), Соборный пр-т, 795, Бужумбура, Бурунди

²Российский университет дружбы народов ул. Миклухо-Маклая, 8, корп. 2, 117198, Москва, Россия

³Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ул. Агрохимиков, 6, с. Новоивановское, Одинцовский р-н, Московская обл., 143026, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexandre Congera^{1,2}

Graduate Student

Ac286448@gmail.com

Barry Mamadou²

Graduate Student

mamadoukbarry90@gmail.com

Joseph Nyambose²

Graduate Student

josephnyamz123@gmail.com

Mikhail Petrovich Basakin³

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher

niicrnz@mail.ru

Nazih Yacer Rebouh²

Candidate of Agricultural Sciences

n.rebouh@outlook.fr

Valentin Valentinovich Vvedenskiy²

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

vvedenskiy-vv@rudn.ru

¹Institute of Agricultural Sciences of Burundi (ISABU), Cathedral Ave., Bujumbura, 795, Burundi

²Peoples' Friendship University of Russia 8 Miklukho-Maklay Str., 2 building, 117198, Moscow, Russia

³Federal Research Center «Nemchinovka», 6 Agrokhimikov Str., Novoivanovskoye, Odintsovo district, Moscow region, 143026, Russia

В.В. Бычкова ✉
О.П. Кибальник
И.А. Сазонова
О.Б. Каменева

*Российский научно-исследовательский и
 проектно-технологический институт сорго
 и кукурузы, Саратов, Россия*

✉ bychkova_vv@list.ru

Поступила в редакцию:
 14.04.2023

Одобрена после рецензирования:
 20.11.2023

Принята к публикации:
 04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-102-107

Vera V. Bychkova ✉
Oksana P. Kibalnik
Irina A. Sazonova
Olga B. Kameneva

*Russian Research and Design-Technological
 Institute of Sorghum and Corn, Saratov,
 Russia*

✉ bychkova_vv@list.ru

Received by the editorial office:
 14.04.2023

Accepted in revised:
 20.11.2023

Accepted for publication:
 04.12.2023

Влияние метеорологических условий года на биохимический состав зерна сорго

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время изучение взаимодействия этих признаков между собой — очень важная задача селекции. В работе было изучено 15 сортообразцов зернового сорго, различающихся по морфологическим параметрам, вегетационному периоду, степени созревания зерна, биохимическому составу и урожайности зерна и зеленой массы.

Цели исследования — изучение взаимодействия условий окружающей среды на урожайность и биохимический состав зерна сорго и оценка значимости этих взаимосвязей.

Методы. Исследования проводили в 2020, 2021 и 2022 гг. Годы исследований различались метеорологическими условиями (ГТК составил 0,56–0,76). Для оценки биохимического состава в зерне сорго пользовались методом спектроскопирования с применением инфракрасного анализатора Spectra Star XT. Урожайность зерна определяли по общепринятой методике.

Результаты. Результаты экспериментов обрабатывали с помощью пакета программ Agros 2.09 методом корреляционного анализа. По итогам трехлетних исследований установлена корреляционная связь биохимического состава от метеорологических условий года (сумма температур, сумма осадков, ГТК), а также значимое влияние этих признаков на урожайность зерна сорго.

Ключевые слова: сорго, зерно, биохимический состав, урожайность, корреляция, метеоусловия

Для цитирования: Бычкова В.В., Кибальник О.П., Сазонова И.А., Каменева О.Б. Влияние метеорологических условий года на биохимический состав зерна сорго. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 102–107. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-102-107>

© Бычкова В.В., Кибальник О.П., Сазонова И.А., Каменева О.Б.

Influence of meteorological conditions of the year on the biochemical composition of sorghum grain

ABSTRACT

Relevance. Currently, the study of the interaction of these traits with each other is a very important task of breeding. In the work, 15 varieties of grain sorghum were studied, differing in morphological parameters, growing season, degree of grain ripening, biochemical composition and yield of grain and green mass. *The purpose of the study* is to study the interaction of environmental conditions on the yield and biochemical composition of sorghum grain and to assess the significance of these relationships.

Methods. The studies were conducted in 2020, 2021 and 2022. The years of research differed in meteorological conditions (hydrothermal Selyaninov coefficient (SCC) was 0.56–0.76). To assess the biochemical composition in sorghum grain, the spectroscopy method was used using an infrared analyzer Spectra Star XT. The grain yield was determined according to the generally accepted method.

Results. The experimental results were processed using the “Agros 2.09” software package by the method of correlation analysis. Based on the results of three years of research, a correlation was established between biochemical composition and the meteorological conditions of the year (sum of temperatures, total precipitation, SCC), as well as a significant effect of these traits on the yield of sorghum grain.

Key words: sorghum, grain, biochemistry, productivity, correlation, weather conditions

For citation: Bychkova V.V., Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Kameneva O.B. Influence of meteorological conditions of the year on the biochemical composition of sorghum grain. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 102–107 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-102-107>

© Bychkova V.V., Kibalnik O.P., Sazonova I.A., Kameneva O.B.

Введение/Introduction

Многочисленные исследования показали, что на урожайность и качественный состав зерна и зеленой массы сельскохозяйственных культур влияют особенности климатических и погодных условий (преимущественно в период формирования и созревания зерна). Поэтому при ведении селекции на увеличение питательных характеристик в зерне сельскохозяйственных культур необходимо учитывать взаимодействие «генотип × окружающая среда» [1].

Известно, что разные типы генотипов у растений неодинаково проявляют свою чувствительность к тому или иному стрессу [2–7]. Исследования М. Титисаксула с соавторами свидетельствуют, что в некоторых случаях дефицит влаги в период развития зерна может привести к снижению содержания крахмала в связи с изменениями активности ферментов, ответственных за его биосинтез [8], а опыт Дж. Така показал, что озимая пшеница проявляет высокую восприимчивость к отрицательным температурам осенью и тепловому стрессу в период созревания зерна [9].

Содержание белка и крахмала также зависит от генотипа, метеорологических условий, плодородности почвы и других факторов окружающей среды [10–12].

Учеными из Республики Татарстан проведен анализ влияния погодных условий на урожайность зерновых культур, который показал, что она увеличивается при выпадении достаточного количества осадков в первой половине вегетации и, наоборот, снижается при высоких температурах воздуха в начале вегетационного периода [13].

Одна из сельскохозяйственных культур, которая легко адаптируется к аридизации климата и дает высокие урожаи, — сорго зерновое. Изучение влияния факторов окружающей среды на питательную ценность зерна — исключительно важная задача. Она позволяет выявить, какой из изученных гидротермических параметров оказывает наибольшее влияние на качественный состав зерна.

Цель исследований — выявление корреляционных связей между биохимическими показателями зерна сорго в фазе полной спелости и метеоусловиями (сумма температур, сумма осадков, гидротермический коэффициент), а также влияние этих показателей на урожайность зерна.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В работе оценивали биохимический состав 15 сортообразцов зернового сорго собственной селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2020, 2021 и 2022 гг. (за каждый год) (табл. 1).

Образцы различались между собой по морфометрическим параметрам, продолжительности вегетационного периода, показателям биохимического состава и урожайности зерна.

Изучаемые сортообразцы высевались на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в Саратовской области на Приволжской возвышенности, расположенной в 5 км от г. Саратова, в южной части черноземной зоны. Почва опытного поля представлена слабовыщелоченным южным черноземом, среднесуглинистым по механическому составу. Площадь делянок в питомниках конкурсного сортоиспытания — 30,8 м².

Закладка делянок и учет урожайности зерна проводились согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹ в заключительной стадии онтогенеза «полная спелость».

Фенологические наблюдения проводились согласно широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench*². Густота стояния растений скорректирована вручную (80 тыс. раст/га). Посев сортообразцов зернового сорго проводили в III декаде мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10, агротехника выращивания — зональная.

Метеоусловия складывались следующим образом: в 2020 г. средняя температура воздуха по Саратовской области составила 19,6 °С, количество осадков — 19,9 мм. Во II декаде июля и III декаде августа осадков не наблюдалось. В 2021 году за вегетационный период зафиксирована среднедекадная температура по области — 21,8 °С, количество осадков — 14,7 мм. В I декаде августа осадков не наблюдалось. В 2022 году среднее значение температуры составило 16,7 °С, за период вегетации выпало 43,3 мм осадков.

За вегетационный период «всходы — полная спелость» был рассчитан показатель увлажненности территории ГТК (гидротермический коэффициент), который

Таблица 1. Вегетационный период и характеристика агроклиматических показателей сортообразцов сорго, 2020–2022 гг.

Table 1. Growing season and characteristics of agroclimatic indicators of sorghum varieties, 2020–2022

Сортообразец	Страна	Вегетационный период, дни			Сумма температур, °С			Сумма осадков, мм			ГТК		
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
РСК Локус	Россия	95	95	95	2061,1	2244,6	2083,9	154	130,3	127,4	0,75	0,58	0,61
Азарт	Россия	96	96	96	2077,6	2260,7	2116,0	154	150,5	127,7	0,74	0,67	0,60
Гранат	Россия	95	95	95	2061,1	2244,6	2071,1	154	130,3	127,2	0,75	0,58	0,61
Жемчуг	Россия	94	93	93	2038,0	2209,1	2043,9	154	122,8	126,5	0,76	0,56	0,62
Волжское 4	Россия	105	102	102	2226,5	2348,0	2228,3	154	155,8	140,7	0,69	0,66	0,63
РСК Оникс	Россия	95	94	94	2061,1	2227,6	2099,4	154	130,3	127,5	0,75	0,58	0,61
Топаз	Россия	95	95	95	2061,1	2244,6	2083,9	154	130,3	127,4	0,75	0,58	0,61
РСК Каскад	Россия	96	97	97	2077,6	2276,8	2140,6	154	155,8	131,2	0,74	0,68	0,61
Бакалавр	Россия	97	96	96	2092,3	2260,7	2116,0	154	130,3	127,7	0,74	0,58	0,60
Камелик	Россия	95	94	94	2061,1	2227,6	2083,9	154	130,3	127,4	0,75	0,58	0,61
Кремовое	Россия	93	93	93	2013,8	2209,1	2071,1	154	130,3	127,2	0,76	0,59	0,61
Аванс	Россия	96	94	94	2077,6	2227,6	2128,3	154	130,3	131,2	0,74	0,58	0,62
РСК Кахолонг	Россия	107	112	112	2256,9	2489,3	2317,7	154	156,9	146,7	0,68	0,63	0,63
РСК Коралл	Россия	108	112	112	2271,7	2489,3	2329,8	155	156,9	154,6	0,68	0,63	0,66
Инфинити	Россия	104	103	103	2212,8	2362,2	2214,8	154	155,8	140,2	0,70	0,66	0,63

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. 1989; 194.

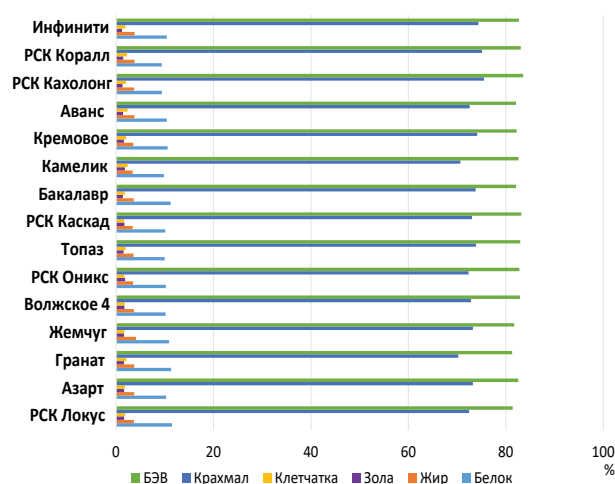
² Якушевский Е.С., Вардинов С.Г., Корнейчук В.А. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ возделываемых видов рода *Sorghum Moench*. СССР. Л. Банья (ВНР). Л.: ВНИИР им. Н.И. Вавилова (ВИР). 1982; 34.

составил: 0,68–0,76 в 2020 г., 0,56–0,68 в 2021 г., 0,60–0,66 в 2022 г. В среднем за три года исследований ГТК находился в пределах 0,64–0,68. Данный показатель свидетельствует о том, что за изученный период вегетации степень увлажненности варьировала от средне-засушливой до недостаточно влажной. Продолжительность вегетационного периода составила 95–116 дней³.

Оценка биохимического состава зерна сорго проведена на инфракрасном анализаторе Spectra Star XT модификации 2600XT-1 (Unity Scientific, США) методом спектроскопирования в трехкратной повторности. Результаты экспериментов обрабатывали с помощью пакета программ Agros 2.09 методом корреляционно-го анализа⁴.

Рис. 1. Биохимический состав сортообразцов сорго в среднем за 2020–2022 гг., %

Fig. 1. Biochemical composition of sorghum varieties on average for 2020–2022, %

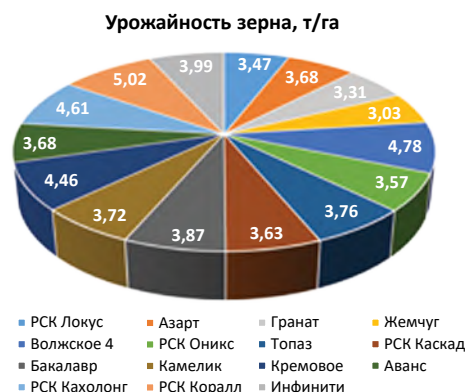


Примечание:

Значение	Белок	Жир	Зола	Клетчатка	Крахмал	БЭВ
НСР ₀₅	0,278	0,130	0,107	0,201	0,438	0,314
F _A (сорт)	121,845*	42,265*	63,394*	30,975*	256,496*	103,615*
F _B (год)	32,412*	617,173*	1607,771*	177,195*	1261,050*	1251,457*
F _{AB}	61,744*	9,649*	10,130*	8,808*	48,655*	85,385*

Рис. 2. Показатели урожайности зерна сортообразцов сорго в среднем за 2020–2022 гг., т/га

Fig. 2. Grain yield indicators of sorghum varieties on average for 2020–2022, t/ha



Результаты и обсуждение / Results and discussion

Биохимический состав зерна сорго показал значительную вариабельность изучаемых признаков в зависимости от года исследования⁵. Представленные данные (рис. 1) характеризуют среднее значение биохимического состава за три года исследований, которые показали, что содержание белка находилось в пределах 9,38–11,48%, количество жира составило 3,04–4,09%, золы — 1,22–1,84%, клетчатки — 1,64–2,37%. Количество крахмала и БЭВ составило 70,23–72,52% и 81,29–83,55% соответственно.

Важным показателем продуктивности сорта является урожайность зерна. В данных исследованиях урожайность в среднем за три года изменялась от 3,03 до 5,02 т/га.

Полученные данные биохимического состава зерна сорго были использованы в корреляционном анализе. В результате анализа выявлены сильные взаимосвязи изучаемых признаков в среднем за 2020–2022 г.

Установлено, что содержание белка в зерне сорго отрицательно коррелировало с количеством безазотистых экстрактивных веществ ($r = -0,91$) (табл. 2).

Сильная корреляция также проявлялась в 2021 г. ($-0,93$) и 2022 г. ($-0,96$). Отмечалась отрицательная корреляционная зависимость белка и крахмала в 2021 г.

Таблица 2. Существенные корреляционные связи зависимости биохимических показателей зерна сорго от метеорологических условий года

Table 2. Significant correlations between the dependence of biochemical parameters of sorghum grain on meteorological conditions of the year

Коррелирующие признаки	Год исследования			Средняя за три года
	2020	2021	2022	
Белок-крахмал	-0,18	-0,76**	-0,33	-0,43
Белок-БЭВ	0,09	-0,93**	-0,96**	-0,91**
Белок-жир	-0,23	0,62*	0,26	0,18
Белок- Σ температур	-0,17	-0,62*	-0,04	-0,62*
Белок- Σ осадков	-0,08	-0,51*	-0,46	-0,64**
Белок-урожайность	-0,30	-0,37	-0,11	-0,60*
Крахмал-БЭВ	0,60*	0,74**	0,38	0,56*
Крахмал- Σ температур	0,49	0,52*	0,02	0,62*
Крахмал- Σ осадков	0,18	0,35	0,59*	0,58*
Крахмал-урожайность	0,57*	0,22	0,03	0,61*
БЭВ- Σ температур	0,13	0,58*	0,05	0,63*
БЭВ- Σ осадков	0,03	0,52*	0,41	0,69**
БЭВ-урожайность	0,33	0,42	0,00	0,61*
Зола-крахмал	-0,76**	-0,38	-0,56*	-0,66**
Зола- Σ температур	-0,50	-0,59*	0,14	-0,53*
Зола-ГТК	0,51*	-0,25	-0,26	0,16
Зола-урожайность	-0,56*	-0,08	0,27	-0,34
Жир-зола	-0,31	-0,02	-0,76**	-0,45
Жир-БЭВ	-0,35	-0,73**	-0,31	-0,32
Σ температур- Σ осадков	0,51*	0,80**	0,46	0,94**
Σ температур-ГТК	-1,00**	0,53*	0,20	0,23
Σ температур-урожайность	0,68**	0,42	0,49	0,78**
Σ осадков-ГТК	-0,49	0,93**	0,91**	0,54*
Σ осадков-урожайность	0,68**	0,50	0,29	0,75**
ГТК-урожайность	-0,67**	0,45	0,06	0,11

* Значимо на 5%-ном уровне, ** значимо на 1%-ном уровне,
 Σ температур — сумма активных температур за вегетационный период,
 Σ осадков — сумма осадков за вегетационный период.

³ По данным химико-аналитической лаборатории ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов.

⁴ Мартынов С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ Agros 2.09. Тверь. 1999.

⁵ Сазонова И.А. и др. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022622509. Российская Федерация. Характеристика питательной ценности сорго зернового в условиях

($r = -0,76$) и положительная между белком и жиром в этот же год исследования ($r = -0,62$).

Следует отметить, что синтез белка зависит от складываемых погодных условий. Выявлена средняя и сильная отрицательная корреляция между содержанием белка и суммой активных температур, а также количеством осадков — $-0,62$ и $-0,64$ соответственно. Причем значимые зависимости этих показателей обнаружены только в условиях 2021 г. ($r = -0,62$ и $-0,51$).

В исследованиях Е.А. Семеновой на посевах сои были выявлены аналогичные проявления признака: на основе корреляционного анализа выявлена сильная отрицательная связь между содержанием белка и количеством осадков в Амурской области в период «цветение — созревание» ($r = -0,749$, $p < 0,01$), а также между содержанием белка и среднесуточной температурой воздуха за период «цветение — созревание» — в Саратовской и Оренбургской областях [14].

Примечательно, что средняя отрицательная корреляционная зависимость выявлена между белком и урожайностью в среднем за три года исследований ($r = -0,60$), в то время как в каждый из сезонов исследования значимые связи отсутствовали. Эти данные подтверждают тот факт, что сорго — засухоустойчивая культура, у которой содержание и накопление белка зависят от климатических условий.

Накопление крахмала и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) также зависело от суммы активных температур и количества осадков за вегетационный период: в среднем за три года изучения $r = 0,62$ – $0,63$ и $r = 0,58$ – $0,69$ соответственно.

Вместе с тем сопряженность содержания крахмала и метеорологических условий наблюдалась еще в условиях 2021–2022 гг. ($r = 0,52$ – $0,59$), тогда как в 2020 г. существенно значимая зависимость отсутствовала. В то же время содержание БЭВ коррелировало от погодных условий в среднем за три года и составило $0,63$ при взаимодействии с суммой температур, $0,69$ — при взаимодействии с количеством осадков. Положительная корреляционная зависимость между этими параметрами выявлена в условиях 2021 г. ($r = 0,58$ – $0,52$ соответственно). Установлено, что содержание крахмала положительно коррелирует с содержанием БЭВ в среднем за 2020–2022 гг. ($r = 0,56$) и в 2020–2021 гг. ($r = 0,60$ – $0,74$).

В работе F. DuPont и S. Altenbach представлено существенное влияние условий окружающей среды на накопление белка и крахмала в зерне пшеницы [15].

Количество золы обратно коррелировало с накоплением крахмала, что подтверждается выявленными корреляционными связями как за весь период исследований ($r = -0,66$), так и в 2020 г. и 2022-м (коэффициент корреляции составил $-0,76$ и $-0,56$ соответственно).

Установлена отрицательная значимая взаимосвязь между содержанием минеральных элементов и суммой активных температур: в среднем за 2020–2022 гг. $r = -0,53$, в 2021-м $r = -0,59$. Отмечена средняя отрицательная корреляция между золой и урожайностью исключительно в 2020 г., которая составила $-0,56$.

Следует отметить, что в условиях 2022 г. выявлена сильная сопряженность признаков содержания жира и золы: коэффициент корреляции составил $-0,76$. Сильные корреляционные связи обнаружены между жиром и БЭВ в 2021 г. — $0,73$.

Известно, что сумма активных температур находится в прямой зависимости от суммы осадков и обратной

зависимости от гидротермического коэффициента (ГТК) и, соответственно, влияет на урожайность.

Выявлена сильная положительная корреляционная связь температуры от осадков в среднем за три года и в 2021 г. ($r = 0,94$ – $0,80$), а также средняя в 2020 г. ($r = 0,51$). При этом следует отметить, что в зависимости от сезона исследований взаимодействие сопряженных признаков может проявляться по-разному. Так, наблюдается отрицательная корреляция между температурой и ГТК в 2020 г. ($r = -1,00$) и положительная корреляционная связь в 2021-м ($r = 0,53$). Высокая корреляционная зависимость выявлена по показателям урожайности зерна, которая составила $0,78$ в среднем за 2020–2023 гг., $0,68$ — в 2020 г. исследования.

Отмечаются положительные корреляционные связи между признаками сумма осадков и ГТК в среднем за три года ($r = 0,54$), в 2021 и 2022 гг., которые составили $0,93$ и $0,91$ соответственно. Одним из важных параметров, влияющих на урожайность зерна сорго, является количество осадков за вегетационный период.

В данных исследованиях выявлена положительная корреляция между этими признаками, которая составила $0,75$ в 2020–2022 гг. и $0,68$ в 2020-м.

В исследованиях Н.А. Ковтуновой с коллегами [16] выявлена аналогичная зависимость при корреляции урожайности зеленой массы суданской травы с количеством осадков ($r = 0,79$), при этом авторы отмечают среднюю отрицательную корреляционную связь со средней температурой воздуха за вегетацию ($r = -0,59$).

Сильная отрицательная корреляционная зависимость выявлена по показателям ГТК и урожайности только в 2020 г. ($r = -0,67$), что свидетельствует о высокой засухоустойчивости растений сорго.

Известны аналогичные результаты исследований по другим сельскохозяйственным культурам. Например, данные В.Ю. Селивановой показали [17], что при проведении корреляционно-регрессивного анализа была выявлена существенная зависимость урожайности зерна пшеницы от количества осадков в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. Другим примером является тесная положительная корреляционная связь между урожайностью и показателями влагообеспеченности (суммой осадков и ГТК) посевов сои, возделываемых в Нечерноземье [18].

Выводы/Conclusion

В результате полученных результатов выявлены как отрицательные, так и положительные связи между признаками биохимического состава зерна сорго и условиями окружающей среды. Обнаружены значимые отрицательные корреляционные связи между показателями белка, жира, золы и клетчатки между собой, а также в зависимости от показателей крахмала, БЭВ и метеоусловиями.

В свою очередь, отмечена средняя и высокая положительная корреляция между признаками крахмала и БЭВ от суммы температур и осадков.

Урожайность зерна находится в тесной положительной корреляционной зависимости от суммы активных температур и суммы осадков за вегетационный период. Установлено, что в условиях с недостаточным увлажнением (ГТК $0,56$ – $0,76$) сорго способно давать высокие урожаи зерна (до $5,02$ т/га).

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках тематического плана ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» согласно государственному заданию № 123020800161-6, № 123011200039-2 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

FINANCING

The work was carried out within the framework of the thematic plan of the Federal State Budgetary Educational Institution "Russian Research and Design-Technological Institute of Sorghum and Corn" according to the state task No. 123020800161-6, No. 123011200039-2 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ray C.L., Shipe E.R., Bridges W.C. Planting Date Influence on Soybean Agronomic Traits and Seed Composition in Modified Fatty Acid Breeding Lines. *Crop Science*. 2008; 48(1): 181–188. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.05.0290>
2. Cramer G.R., Urano K., Delrot S., Pezzotti M., Shinozaki K. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology*. 2011; 11: 163. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>
3. Beta T., Corke H. Genetic and Environmental Variation in Sorghum Starch Properties. *Journal of Cereal Science*. 2001; 34(3): 261–268. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0379>
4. Tester R.F., Karkalas J. The Effects of Environmental Conditions on the Structural Features and Physico-chemical Properties of Starches. *Starch*. 2001; 53(10): 513–519. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200110\)53:10<513::AID-STAR513>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200110)53:10<513::AID-STAR513>3.0.CO;2-5)
5. Matsuki J., Yasui T., Kohyama K., Sasaki T. Effects of Environmental Temperature on Structure and Gelatinization Properties of Wheat Starch. *Cereal Chemistry*. 2003; 80(4): 476–480. <https://doi.org/10.1094/CHEM.2003.80.4.476>
6. Kiprotich F.K., Cheruiyot E.K., Mwenda C.M., Wachira F.N., Owuochi J. Biochemical quality indices of sorghum genotypes from east Africa for malting and brewing. *African Journal of Biotechnology*. 2014; 13(2): 313–321. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.13184>
7. Trikoesoemaningtyas, Wirnas D., Sopandje D., Tesso T. Genotypes X environment interaction effect on nutritional quality of sorghum lines in Indonesia. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2015; 1(2): 26–31.
8. Thitisaksakul M., Jiménez R.C., Arias M.C., Beckles D.M. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *Journal of Cereal Science*. 2012; 56(1): 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.002>
9. Tack J., Barkley A., Nalley L.L. Effect of warming temperatures on US wheat yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 112(22): 6931–6936. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415181112>
10. Костина Г.И., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Кибальник О.П., Маркелов А.Н. Влияние гидротермических условий на хозяйственно полезные признаки зернового сорго. *Кормопроизводство*. 2011; (1): 30–32. <https://www.elibrary.ru/nchksj>
11. Ebadi M.R., Pourreza J., Jamaljan J., Edriss M.A., Samie A.H., Mirhadi S.A. Amino Acid Content and Availability in Low, Medium and High Tannin Sorghum Grain for Poultry. *International Journal of Poultry Science*. 2005; 4(1): 27–31. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.27.31>
12. Yi B. et al. Effect of Drought Stress During Flowering Stage on Starch Accumulation and Starch Synthesis Enzymes in Sorghum Grains. *Journal of Integrative Agriculture*. 2014; 13(11): 2399–2406. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60694-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60694-2)
13. Мустафина А.Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан. *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2019; (2): 144–153. <https://www.elibrary.ru/nimtlg>
14. Семенова Е.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование роли адаптации сои в повышении урожайности. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Благовещенск. 2019; 470.
15. DuPont F.M., Altenbach S.B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*. 2003; 38(2): 133–146. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00030-4)
16. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романюкин А.Е., Ермолина Г.М. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(3): 334–342. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342>
17. Селиванова В.Ю. Оценка влияния метеорологических факторов методом корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019; (3): 207–214. <https://www.elibrary.ru/jfhwor>
18. Тевченков А.А., Федорова З.С. Оценка пригодности различных сортов сои к возделыванию в условиях Центрального района Нечерноземья РФ. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022; 23(6): 796–804. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>

REFERENCES

1. Ray C.L., Shipe E.R., Bridges W.C. Planting Date Influence on Soybean Agronomic Traits and Seed Composition in Modified Fatty Acid Breeding Lines. *Crop Science*. 2008; 48(1): 181–188. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.05.0290>
2. Cramer G.R., Urano K., Delrot S., Pezzotti M., Shinozaki K. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology*. 2011; 11: 163. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>
3. Beta T., Corke H. Genetic and Environmental Variation in Sorghum Starch Properties. *Journal of Cereal Science*. 2001; 34(3): 261–268. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0379>
4. Tester R.F., Karkalas J. The Effects of Environmental Conditions on the Structural Features and Physico-chemical Properties of Starches. *Starch*. 2001; 53(10): 513–519. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200110\)53:10<513::AID-STAR513>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200110)53:10<513::AID-STAR513>3.0.CO;2-5)
5. Matsuki J., Yasui T., Kohyama K., Sasaki T. Effects of Environmental Temperature on Structure and Gelatinization Properties of Wheat Starch. *Cereal Chemistry*. 2003; 80(4): 476–480. <https://doi.org/10.1094/CHEM.2003.80.4.476>
6. Kiprotich F.K., Cheruiyot E.K., Mwenda C.M., Wachira F.N., Owuochi J. Biochemical quality indices of sorghum genotypes from east Africa for malting and brewing. *African Journal of Biotechnology*. 2014; 13(2): 313–321. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.13184>
7. Trikoesoemaningtyas, Wirnas D., Sopandje D., Tesso T. Genotypes X environment interaction effect on nutritional quality of sorghum lines in Indonesia. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2015; 1(2): 26–31.
8. Thitisaksakul M., Jiménez R.C., Arias M.C., Beckles D.M. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *Journal of Cereal Science*. 2012; 56(1): 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.002>
9. Tack J., Barkley A., Nalley L.L. Effect of warming temperatures on US wheat yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015; 112(22): 6931–6936. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415181112>
10. Kostina G.I., Semin D.S., Efremova I.G., Kibalnik O.P., Markelov A.N. Influence of hydrothermal conditions on economic traits of grain sorghum. *Fodder Production*. 2011; (1): 30–32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nchksj>
11. Ebadi M.R., Pourreza J., Jamaljan J., Edriss M.A., Samie A.H., Mirhadi S.A. Amino Acid Content and Availability in Low, Medium and High Tannin Sorghum Grain for Poultry. *International Journal of Poultry Science*. 2005; 4(1): 27–31. <https://doi.org/10.3923/ijps.2005.27.31>
12. Yi B. et al. Effect of Drought Stress During Flowering Stage on Starch Accumulation and Starch Synthesis Enzymes in Sorghum Grains. *Journal of Integrative Agriculture*. 2014; 13(11): 2399–2406. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60694-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60694-2)
13. Mustafina A.B. The main features of the influence of weather conditions on the productivity of grain crops in the Republic of Tatarstan. *Hydrometeorological Research and Forecasting*. 2019; (2): 144–153 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nimtlg>
14. Semenova E.A. Theoretical and experimental substantiation of the role of soybean adaptation in increasing yields. Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Blagoveshchensk. 2019; 470 (In Russian).
15. DuPont F.M., Altenbach S.B. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*. 2003; 38(2): 133–146. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00030-4](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00030-4)
16. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Ermolina G.M. Sudan grass productivity depending on meteorological conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23(3): 334–342 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342>
17. Selivanova V.Yu. Estimation of the influence of meteorological factors by correlation method on formation of the structure of the crop of spring wheat in the dry zone of the lower Volga region. *Proceedings of Nizhnevolskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2019; (3): 207–214 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/jfhwor>
18. Tsvchenkov A.A., Fedorova Z.S. Evaluation of suitability of different soybean varieties for cultivation in the conditions of the Central part of the Non-Chernozem region of the Russian Federation. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23(6): 796–804 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.796-804>

ОБ АВТОРАХ

Вера Валерьевна Бычкова

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
bychkova_vv@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0288-663X>

Оксана Павловна Кибальник

кандидат биологических наук, главный научный сотрудник
kibalnik79@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Ирина Александровна Сазонова

доктор биологических наук, главный научный сотрудник
iasazonova@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-9844-5339>

Ольга Борисовна Каменева

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
kamenewa.olga2012@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1583-7711>

Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы,
1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Vera Valerievna Bychkova

Candidate of Biological Sciences, Senior researcher
bychkova_vv@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0288-663X>

Oksana Pavlovna Kibalnik

Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher
kibalnik79@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Irina Alexandrovna Sazonova

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher
iasazonova@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-9844-5339>

Olga Borisovna Kameneva

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
kamenewa.olga2012@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1583-7711>

Russian Research and Design-Technological Institute
of Sorghum and Corn,
4 1st Institute Passage, Saratov, 410050, Russia

А.Р. Ашиев ✉
К.Н. Хабибуллин
М.В. Скулова

Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Ростовская обл., Россия

✉ arkady.ashiev@yandex.ru

Поступила в редакцию:
25.04.2023

Одобрена после рецензирования:
20.11.2023

Принята к публикации:
04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-108-113

Arkady R. Ashiev ✉
Kirill N. Khabibullin
Maria V. Skulova

“Donskoy” Agrarian Research Center,
Zernograd, Rostov Region, Russia

✉ arkady.ashiev@yandex.ru

Received by the editorial office:
25.04.2023

Accepted in revised:
20.11.2023

Accepted for publication:
04.12.2023

Влияние элементов структуры урожая на семенную продуктивность коллекционных образцов сои

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Неотъемлемая часть при создании новых сортов — изучение элементов структуры урожая коллекционных образцов, а определение их влияния на урожайность позволит включить в селекционный процесс образцы с оптимальным их соотношением.

Методы. Исследования проводились на полях «АНЦ «Донской»» в 2019–2021 гг. в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (2019 г.) и Методикой полевого опыта (2012 г.). Объекты исследований — 85 образцов сои из мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИГРР) отечественной и зарубежной селекции.

Результаты. Наиболее урожайными были образцы с высотой растений 55–70 см, высотой прикрепления нижнего боба 16–17 см и 20–21 см, количеством ветвей 1,0–1,5 шт/раст, количеством бобов 30–35 шт/раст, количеством семян 65–70 шт/раст, массой 1000 семян 140–150 г и 190–200 г, массой семян с растения 11–12 г, периодом вегетации 112–114 дней, содержанием белка 39,0–39,5%, содержанием жира 21,0–21,5%.

Ключевые слова: соя, коллекция, сорт, урожайность, корреляция, зависимость, вариация

Для цитирования: Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Влияние элементов структуры урожая на семенную продуктивность коллекционных образцов сои. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 108–113. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-108-113>

© Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В.

The influence of crop structure elements on the seed productivity of soybean collection samples

ABSTRACT

Relevance. An integral part in the creation of new varieties is the study of the elements of the crop structure of collection samples, and the determination of their impact on yield will allow the inclusion of samples with their optimal ratio in the breeding process.

Methods. The research was carried out in the fields of the “Donskoy” Research Center in 2019–2021 in accordance with the Methodology of the State Variety Testing (2019) and the Methodology of Field Experience (2012). The objects of research are 85 soybean samples from the world collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIGRR) of domestic and foreign breeding.

Results. The most productive were samples with plant height 55–70 cm, attachment height of the lower bean 16–17 cm and 20–21 cm, number of branches 1.0–1.5 pcs/rast, number of beans 30–35 pcs/rast, number of seeds 65–70 pcs/rast, weight of 1000 seeds 140–150 g and 190–200 g, weight of seeds from a plant 11–12 g, period vegetation period is 112–114 days, protein content is 39.0–39.5%, fat content is 21.0–21.5%.

Key words: soybean, collection, variety, yield, correlation, dependence, variation

For citation: Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V. The influence of crop structure elements on the seed productivity of soybean collection samples. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 108–113 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-108-113>

© Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V.

Введение/Introduction

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) — ценнейшая продовольственная культура в мировом земледелии [1].

Соевые бобы используются в пищевой и комбикормовой промышленности, при глубокой переработке получают кормовые добавки и белковые изоляты, а также в фармацевтической и медицинской промышленности [2].

Благодаря азотфиксирующим симбиотическим бактериям растение сои может усваивать атмосферный азот и служит для последующих культур хорошим предшественником. Соя довольно успешно используется в качестве зеленого удобрения [3].

Изменяющиеся погодно-климатические условия различных районов нашей страны предъявляют новые требования к исходному материалу в связи с созданием высокоадаптивных сортов. Для конкретного региона необходим селекционный материал, сочетающий в себе высокую семенную продуктивность, устойчивость к экстремальным факторам среды и устойчивость к болезням и вредителям [4].

Ученые вынуждены вести селекционный процесс по созданию сортов сои для богарного земледелия. Несмотря на большую проделанную работу селекционеров, современный сортовой состав сои по-прежнему подвержен сильному влиянию погодно-климатических условий [5]. Повышенный температурный режим воздуха в сочетании с недостаточным количеством влаги ведет к опаданию генеративных органов и, как следствие, снижению и потере урожайности (на 14–58%) [6].

Ростовская область — зона неустойчивого увлажнения. В связи с этим возникают определенные риски по сбору запланированного урожая. Недостаточная влагообеспеченность посевов в период «цветение — бобообразование» критически сказывается в конечном итоге на урожае семян [7].

В настоящее время селекционные исследования зернобобовых культур, в том числе и сои, в основном направлены на повышение урожайности сортов, содержание белка и жира в зерне и устойчивости к неблагоприятным факторам среды, а также пластичности и адаптивности [8].

Изучение коллекционного материала — это неотъемлемая часть селекционного процесса для создания новых сортов сои. Продуктивное развитие производства соевых бобов предполагает детальное исследование генотипов данной культуры для повышения конечного результата селекционной работы. Сохранение, скрининг и вовлечение в гибридизацию новых коллекционных образцов сои позволяют увеличить в будущих сортах урожайность, продуктивность и другие хозяйственно ценные признаки и свойства [9].

Цели исследований — выяснить степень влияния элементов структуры урожая на семенную продуктивность коллекционных образцов сои и выявить оптимальные их показатели.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводили на полях лабораторий селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской»» в 2019–2021 гг.

Почва представлена черноземом обыкновенным мощным карбонатным тяжелосуглинистым. Предшественник — озимая пшеница.

Объекты исследований — коллекционные образцы сои из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург, Россия).

Исследования проводились на 85 образцах, различающихся по морфобиологическим и хозяйственно ценным признакам (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и элементы ее структуры коллекционных образцов сои (среднее за 2019–2021 гг.)

Table 1. Yield and elements of its structure of soybean collection samples (average for 2019–2021)

Образец (происхождение)	Страна происхождения	Урожайность, т/га	Период вегетации, дни	Высота, см		Количество на растении, шт.			Масса, г	
				растений	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	1000 семян	семян с одного растения
Cordoba	Австрия	1,06	118,0	51,1	14,7	2,5	26,2	53,6	182,9	9,85
SG KEA	Австрия	1,07	118,7	61,5	17,4	2,3	17,2	35,7	154,0	5,42
Madison	Австрия	1,16	115,3	61,2	15,1	2,1	29,7	54,7	135,2	7,67
Анандо	Австрия	1,05	123,7	69,1	18,4	1,6	23,1	42,1	144,1	6,22
SG Калао	Австрия	1,23	122,3	68,9	18,3	1,6	18,5	24,3	175,5	4,35
Ясельда	Беларусь	1,15	122,7	75,6	22,9	1,5	20,1	38,5	179,0	7,13
Cotas	Венгрия	1,30	121,3	71,6	19,7	1,5	21,2	38,8	145,8	5,66
Жанская	Казахстан	0,96	117,0	64,9	19,2	1,3	23,2	38,1	150,9	5,85
Alta	Канада	1,19	123,3	58,9	12,9	3,0	30,4	61,4	158,2	10,1
Emperor	Канада	1,17	120,3	55,9	12,6	2,4	22,3	41,1	185,5	8,34
Premia	Канада	1,24	116,0	58,7	19,8	2,4	29,2	56,1	156,6	8,68
Им 55-2	Канада	1,27	119,3	54,3	17,5	2,4	31,4	62,1	147,4	9,60
Кофу	Канада	1,42	119,0	52,9	14,6	2,1	28,5	55,6	198,6	11,3
МДТ-2	Канада	1,13	121,0	66,9	19,9	1,9	27,9	55,9	130,6	7,79
МДТ-4	Канада	1,27	118,3	56,7	17,3	1,8	20,6	45,3	147,5	6,53
МДТ-7	Канада	1,52	115,3	56,5	18,9	1,2	18,0	42,7	131,8	5,61
Зельда	Канада	1,18	123,7	61,9	18,3	1,3	15,3	29,1	161,0	4,94
CBX 14 TOOC 3	Канада	1,46	114,0	58,4	18,0	1,2	19,9	39,8	149,0	5,91
PR 110 5302041	Канада	0,91	110,3	54,0	12,4	1,9	29,3	46,8	160,2	7,77
Antuxiaoneidou	Китай	1,63	115,0	60,1	18,0	1,3	30,7	39,3	175,0	7,12
Pin GD4192	Китай	1,15	125,7	72,4	22,3	0,8	18,8	38,6	178,7	7,05
Зодиак	Молдова	1,74	117,3	63,6	20,5	2,1	31,9	56,6	169,2	9,42
Лумина	Молдова	1,45	121,7	70,2	13,8	2,0	40,5	76,1	145,9	11,4
Бессарабка 3	Молдова	1,50	123,7	56,3	19,5	3,1	32,2	63,7	148,5	10,3
Клеопатра	Польша	1,23	118,0	63,8	21,2	0,8	22,5	38,9	166,5	6,45
Октябрь 70	Россия	1,42	124,3	59,0	21,6	1,7	22,8	51,2	148,5	8,40
Азовская	Россия	1,03	124,7	55,5	21,4	1,4	23,1	32,2	160,0	5,66
Альба	Россия	1,25	120,0	73,5	23,0	0,8	16,8	27,8	167,7	4,72
Веселовская 3	Россия	0,96	120,0	72,0	21,8	0,8	19,4	36,4	151,7	5,36
Весточка	Россия	0,88	121,0	63,4	19,4	1,5	22,5	39,0	150,0	5,58
ВНИИОЗ-1	Россия	1,54	122,3	72,5	20,7	1,3	24,0	44,5	164,1	7,40
Дива	Россия	1,10	129,0	67,0	23,1	1,5	20,9	48,7	152,0	7,63
Дон 21	Россия	1,12	123,0	64,0	19,2	3,0	29,3	58,9	150,7	9,10
Дончанка	Россия	1,44	123,3	60,1	20,4	2,0	24,8	52,7	143,2	8,08
Зара	Россия	1,46	120,3	66,0	23,4	1,3	19,4	34,7	155,5	5,69
Зерноградская 2	Россия	1,07	121,7	64,9	18,2	1,8	24,6	44,4	160,2	7,63
Иристон	Россия	1,21	120,0	66,1	17,4	3,1	31,9	51,8	165,2	8,59
Л-3681	Россия	1,33	125,0	80,3	23,6	0,6	19,2	28,3	188,7	5,29
Л-8653	Россия	1,53	118,7	69,1	16,3	1,6	26,7	55,8	119,7	5,97
Ласточка	Россия	1,10	127,7	66,5	21,2	1,5	19,4	34,0	149,2	5,40
Лика	Россия	1,58	124,7	66,7	20,8	1,0	28,4	48,5	149,1	7,69
Линия 504/11	Россия	0,79	121,0	77,0	21,3	2,2	34,4	57,7	149,6	9,62
Линия 697-11	Россия	1,42	117,0	62,0	16,8	2,0	33,6	65,4	136,6	8,81
Линия 568/11	Россия	0,81	116,0	70,0	18,8	2,0	24,6	48,0	127,0	6,09
Линия 696/11	Россия	1,07	123,7	83,2	19,4	2,1	26,1	49,6	171,6	8,30
Лира	Россия	0,86	112,0	66,5	20,7	0,7	21,1	40,2	158,4	6,34
Маньчжеская	Россия	1,37	122,3	62,3	18,3	1,6	23,2	39,4	173,1	7,23

(Продолжение таблицы 1. на след. стр.)

(Таблица 1. Продолжение)

Образец (происхождение)	Страна происхождения	Урожайность, т/га	Период вегетации, дни	Высота, см		Количество на растении, шт.			Масса, г	
				растений	прикрепления нижнего боба	ветвей	бобов	семян	1000 семян	семян с одного растения
Олимпия	Россия	1,60	113,3	56,9	15,0	1,2	22,6	45,8	142,1	6,67
Пума	Россия	1,47	113,3	68,1	17,0	1,2	22,8	47,0	155,0	7,27
Рента	Россия	1,19	124,0	62,1	19,5	1,6	24,6	51,1	156,4	8,02
РЖТ Шуна	Россия	1,21	118,7	58,5	12,1	2,1	37,1	73,8	141,6	10,8
РЖТС Форза	Россия	1,22	117,7	56,0	14,3	1,4	26,7	48,5	144,0	6,93
Селекта 101	Россия	1,66	122,0	64,5	22,1	1,3	19,9	44,8	146,7	7,35
Селекта 201	Россия	1,41	120,3	67,8	21,3	2,5	26,2	46,5	144,2	6,84
Селена	Россия	1,59	112,7	65,6	21,5	0,8	21,3	45,8	143,6	6,99
Синеока	Россия	1,00	115,7	70,3	21,9	0,7	20,9	37,6	160,2	5,97
Ск-69	Россия	1,07	105,0	54,5	13,8	1,8	27,8	52,5	131,0	7,01
Ск-82	Россия	1,16	109,7	59,1	16,0	1,2	19,9	39,0	136,3	5,24
Славия	Россия	1,45	115,0	75,3	16,1	1,1	24,5	47,1	165,9	8,03
Соер 3295	Россия	1,53	118,7	60,5	15,6	0,6	20,9	35,1	152,4	5,39
Соер 4	Россия	1,34	118,0	71,2	19,3	2,7	22,9	41,3	200,9	8,47
Чара	Россия	1,03	117,7	73,1	17,4	1,8	41,2	80,0	163,4	14,3
Дельта	Россия	1,00	115,3	60,7	18,4	1,8	22,8	44,6	138,1	5,91
Кружевница	Россия	0,81	117,7	49,6	12,0	2,3	30,4	53,1	131,8	7,00
Амито	Россия	1,15	110,7	61,8	15,3	1,9	31,6	47,2	153,4	7,39
ВНИИС 2	Россия	1,33	126,7	62,0	19,4	1,2	21,0	42,0	186,7	7,86
Мерчен	Россия	1,21	127,3	56,5	16,8	1,4	17,6	31,2	183,4	5,80
Лотос	Россия	1,31	117,0	62,1	16,4	1,5	23,6	43,2	206,8	8,93
Линия 758-1	Россия	1,33	121,7	66,8	17,6	2,2	25,0	42,3	145,2	6,26
Ozzie	США	1,41	121,0	62,3	17,8	1,8	21,8	43,0	163,7	7,38
M-91-212006	США	1,10	125,7	66,1	21,8	2,5	30,8	60,4	158,1	10,4
Аметист	Украина	0,98	116,7	47,5	13,0	2,0	31,6	44,2	126,4	5,94
Версия	Украина	1,16	120,0	56,2	14,6	2,1	30,4	49,9	147,1	7,93
Ланка	Украина	1,39	119,3	65,4	21,6	2,2	27,6	41,1	159,8	6,93
Оксана	Украина	1,40	119,3	82,5	18,6	0,7	28,3	54,6	141,6	7,95
Фемида	Украина	1,18	115,7	63,3	14,9	1,5	30,3	48,8	159,3	7,93
Южанка	Украина	1,15	113,3	54,9	19,8	1,6	23,4	40,8	153,2	5,94
Чернятка	Украина	0,93	116,0	61,5	19,2	1,3	21,3	31,6	135,0	4,30
Adoc	Франция	1,26	126,0	74,1	19,8	2,5	24,6	44,6	145,9	6,58
Сигалия 204	Франция	1,22	122,0	54,6	16,8	1,3	22,3	45,4	171,8	8,35
Dom	Франция	1,30	112,7	60,6	18,0	1,0	18,7	30,4	144,4	4,34
Суматра	Франция	1,41	124,7	61,0	19,9	2,0	20,3	47,8	150,8	7,31
Сантана	Франция	1,12	121,0	57,3	15,6	1,3	22,4	36,1	159,3	5,74
Сафрана	Франция	1,21	116,7	57,1	13,6	0,8	19,8	35,4	146,4	5,00
Суедина	Франция	1,33	119,7	56,8	15,0	1,3	18,5	32,0	132,9	4,20
Балатон	Чехия	1,46	127,3	59,6	16,6	1,6	23,1	44,2	186,9	8,63

Таблица 2. Средние показатели урожайности семян и морфобиологических признаков коллекции сои (среднее за 2019–2021 гг.)

Table 2. Average indicators of seed yield and morpho-biological characteristics of the soybean collection (average for 2019–2021)

Название	Урожайность, т/га	Вегетационный период, дни	Высота, см		Количество на растении, шт.			Масса, г	
			растений	прикрепления нижнего боба	боковых ветвей	бобов	семян	1000 семян	семян с одного растения
Среднее	1,2	119,5	63,4	18,2	1,7	24,8	45,7	155,6	7,3
Коэффициент вариации, %	17,1	3,8	11,4	16,2	35,9	21,5	23,2	11,2	25,0
Стандартное отклонение	0,2	4,6	7,3	3,0	0,6	5,3	10,6	17,5	1,8

¹ Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1: Общая часть. Москва. 2019; 384.² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Книга по требованию. 2012; 352.³ <https://ru-meteo.ru/zernograd/hour>

Коллекционный питомник высевали широко-корядным способом сеялкой ССФК-7. Ширина междурядий — 0,45 м. Площадь делянки — 5 м². Механизированную уборку проводили при достижении семян полной спелости комбайном Wintersteiger.

Исследования проводились согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.)¹. Математическая обработка результатов исследований проведена по методике Б.А. Доспехова (2012 г.)² и с помощью программы Statistica 10 (США).

За годы исследований метеорологические условия, по данным метеостанции (г. Зерноград, Ростовская обл., Россия) за 2019–2021 гг.³, были нестабильными и различными по годам.

Вегетационный период сои 2019 года по количеству выпавших осадков характеризовался благоприятными условиями для роста и развития растений. Превышение осадков над среднемноголетними данными было выше на 4,8–13,7 мм при температуре на уровне среднемноголетних.

В 2020 году распределение осадков было на уровне среднемноголетних данных, а температурный режим в период вегетации сои был на 0,4–4,7 °С выше среднемноголетних, что отрицательно повлияло на развитие растений и урожайность семян сои.

Условия вегетации в 2021 году характеризовались повышенным количеством осадков, особенно в начальные фазы развития и в период созревания, и повышенной температурой в сравнении со среднемноголетними показателями. Данные условия благоприятствовали вегетации сои.

Результаты и обсуждения / Results and discussion

В процессе изучения 85 образцов коллекции сои было выявлено, что морфобиологические признаки образцов коллекции сои имели различную степень межсортовой изменчивости, выраженной коэффициентом вариации (табл. 2).

В среднем за годы исследований урожайность семян составила 1,24 т/га. Вариация показала средний уровень межсортовой изменчивости (17,1%). Наименьшей вариацией из оцененных показателей обладал признак «вегетационный период», имея значение 3,8%. Это связано с тем, что в исследования были включены ранние и среднеранние образцы. Средний уровень вариации (от 10 до 20%) наблюдался у показателей: высота растений (11,4%), высота прикрепления нижнего боба (16,2%), масса 1000 семян (11,2%). Высокий уровень вариации (более 20%) отмечен у признаков: количество бобов (21,5%) и семян (23,2%) на растении, масса семян с одного растения (25,0%). Самый высокий уровень вариации был у признака «количество ветвей на растении», имея значение 35,9%.

В данных исследованиях период вегетации варьировал от 105 дней (Ск-69) до 129 дней (Дива) при среднем по коллекции 119,5 дней (рис. 1).

Корреляционная зависимость урожайности семян и периода вегетации была низкой положительная ($r = +0,18$). Основная часть коллекционных образцов была среднеранней (116–122 дня). Наиболее урожайными (более 1,6 т/га) были образцы, которые имели вегетационный период 112–118 и 120–122 дня. Максимальную урожайность показали образцы с вегетационным периодом 116–118 дней.

Высота растений варьировала от 47,5 см (Аметист) до 83,2 см (Линия 696/11), в среднем по коллекции — 63,4 см. Данный признак влияет на вегетационный период, устойчивость к полеганию, засухоустойчивость и продуктивность. Оценка степени ее влияния на урожайность семян показала низкий положительный уровень ($r = +0,03$) (рис. 2).

Наиболее урожайными были образцы с высотой растений 55–70 см.

Высота прикрепления нижнего боба показывает, насколько сорт пригоден к механизированной уборке. В данных исследованиях степень ее влияния на семенную продуктивность была низкой положительной ($r = +0,10$) и варьировала от 12 см (Кружевница) до 23,6 см (Л 3681) при среднем по коллекции 18,2 см (рис. 3).

График размаха показал, что большинство образцов имеют высоту прикрепления нижнего боба более 16 см и две вершины с максимальной урожайностью семян, на которых высота прикрепления 16–17 см и 20–21 см. В исследованиях также интересны положительные отклонения, отображенные на графиках в виде крайних точек.

Амплитуда межсортовой изменчивости признака «количество боковых ветвей» в исследованиях была максимальной ($V = 35,9\%$) (табл. 1). Для подавляющего большинства сортов сои характерна средняя ветвистость (2–3 ветви). В данных исследованиях количество боковых ветвей варьировало от 0,6 шт/раст (Соер 3295) до 3,1 шт/раст (К 4832) при среднем по коллекции 1,7 шт/раст. Корреляционная зависимость между урожайностью семян и количеством ветвей была низкой положительной ($r = +0,12$) (рис. 4).

Наибольшее количество коллекционных образцов сои имело количество ветвей на растении от 0,5 до 2,5 шт/раст. Максимальная урожайность семян была у образцов с количеством ветвей 1,0–1,5 и 2,0–2,5 шт/раст.

Большинство ученых сходятся во мнении, что показатель «количество бобов на растении» — один из самых главных признаков, определяющих урожайность. Но данный элемент структуры урожая сильно подвержен влиянию погодных-климатических условий. Объясняется это тем, что в период «цветение — созревание», как правило, ощущается дефицит почвенной и атмосферной влаги и питательных веществ, в результате чего часть бобов опадает или не достигает нормального развития. В исследованиях выявлено, что влияние количества бобов на растении на урожайность семян была слабая отрицательная ($r = -0,04$), а количество бобов на растении варьировалось от 15,3 шт/раст (Зельда) до 41,2 шт/раст (Чара) при среднем по коллекции 24,8 шт/раст (рис. 5).

Большая часть образцов коллекции имела 20–25 бобов на растении, а максимальные значения урожайности были у образцов, имеющих 15–20 и 30–35 бобов на растении.

Количество семян на растении является одним из определяющих величину семенной продуктивности.

Рис. 1. Влияние периода вегетации на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 1. The influence of the growing season on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

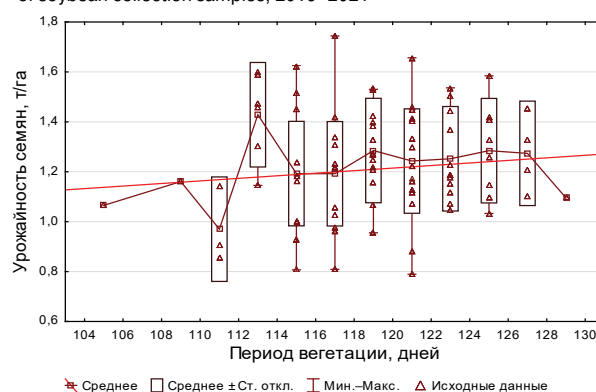


Рис. 2. Влияние высоты растений на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 2. The effect of plant height on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

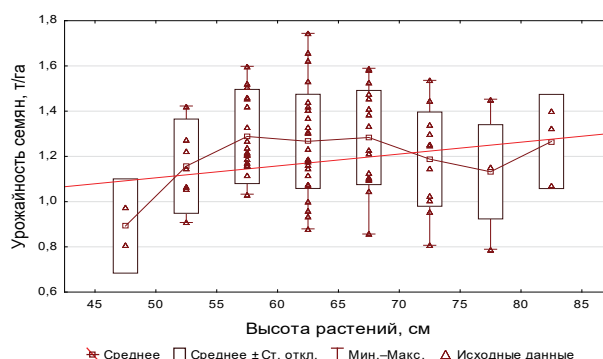


Рис. 3. Влияние высоты прикрепления нижнего боба на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 3. The effect of the attachment height of the lower bean on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

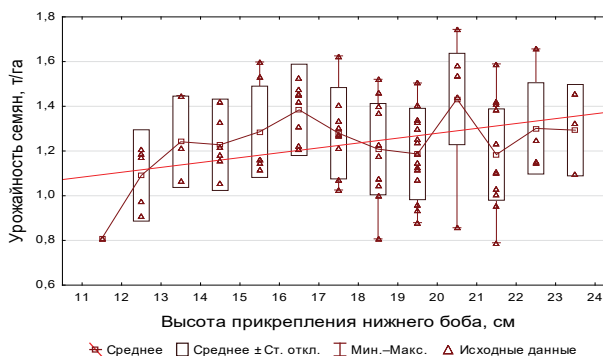


Рис. 4. Влияние количества ветвей на растении на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 4. The effect of the number of branches on the plant on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

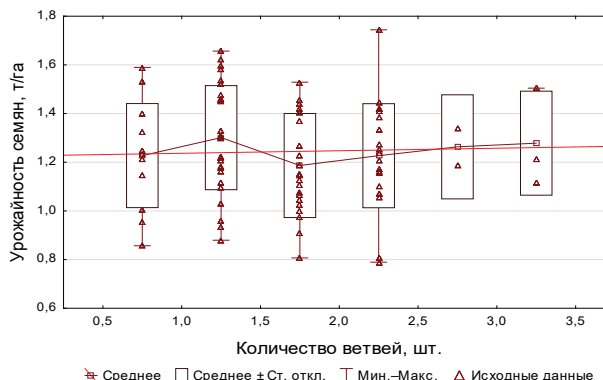


Рис. 5. Влияние количества бобов на растении на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 5. The effect of the number of beans on the plant on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

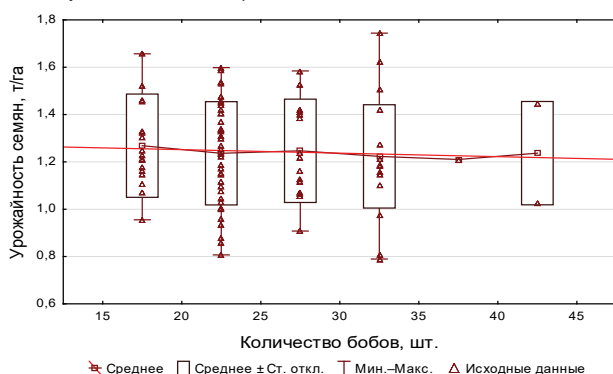


Рис. 6. Влияние количества семян на растении на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 6. The effect of the number of seeds on the plant on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

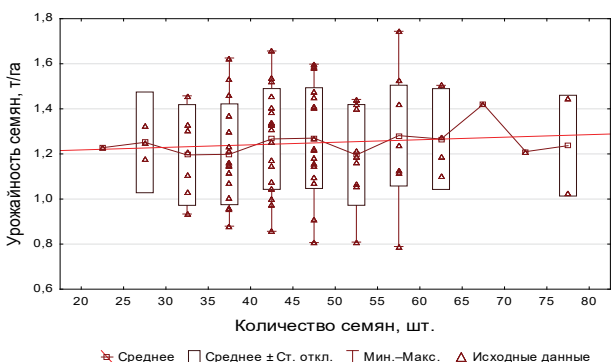


Рис. 7. Влияние крупности семян на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 7. The effect of seed size on the seed yield of soybean collection samples, 2019–2021

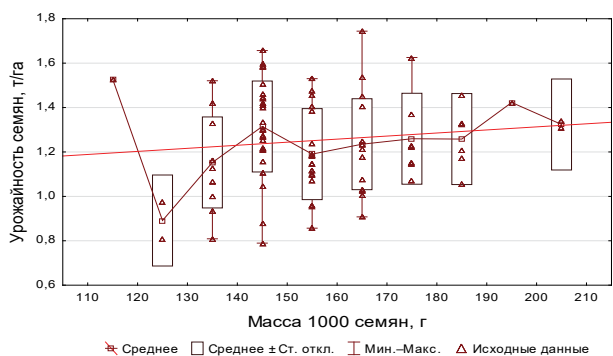
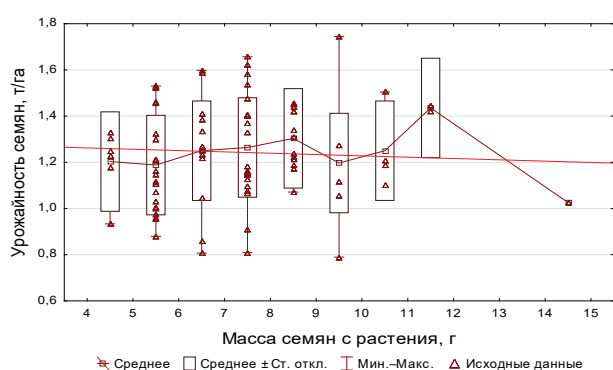


Рис. 8. Влияние массы семян с растения на урожайность семян образцов коллекции сои, 2019–2021 гг.

Fig. 8. The effect of seed weight from a plant on the yield of seeds of soybean collection samples, 2019–2021



Влияние количества семян на растении на урожайность семян в исследованиях — слабое положительное ($r = -0,07$). Столь низкое значение корреляции объясняется нивелированием значений между образцами, так как размах межсортной изменчивости у образцов составил от 24,3 шт/раст (СТ Калао) до 80,0 шт/раст (Чара) при среднем по коллекции 45,7 шт/раст (рис. 6).

Максимальная урожайность сформирована образцами, имеющими 35–50 и 55–60 семян на растении.

Масса 1000 семян — значимый селекционный признак, который обладает большой сортовой изменчивостью и подвержен влиянию условий произрастания и года, в то же время сохраняя межсортные различия. Так, влияние массы 1000 семян на урожайность семян было низким положительным ($r = +0,12$), а средний показатель массы 1000 семян в исследованиях у изучаемых образцов составил 155,6 г — в диапазоне от 119,7 г (Л 8653) до 206,8 г (Лотос) (рис. 7).

Основная часть коллекционных образцов имела среднюю крупность семян — 130–180 г. График размаха имеет две вершины. Наиболее урожайными были образцы, которые имели крупность семян 140–150 г и 190–200 г соответственно. Максимальную урожайность показали образцы с крупностью семян 160–170 г.

Влияние массы семян с растения на урожайность семян было низким положительным ($r = +0,11$). Масса семян с растения варьировала от 4,2 г (Суетина) до 14,3 г (Чара) при средней по коллекции 7,62 г ($V = 25,0\%$) (рис. 8).

Основная часть коллекционных образцов имела среднюю продуктивность семян — 5–9 г. Наиболее урожайными были образцы, которые имели продуктивность семян 11–12 г. Максимальную урожайность показали образцы с массой семян с растения 9–10 г.

В результате исследований выделились 11 коллекционных образцов сои с высокой продуктивностью семян и оптимальным соотношением элементов структуры урожая, такие как Зодиак (Молдова), Селекта 101 (Россия), Antuxiaoneidou (Китай), Олимпия (Россия), Селена (Россия), Лика (Россия), ВНИИОЗ-1 (Россия), Соер 3295 (Россия), Л 8653 (Россия), МДТ-7 (Канада), К-4832 (Россия).

Отобранные коллекционные образцы в результате проведенных исследований будут вовлечены в дальнейшую селекционную работу в качестве родительских форм с оптимальным соотношением элементов структуры урожая и высокой продуктивностью семян.

Выводы/Conclusion

В процессе изучения 85 образцов коллекции сои было выявлено, что в 2019–2021 гг. урожайность варьировала от 0,79 т/га (Линия 504/11) до 1,74 т/га (Зодиак) (в среднем по коллекции — 1,24 т/га).

Наиболее урожайными были образцы с высотой растений 55–70 см, высотой прикрепления нижнего боба 16–17 см и 20–21 см, количеством ветвей 1,0–1,5 и 2,0–2,5 шт/раст, количеством бобов 30–35 шт/раст, количеством семян 65–70 шт/раст, массой 1000 семян 140–150 г и 190–200 г, массой семян с растения 11–12 г, периодом вегетации 112–114 дней, содержанием белка 39,0–39,5%, содержанием жира 21,0–21,5%.

По результатам исследований изучения взаимосвязей морфобиологических признаков с урожайностью выделенные образцы коллекции сои будут использоваться как исходный материал в дальнейшей селекционной работе.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Вклад в работу и написание статьи:

Ашиев А.Р. — 55 %; Хабибуллин К.Н. — 35 %; Скулова М.В. — 10 %. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

Contribution to the work and writing of the article:

Ashiev A.R. — 55%; Khabibullin K.N. — 35%; Skulova M.V. — 10%. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варламова Н.В., Родионова М.А., Ефремова Л.Н., Харченко П.Н., Высоцкий Д.А., Халилуев М.Р. Индукция непрямого органоге́неза побегов сои *Glycine max* (L.) Merr. из сегментов стебля для применения в качестве эксплантов при агробактериальной трансформации. *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(3): 521–530. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.521rus>
2. Мищенко А.В., Ильинская И.Н., Гаева Э.А. Влияние элементов технологии на урожайность и водопотребление сои на склонах чернозёмов обыкновенных. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (3): 62–68. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68>
3. Ашиев А.Р., Скулова М.В., Чегунова А.В. Гомеостатичность коллекционных образцов сои по признаку «масса семян с одного растения». *Зерновое хозяйство России*. 2020; (5): 68–72. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72>
4. Вишнякова М.А., Сеферова И.В., Самсонова М.Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(5): 905–916. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.905rus>
5. Козлов А.А., Романов Б.В., Сеферова И.В. Вегетационный период и основные морфометрические признаки коллекционного материала сои в условиях Приазовья. *Аграрный вестник Урала*. 2022; (4): 14–25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-219-04-14-25>
6. Кипшакбаева Г.А., Амантаев Б.О., Тлеулина З.Т., Жанбыршина Н.Ж., Кулжабаев Е.М. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана. *Аграрный вестник Урала*. 2022; (2): 40–47. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47>
7. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Кравченко Н.С. Влияние сроков посева на качество семян, экономическую и энергетическую эффективность возделывания сои. *Зерновое хозяйство России*. 2019; (2): 3–7. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7>
8. Шаболкина Е.Н., Анисимкина Н.В., Майстренко О.А. Изучение биохимических свойств муки зернобобовых культур (горох, соя), физических и хлебопекарных показателей теста смесей с пшеничной мукой. *Зерновое хозяйство России*. 2022; (1): 65–69. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-65-69>
9. Фокина Е.М., Разанцев Д.Р. Перспективы использования коллекционного материала сои в селекционных исследованиях Приамурья. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2019; (2): 64–70. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12022>

ОБ АВТОРАХ

Аркадий Русекович Ашиев

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

arkady.ashiev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2101-2321>

Кирилл Наильевич Хабибуллин

младший научный сотрудник

kira1992k@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4136-1649>

Мария Владимировна Скулова

агроном

povolotskaya68@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7382-4703>

Аграрный научный центр «Донской»,
ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740,
Россия

REFERENCES

1. Varlamova N.V., Rodionova M.A., Efremova L.N., Kharchenko P.N., Vysotsky D.A., Khaliluev M.R. Indirect shoot organogenesis of soybean *Glycine max* (L.) Merr. from stem segments and use of the explants for agrobacterium-mediated transformation. *Agricultural Biology*. 2018; 53(3): 521–530. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.521eng>
2. Mishchenko A.V., Ilinskaya I.N., Gaevaya E.A. The effect of elements of soybean cultivation technology on its productivity and water consumption on the slopes of ordinary blackearth. *Grain Economy of Russia*. 2021; (3): 62–68 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-62-68>
3. Ashiev A.R., Skulova M.V., Chegunova A.V. Homeostaticity of the collection samples of soybeans according to the trait “seed weight per plant”. *Grain Economy of Russia*. 2020; (5): 68–72 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72>
4. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Genetic sources required for soybean breeding in the context of new biotechnologies (review). *Agricultural Biology*. 2017; 52(5): 905–916. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.5.905eng>
5. Kozlov A.A., Romanov B.V., Seferova I.V. Vegetation period and basic morphometric traits of soybean germplasm in the conditions of Azov region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; (4): 14–25 (In Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-219-04-14-25>
6. Kipshakbaeva G.A., Amantaev B.O., Tleulina Z.T., Zhanbyrshina N.Zh., Kulzhabaev E.M. Study and creation of the source material of soybeans in the conditions of Northern Kazakhstan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; (2): 40–47 (In Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-217-02-40-47>
7. Vasilchenko S.A., Metlina G.V., Kravchenko N.S. The sowing term effect on seed quality, economic and energetic efficiency of soybean cultivation. *Grain Economy of Russia*. 2019; (2): 3–7 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-62-2-3-7>
8. Shabolkina E.N., Anisimkina N.V., Maistrenko O.A. The study of biochemical properties of legume flour (peas, soybeans), physical and baking indicators of the dough from mixtures with wheat flour. *Grain Economy of Russia*. 2022; (1): 65–69 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-79-1-65-69>
9. Fokina E.M., Razantsvey D.R. Prospects for the use of soybean collection material used in breeding studies in Priamurye (Amur region). *Far East Agrarian Herald*. 2019; (2): 64–70 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-12022>

ABOUT THE AUTHORS

Arkady Rusekovich Ashiev

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher

arkady.ashiev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2101-2321>

Kirill Nailevich Khabibullin

Junior Research Assistant

kira1992k@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4136-1649>

Maria Vladimirovna Skulova

Agronomist

povolotskaya68@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7382-4703>

Agricultural Research Center “Donskoy”,
3 Nauchny gorodok Str., Zernograd, Rostov region, 347740, Russia

Н.И. Кириллова ✉
И.А. Дегтярева

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

✉ nadyakirillova13@gmail.com

Поступила в редакцию:
14.06.2023

Одобрена после рецензирования:
20.11.2023

Принята к публикации:
04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-114-117

Nadezhda I. Kirillova ✉
Irina A. Degtyareva

Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Federal Research Center «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», Kazan, Russia

✉ nadyakirillova13@gmail.com

Received by the editorial office:
14.06.2023

Accepted in revised:
20.11.2023

Accepted for publication:
04.12.2023

Показатели тест-растения при обработке модифицированными биофунгицидами

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучение потенциала тест-растений заключается в определении индикаторных показателей, которые отражают качество семенного материала и необходимое его количество при производственных работах.

Методы. Объектами исследований являются модифицированные биофунгициды, созданные на основе микроскопического гриба *Trichoderma viride* и природных минералов: диатомита, глауконита, сапропеля, цеолита.

Оценка потенциала тест-растения (яровая пшеница сорта Ульяновская 105) при обработке модифицированными биофунгицидами проведена на основании таких показателей, как энергия прорастания и всхожесть семян, биометрические данные (длина проростка и корешка) и биомасса (масса проростка и корешка).

Результаты. Установлено, что обработка семян созданными биофунгицидами положительно влияет на энергию прорастания (82,0–96,0%) и всхожесть (87,0–96,0%) изучаемого тест-растения. Во всех опытных вариантах длина проростка в среднем на 11,0% выше по сравнению с контролем. Максимальные значения этого показателя отмечены в вариантах при обработке семян яровой пшеницы биофунгицидом на основе *T. viride* (на 18,59%), а также при комплексной обработке *T. viride* с цеолитом фракции 0,04 мм (на 21,70%) и с диатомитом (на 12,28%). Отмечена и стимуляция развития корневой системы на 8,71–21,13%. Во всех опытных вариантах обработка семян новыми биофунгицидами стимулирует образование биомассы тест-растения. Лучшие значения отмечены в вариантах с обработкой *T. viride* и *T. viride* с цеолитом (фракция 0,04 мм), где прибавка массы проростка к контролю составляет 25,67% и 20,86%, а массы корешка — 25,23% и 18,39% соответственно. Применение модифицированных биофунгицидов на основе микромицета *T. viride* и природных минералов перспективно для получения экологически чистой продукции растениеводства.

Ключевые слова: биофунгицид, *Trichoderma viride*, природные минералы, цеолит, диатомит, глауконит, сапропель, тест-растение

Для цитирования: Кириллова Н.И., Дегтярева И.А. Показатели тест-растения при обработке модифицированными биофунгицидами. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 114–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-114-117>

© Кириллова Н.И., Дегтярева И.А.

Test-plant characteristics using modified biofungicides treatment

ABSTRACT

Relevance. The study of test-plants potential consists in determining indicators that reflect the quality of the seed material and its required quantity during production.

Methods. The objects of research are modified biofungicides created on the basis of the microscopic fungus *Trichoderma viride* and natural minerals: diatomite, glauconite, sapropel, zeolite.

The evaluation of the characteristics of the test-plant (spring wheat variety Ulyanovsk 105) when treated with modified biofungicides was carried out on the basis of indicators as germination energy and seed germination, biometric data (seedling and root length) and biomass (seedling and root weight).

Results. It has been established that seed treatment with the created biofungicides has a positive effect on the germination energy (82.0–96.0%) and germination (87.0–96.0%) of the test plant under study. In all experimental variants, the length of the seedling was on average 11.0% higher compared to the control. The maximum values of this indicator were noted in the variants when the seeds of spring wheat were treated with a biofungicide based on *T. viride* (by 18.59%), as well as in the complex treatment of *T. viride* with a zeolite fraction of 0.04 mm (by 21.70%) and with diatomite (by 12.28%). Stimulation of the root system development by 8.71–21.13% was also noted. In all experimental variants, seed treatment with new biofungicides stimulates the formation of test plant biomass. The best values were noted in the variants with the treatment of *T. viride* and *T. viride* with zeolite (fraction 0.04 mm), where the weight gain of the seedling to the control is 25.67% and 20.86%, and the root weight is 25.23% and 18.39%, respectively. The use of modified biofungicides based on micromycete *T. viride* and natural minerals is promising for obtaining environmentally friendly crop products.

Key words: biofungicide, *Trichoderma viride*, natural minerals, zeolite, diatomite, glauconite, sapropel, test plant

For citation: Kirillova N.I., Degtyareva I.A. Test-plant characteristics using modified biofungicides treatment. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 114–117 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-114-117>

© Kirillova N.I., Degtyareva I.A.

Введение/Introduction

Применение биопрепаратов является важным элементом системы защиты растений от болезней. Биологические удобрения имеют существенные преимущества, так как их основу составляют живые культуры микроорганизмов или их метаболиты, и становятся одним из вариантов замены традиционных минеральных удобрений.

Ризосферная микрофлора находится в тесных взаимоотношениях с растениями и оказывает значительное влияние на их рост и развитие. Именно в ризосфере (природном банке) присутствуют эффективные штаммы, которые впоследствии после выделения, изучения и отбора используют для создания биопрепаратов.

Среди почвенной микрофлоры значимыми являются различные представители рода *Trichoderma*, способные оказывать защитное действие и стимулировать рост растений. Микромицеты этого рода синтезируют фитогормоны (цитокинины), отвечающие за стимуляцию физиологических процессов, которые, попадая в растения, способствуют его активному развитию. Колонизация корней и ризосферы этим микромицетом стимулирует рост и развитие корневой системы, увеличивает урожайность, регулирует потребление питательных веществ. При обработке семян ограничивается передача фитопатогенов, вследствие этого ризосфера растений обогащается антагонистами. Более того, грибы рода *Trichoderma*, продуцируя антибиотики и гидролитические ферменты, поддерживают рост фитопатогенов в ризосфере растений [1–3].

Метаболиты представителей рода *Trichoderma* способствуют улучшению обмена веществ растений, увеличивают скорость и энергию прорастания семян [4, 5]. В ризосфере высвобожденные метаболиты действуют как эффекторы, запускающие значительные морфологические и физиологические изменения в растении-хозяине [6], влияющие на рост и питание растений и

повышающие устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам [7, 8].

В мелкоделяночном опыте с модифицированными биофунгицидами авторами ранее установлено, что среди природных минералов (диатомит, глауконит, цеолит, сапропель) следует выделить диатомит и цеолит, применение которых совместно с препаратом «Триходермин» является перспективным приемом для улучшения фитосанитарного состояния почв сельскохозяйственного назначения [9]. Поэтому целесообразно проводить предпосевную обработку семян спорами *Trichoderma* для увеличения их потенциала.

Цель исследования — изучение потенциала тест-растения при обработке модифицированными биофунгицидами.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Объекты исследований: модифицированные биофунгициды, созданные на основе микроскопического гриба *Trichoderma viride* и природных минералов: диатомита (Инзенское месторождение, Ульяновская обл., ООО «Инзенский Диатомит», Россия), глауконита (Сюндюковское месторождение, Республика Татарстан, ООО «Фосфорит», Россия), цеолита (Татарско-Шатрашанское месторождение, Республика Татарстан, ОАО «Цеолиты Поволжья», Россия), сапропеля (месторождение — озеро Белое, Республика Татарстан, ООО ТПК «Камский сапропель», Россия).

Природные минералы широко распространены в России и Республике Татарстан. Применение обусловлено наличием в их составе биогенных макро- и микроэлементов, они обладают высокими ионно-обменными, сорбционными и каталитическими свойствами.

В качестве тест-растения использовали семена яровой пшеницы сорта Ульяновская 105 (ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ», Россия), урожай 2020 г. Опыт проведен в апреле 2022 г.

Эксперимент проводили по схеме:

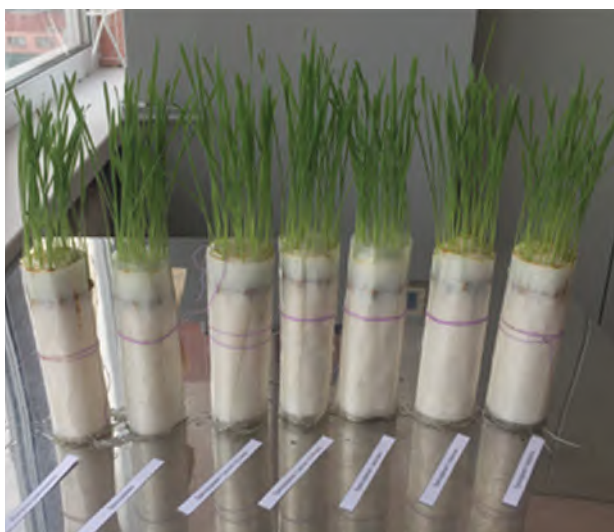
1. Контроль (2–7 — обработка семян).
2. *Trichoderma viride*.
3. *T. viride* + цеолит (0,20 мм).
4. *T. viride* + цеолит (0,40 мм).
5. *T. viride* + диатомит.
6. *T. viride* + глауконит.
7. *T. viride* + сапропель.

Изучение отклика тест-растения на обработку модифицированными биофунгицидами проводили в рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12044¹ (рис. 1.) и оценивали на основании таких показателей, как энергия прорастания и всхожесть семян, биометрические данные (длина проростка и корешка) и биомасса (масса проростка и корешка). Количество семян в рулоне — 50 шт. Рулоны располагали в вертикальном положении и погружали на 1,5–2,0 см в воду комнатной температуры (при необходимости смачивали). Проращивание семян проводили при комнатной температуре 22 °С с влажностью воздуха 45% при естественной освещенности (долгота дня — 14 ч.).

Учет проросших семян при определении энергии прорастания и всхожести проводили на третьи и седьмые сутки соответственно ГОСТ 12038².

Рис. 1. Проращивание семян пшеницы в рулонах (7-е сутки) (слева направо) согласно схеме опыта: 1 — контроль; 2–7 — обработка семян: *Trichoderma viride* (2), *T. viride* + цеолит (0,20 мм) (3), *T. viride* + цеолит (0,40 мм) (4), *T. viride* + диатомит (5), *T. viride* + глауконит (6), *T. viride* + сапропель (7)

Fig. 1. Germination of wheat seeds in rolls (7th day) (from left to right) according to the experiment scheme: 1 — control; 2–7 — seed treatment: *Trichoderma viride* (2), *T. viride* + zeolite (0.20 mm) (3), *T. viride* + zeolite (0.40 mm) (4), *T. viride* + diatomite (5), *T. viride* + glauconite (6), *T. viride* + sapropel (7)



¹ ГОСТ 12044-93 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: Стандартинформ. 2011; 209.

² ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ. 2011; 30.

Результаты экспериментальных исследований получены методом многократных измерений, статистически обработаны с помощью таблиц Excel (США) и программы Origin 4.1. (OriginLab Corporation, США). При воспроизводимости результатов полученные значения погрешности измерений не выходят за пределы допустимых.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изучение потенциала тест-растений заключается в определении индикаторных показателей, которые отражают качество семенного материала и его необходимое количество при производственных работах.

Энергия прорастания и всхожесть семян при обработке *Trichoderma viride* представлены в таблице 1.

Обработка семян биопрепаратом на основе *T. viride* положительно влияет на эти параметры тест-растения. Яровая пшеница сорта Ульяновская 105 обладает высокими значениями энергии прорастания (82,0–96,0%) и всхожести (87,0–96,0%). Замачивание семян «Триходермином» увеличивает изучаемые показатели незначительно (в среднем на 2%) по сравнению с контрольным вариантом.

Следует отметить, что при комплексном замачивании с природными минералами энергия прорастания и всхожесть несколько ниже. Это объясняется тем

Таблица 1. Энергия прорастания и всхожесть тест-растения
Table 1. Germination energy and seed germination of the test plant

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
1. Контроль	94,0	94,0
2. Обработка семян: <i>Trichoderma viride</i>	96,0	96,0
3. <i>T. viride</i> + цеолит (0,20 мм)	94,0	96,0
4. <i>T. viride</i> + цеолит (0,04 мм)	90,0	92,0
5. <i>T. viride</i> + диатомит	82,0	87,0
6. <i>T. viride</i> + глауконит	87,0	87,0
7. <i>T. viride</i> + сапропель	95,0	88,0

Примечание: различия между опытными и контрольными вариантами достоверны при $p < 0,05$.

фактом, что при замачивании семян в солевых растворах, а также в вытяжках из удобрений или золы происходит угнетение прорастания [10].

Обработка семян *Trichoderma* оказывает положительное влияние на биометрические параметры пшеницы, такие как длина проростка и корешка (рис. 2), биомасса проростка и корешка (рис. 3).

Во всех опытных вариантах длина проростка в среднем на 11,0% выше по сравнению с контролем. Так, максимальные значения средней длины проростка наблюдаются в вариантах при обработке семян пшеницы биофунгицидом на основе *T. viride* (на 18,59%), а также при комплексной обработке *T. viride* с цеолитом фракции 0,04 мм (на 21,70%) и с диатомитом (на 12,28%). Только при инокуляции с применением сапропеля отмечена длина проростка, практически сопоставимая с контролем.

При исследовании корневой системы отмечена стимуляция ее развития в вариантах как с обработкой *T. viride* (на 8,43%), так и *T. viride* с природными минералами (на 8,71–21,13% выше контроля).

Биомасса проростка и корешка изучаемого тест-растения представлена на рисунке 3. Согласно полученным данным, во всех опытных вариантах обработка семян стимулирует образование биомассы тест-растения. Максимальные значения отмечены в вариантах с обработкой *T. viride* и *T. viride* с цеолитом (фракция 0,04 мм), где прибавка массы проростка к контролю составляет 25,67% и 20,86%, а массы корешка — 25,23% и 18,39% соответственно.

В вариантах при обработке семян модифицированными биофунгицидами отмечено увеличение массы проростка к контролю. Например, с цеолитом (фракция 0,20 мм) она составляет 11,89%, с глауконитом — 10,65%, с сапропелем — 8,67%, с диатомитом — 2,41%.

Масса корешка в вариантах с цеолитом фракции 0,20 мм, диатомитом и глауконитом сопоставима с контрольным вариантом (прибавка составляет 0,31%, 0,14% и 0,76% соответственно).

Во многих публикациях отмечено, что внесение в почву биофунгицидов на основе микроорганизмов-антагонистов существенно снижает количество фитопатогенных грибов в ризосфере растений и приводит к оздоровлению почвы [9, 11, 12].

Рис. 2. Биометрические показатели тест-растения: 1 — контроль; 2 — *T. viride*; 3 — *T. viride* + цеолит 0,20 мм; 4 — *T. viride* + цеолит 0,04 мм; 5 — *T. viride* + диатомит; 6 — *T. viride* + глауконит; 7 — *T. viride* + сапропель

Fig. 2. Biometric parameters of the test plant: 1 — control; 2 — *T. viride*; 3 — *T. viride* + zeolite 0.20 mm; 4 — *T. viride* + zeolite 0.04 mm; 5 — *T. viride* + diatomite; 6 — *T. viride* + glauconite; 7 — *T. viride* + sapropel

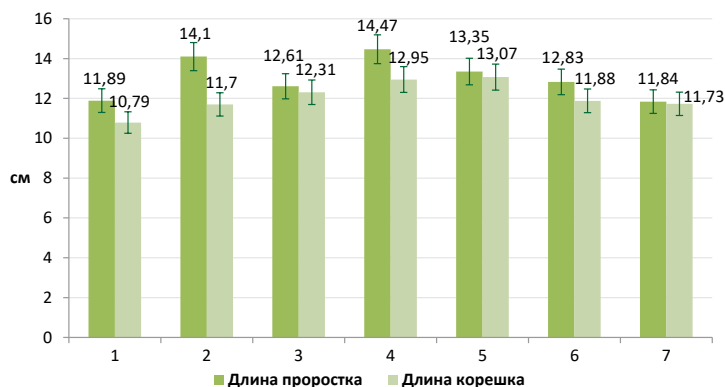
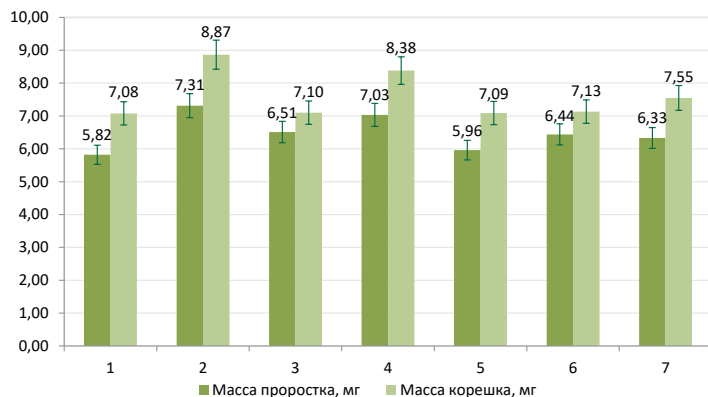


Рис. 3. Биомасса проростка и корешка: 1 — контроль; 2 — *T. viride*; 3 — *T. viride* + цеолит 0,20 мм; 4 — *T. viride* + цеолит 0,04 мм; 5 — *T. viride* + диатомит; 6 — *T. viride* + глауконит; 7 — *T. viride* + сапропель

Fig. 3. Biomass of seedling and root: 1 — control; 2 — *T. viride*; 3 — *T. viride* + zeolite 0.20 mm; 4 — *T. viride* + zeolite 0.04 mm; 5 — *T. viride* + diatomite; 6 — *T. viride* + glauconite; 7 — *T. viride* + sapropel



Применение биологических фунгицидов позволяет сохранить 2,5–12,6% урожая зерна озимой пшеницы [13].

Выводы/Conclusion

Таким образом, при обработке семян тест-растения выявлено положительное влияние модифицированных биопрепаратов на энергию прорастания, всхожесть и биометрические показатели проростков.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания № FMEG-2021-0003 (регистрационный № 121021600147-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Новикова И.И., Титова Ю.А., Бойкова И.В., Зейрук В.Н., Краснобаева И.Л., Серова Т.А. Биологическое обоснование оптимизации препаративных форм биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для контроля популяций фитопатогенных грибов и бактерий — возбудителей болезней растений. *Вестник защиты растений*. 2017; (3): 16–23. <https://www.elibrary.ru/wukmgx>
- Vicente I., Baroncelli R., Hermosa R., Monte E., Vannacci G., Sarrocco S. Role and genetic basis of specialized secondary metabolites in *Trichoderma* ecophysiology. *Fungal Biology Reviews*. 2022; 39: 83–99. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.004>
- Waqas M. et al. Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress. *Molecules*. 2012; 17(9): 10754–10773. <https://doi.org/10.3390/molecules170910754>
- Голованова Т.И., Гаевский Н.А., Валиуллина А.Ф., Литовка Ю.А. Влияние спор *Trichoderma asperellum* и метаболитов *Fusarium sporotrichioides* на ростовые процессы и фотосинтетический аппарат пшеницы. *Микология и фитопатология*. 2020; 54(2): 134–142. <https://doi.org/10.31857/S0026364820020038>
- Голованова Т.И., Долинская Е.В., Сичкарук Е.А. Роль грибов рода *Trichoderma* в повышении урожайности пшеницы и ячменя. *Вестник КРАСГАУ*. 2009; (6): 53–58. <https://www.elibrary.ru/kxgifr>
- Ramírez-Valdespino C.A., Casas-Flores S., Olmedo-Monfil V. *Trichoderma* as a Model to Study Effector-Like Molecules. *Frontiers in Microbiology*. 2019; 10: 1030. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01030>
- Bae S.-J. et al. *Trichoderma* metabolites as biological control agents against *Phytophthora* pathogens. *Biological Control*. 2016; 92: 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.005>
- Contreras-Cornejo H.A., del-Val E., Macías-Rodríguez L., Alarcón A., González-Esquivel C.E., Larsen J. *Trichoderma atroviride*, a maize root associated fungus, increases the parasitism rate of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* by its natural enemy *Campoletis sonorensis*. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018; 122: 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.013>
- Кириллова Н.И., Дегтярева И.А., Прищепенко Е.А. Перспективы применения модифицированного биофунгицида на основе *Trichoderma viride* для оздоровления почв. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2023; 13(1): 107–114. <https://www.elibrary.ru/awwqyp>
- Aniskina M.V., Волобуева Е.С., Гнеуш А.Н. Изучение влияния различных типов воды на всхожесть и рост семян. *Сельскохозяйственный журнал*. 2016; (9–1): 257–259. <https://www.elibrary.ru/wvjfqb>
- Duarte-Leal Y., Lamz-Piedra A., Martínez-Coca B. Antagonismo *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Revista de Protección Vegetal*. 2017; 32(3): 1–11.
- Matas-Baca M.A. et al. Morphological and molecular characterization of a new autochthonous *Trichoderma* sp. isolate and its biocontrol efficacy against *Alternaria* sp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022; 29(4): 2620–2625. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.052>
- Гвоздева М.С., Волкова Г.В. Эффективность биологических фунгицидов против пятнистостей листьев озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021; 16(2): 5–10. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-5-10>

ОБ АВТОРАХ

Надежда Игоревна Кириллова

младший научный сотрудник отдела агроэкологии и микробиологии
Nadyakirillova13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8316-5780>

Ирина Александровна Дегтярева

доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела агроэкологии и микробиологии
peace-1963@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1575-8493>

Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», ул. Оренбургский тракт, 20А, Казань, 420059, Россия

В целом создание и применение модифицированных биофунгицидов на основе микромицета *T. viride* и природных минералов (цеолит, диатомит, глауконит, сапропель) перспективны для обеззараживания почвенных экосистем и получения экологически чистой продукции растениеводства.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

FUNDING

The work was carried out within the framework of the state task No. FMEG-2021-0003 (registration No. 121021600147-1).

REFERENCES

- Novikova I.I., Titova Yu.A., Boikova I.V., Zeiruk V.N., Krasnobayeva I.L., Serova T.A. Biological background for optimization of biological products based on microbe antagonists for control of phytopathogenic micromycetes and bacteria populations — causative agents of plants diseases. *Plant Protection News*. 2017; (3): 16–23 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wukmgx>
- Vicente I., Baroncelli R., Hermosa R., Monte E., Vannacci G., Sarrocco S. Role and genetic basis of specialized secondary metabolites in *Trichoderma* ecophysiology. *Fungal Biology Reviews*. 2022; 39: 83–99. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.004>
- Waqas M. et al. Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress. *Molecules*. 2012; 17(9): 10754–10773. <https://doi.org/10.3390/molecules170910754>
- Golovanova T.I., Gaevsky N.A., Valiullina A.F., Litovka Yu.A. The influence of *Trichoderma asperellum* spores and metabolites of *Fusarium sporotrichioides* on wheat growth processes and photosynthetic apparatus. *Mikologiya i fitopatologiya*. 2020; 54(2): 134–142 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0026364820020038>
- Golovanova T.I., Dolinskaya E.V., Sichkaruk E.A. *Trichoderma* fungi role in wheat and barley productivity increase. *Bulletin of KrasGAU*. 2009; (6): 53–58 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kxgifr>
- Ramírez-Valdespino C.A., Casas-Flores S., Olmedo-Monfil V. *Trichoderma* as a Model to Study Effector-Like Molecules. *Frontiers in Microbiology*. 2019; 10: 1030. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01030>
- Bae S.-J. et al. *Trichoderma* metabolites as biological control agents against *Phytophthora* pathogens. *Biological Control*. 2016; 92: 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.10.005>
- Contreras-Cornejo H.A., del-Val E., Macías-Rodríguez L., Alarcón A., González-Esquivel C.E., Larsen J. *Trichoderma atroviride*, a maize root associated fungus, increases the parasitism rate of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* by its natural enemy *Campoletis sonorensis*. *Soil Biology and Biochemistry*. 2018; 122: 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.013>
- Kirillova N.I., Degtyareva I.A., Prishchepenko E.A. Prospects of a modified biofungicide based on *Trichoderma viride* for soil health improvement. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2023; 13(1): 107–114 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/awwqyp>
- Aniskina M.V., Volobueva E.S., Gneush A.N. The influence of different types of water on plantlets. *Agricultural journal*. 2016; (9–1): 257–259 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wvjfqb>
- Duarte-Leal Y., Lamz-Piedra A., Martínez-Coca B. *In vitro* antagonism of *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg isolates against *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Revista de Protección Vegetal*. 2017; 32(3): 1–11 (In Spanish).
- Matas-Baca M.A. et al. Morphological and molecular characterization of a new autochthonous *Trichoderma* sp. isolate and its biocontrol efficacy against *Alternaria* sp. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022; 29(4): 2620–2625. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.052>
- Gvozdeva M.S., Volkova G.V. The effectiveness of biological fungicides against the spare parts of the leaves of winter wheat in the conditions of the central zone of the Krasnodar Territory. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2021; 16(2): 5–10 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-5-10>

ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda Igorevna Kirillova

Junior Researcher at the Department of Agricultural Ecology and Microbiology
Nadyakirillova13@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8316-5780>

Irina Alexandrovna Degtyareva

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Agroecology and Microbiology
peace-1963@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1575-8493>

Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science of Federal Research Center «Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences», 20A Orenburgskiy trakt, Kazan, 420059, Russia

В.Ю. Острошенко¹ ✉
 М.Н. Шеин²
 Л.Ю. Острошенко²

¹Федеральный научный центр
 биоразнообразия наземной биоты
 Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,
 Россия

²Приморский государственный аграрно-
 технологический университет, Уссурийск,
 Россия

✉ OstroshenkoV@mail.ru

Поступила в редакцию:
 01.08.2023

Одобрена после рецензирования:
 20.11.2023

Принята к публикации:
 04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-118-123

Valentina Yu. Ostroshenko¹ ✉
 Maxim N. Shein²
 Lyudmila Yu. Ostroshenko²

¹Federal Scientific Center of the East Asia
 Terrestrial Biodiversity Far Eastern Branch
 of the Russian Academy of Sciences,
 Vladivostok, Russia

²Primorsky State Agrarian-Technological
 University, Ussurisk, Russia

✉ OstroshenkoV@mail.ru

Received by the editorial office:
 01.08.2023

Accepted in revised:
 20.11.2023

Accepted for publication:
 04.12.2023

Пролонгированное влияние стимуляторов на рост трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время одна из главных задач в лесном хозяйстве — получение качественного посадочного материала. Проводятся исследования по ускоренному выращиванию в лесных питомниках хвойных и лиственных растений с применением стимуляторов роста, которые положительно влияют на всхожесть семян, нарастание биометрических показателей, сохранность и приживаемость растений. В связи с этим актуальным является применение стимуляторов роста растений, к которым также относятся «Циркон» и «Феровит».

Методы. Изучено влияние корневой подкормки препаратами «Феровит» и «Циркон» на морфометрические показатели трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Место проведения: питомник Горно-таежной станции — филиал ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН в 2019–2022 гг. Исследовались такие параметры, как высота сеянцев, прирост по высоте, диаметр шейки корня, длина корней и биомасса.

Результаты. Установлено, что значимый эффект оказывает вариант корневой подкормки сеянцев с применением «Циркона» и «Феровита» при концентрации раствора 1,5 мл / 3 л воды. Показатели высоты сеянцев по сравнению с контролем увеличились на 126,1%, прироста по высоте — на 136,7%, диаметра шейки корня — на 20%, длины корней — на 21,8%, биомассы — на 252,1%.

Ключевые слова: корневая подкормка, сеянцы, стимуляторы роста, Циркон, Феровит, высота, прирост по высоте, диаметр шейки корня, длина корней, биомасса

Для цитирования: Острошенко В.Ю., Шеин М.Н., Острошенко Л.Ю. Пролонгированное влияние стимуляторов на рост трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 118–123. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-118-123>

© Острошенко В.Ю., Шеин М.Н., Острошенко Л.Ю.

The prolonged influence of stimulants on the growth of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings

ABSTRACT

Relevance. Currently, one of the main tasks in forestry is to obtain high-quality planting material. Studies are being conducted on accelerated cultivation of coniferous and deciduous plants in forest nurseries with the use of growth stimulants that positively affect seed germination, the growth of biometric indicators, the safety and survival of plants. In this regard, the use of plant growth stimulants, which also include “Zircon” and “Feroovit”, is relevant.

Methods. The effect of root feeding with Feroovit and Zircon preparations on morphometric parameters of three-year-old Korean cedar seedlings (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) was studied. Venue: nursery of the Mountain Taiga Station — branch of the Federal Research Center for Biodiversity of Terrestrial Biota of East Asia FEB RAS in 2019–2022. Parameters such as the height of seedlings, height gain, root neck diameter, root length and biomass were studied.

Results. It was found that a significant effect is provided by a variant of root fertilization of seedlings with the use of “Zircon” and “Feroovit” at a concentration of 1.5 ml / 3 l of water solution. The indicators of the height of seedlings compared to the control increased by 126.1%, height increase — by 136.7%, root neck diameter — by 20%, root length — by 21.8%, biomass — by 252.1%.

Key words: root fertilizing, seedlings, growth stimulants, Zircon, Feroovit, height, height gain, diameter of the root collar, length of roots, biomass

For citation: Ostroshenko V.Yu., Shein M.N., Ostroshenko L.Yu. The prolonged influence of stimulants on the growth of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 118–123 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-118-123>

© Ostroshenko V.Yu., Shein M.N., Ostroshenko L.Yu.

Введение/Introduction

Приморский край — один из крупных регионов Дальнего Востока. Лесопокрытая площадь края составляет 10918 тыс. га, где на долю хвойных пород приходится 51,9% [1].

Одной из главных лесобразующих пород хвойно-широколиственных лесов является кедр корейский (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.).

В соответствии с Приказом Рослесхоза от 5 декабря 2011 года № 513 кедр отнесен к видам, заготовка древесины которых не допускается [2].

Однако на сегодня из-за лесных пожаров и незаконной рубки его запасы ограничены. Необходимо срочное принятие мер по его лесовосстановлению.

В настоящее время одна из главных задач в лесном хозяйстве — получение качественного посадочного материала. Расширяются исследования по ускоренному выращиванию в лесных питомниках хвойных и лиственных растений с применением стимуляторов роста.

Отмечено повышение лабораторной и грунтовой всхожести семян [1, 3–8]. У сеянцев и саженцев наблюдается нарастание биометрических показателей [3, 4, 7–14]. Улучшаются показатели сохранности, приживаемости, а также цветения, созревания и урожайности растений [3, 5–8, 10, 19, 20]. В связи с этим актуальным является применение стимуляторов роста растений, к которым также относятся «Циркон» и «Феровит» [8, 13, 15, 16, 18–22].

«Циркон» («НЭСТ М», Россия) — природный стимулятор, обеспечивающий развитие растений. Базовый компонент препарата — эхинаcea пурпурная. В состав «Циркона» также входят эфиры на основе некоторых растворенных фенолпропаноидов (среда растворения — спирт) [16, 20].

Авторами отмечено, что подкормка препаратом способствует улучшению протекания процессов, связанных с развитием растений, с образованием корней [8, 13, 15, 16, 20].

Положительный эффект «Циркона» сводится к тому, что он повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам и условиям внешней среды. Дополнительно подкормка им стимулирует прорастание семян. Для человека стимулятор не опасен, как и для животных, рыб, насекомых. Исключено его накопление в почве. В результате его использования загрязнение окружающей среды невозможно. Грунтовые и поверхностные воды не страдают. «Циркон» не является фитотоксикантом [13, 20].

«Феровит» («НЭСТ М», Россия) представлен стимулятором фотосинтеза и кислородного обмена. Он необходим растениям, которые развиваются в условиях недостаточной освещенности. Показано использование стимулятора при хлорозе, обусловленном недостатком доступного для усвоения растениями железа при риске «атаки» вредителей и возникновения болезней. В состав «Феровита» входит раствор хелатного железа (от 75 г на 1 л) и азота (40 г на 1 л) [21, 22].

Проведены исследования, подтверждающие эффективность подкормки данным препаратом в лесном хозяйстве [8, 18, 19].

Цель исследования — изучить влияние использования различных концентраций стимуляторов роста «Феровит» и «Циркон» на морфометрические показатели трехлетних сеянцев кедра корейского.

Задачи, обусловленные целью исследований и решенные в процессе, следующие: корневая подкормка сеянцев препаратами «Циркон» и «Феровит» растворами различных концентраций; анализ влияния подкормки на их морфометрические показатели.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Опытные работы проведены в Приморском крае, в Уссурийском городском округе, на территории Горно-таежной станции им. В.Л. Комарова (филиал ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Россия) в 2019–2022 гг.

Особенности местности, важные в контексте исследовательской работы, следующие: относительно высокая влажность почвы, преобладание оглеенной серой средней и рыхлой осадочной породы с повышенным содержанием мелких частиц типа пыли и песка, а также со значительным количеством глинистых примесей.

Семена кедра корейского заготовлены нами в районе с. Каменушка (Приморский край, Уссурийский г. о., Россия) в конце 2019 г. Их высевали в трехкратной повторности (по 100 шт. семян в каждой). Строки (посевные) по способу расположения являлись поперечными. Расстояние между их центрами — от 18 до 20 см. Между опытными вариантами — 40 см. Высота покрытия (заделка) — 3–4 см. Посевы мульчировали древесными опилками и притеняли щитами.

После появления всходов, а затем через две недели в течение первого года роста сеянцы подкармливали стимулятором роста «Циркон» («НЭСТ М», Россия). Концентрация раствора препарата составила 1 мл / 10 л. Контроль — сеянцы, не обработанные стимулятором. Во второй год роста сеянцев проведена обработка их стимулятором «Феровит» («НЭСТ М», Россия). Концентрации растворов следующие: 1,5 мл / 1,5 л и 1,5 мл / 3 л воды. Контроль представлен сеянцами, не получавшими подкормку (табл. 1). С третьего года использование «Феровита» прекращено.

На рисунке 1 представлен общий вид трехлетних сеянцев кедра корейского (фрагмент).

Таблица 1. Схема опыта

Table 1. Experience scheme

Варианты опытов	Концентрации растворов	
	Контроль	Сеянцы без обработки стимуляторами
1 «Циркон» + «Феровит»	1,5 мл / 1,5 л	1,5 мл / 3 л

Рис. 1. Общий вид трехлетних сеянцев кедра корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.). Фото автора

Fig. 1. The general view of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings. Author's photo



В отношении сеянцев в качестве средств ухода реализованы мероприятия агротехнического характера. Удалялась нежелательная растительность, рыхлилась почва между строчками. Сеянцы регулярно поливались с учетом погодных условий. Была предусмотрена защита специальными щитами, целью которой было притенение. Осуществлялись корневая подкормка сеянцев растворами стимуляторов и их защита от вредителей и болезней.

На третий год роста растений (осеню) методом сплошного учета линейкой замеряли высоту и выявляли модельные экземпляры [23]. От каждого варианта отобраны по три сеянца. Определены прирост по высоте и диаметр корневой шейки, длина корней, а также сухая масса. Прирост по высоте и длину корней измеряли с помощью деревянной линейки с точностью до 1 мм (фирма «Гамма», Россия), диаметр корневой шейки — с применением электронного штангенциркуля Carbon Fiber Composites Digital Caliper с точностью до 0,1 мм (производитель Shenzhen Alisi Electronic Technology Co., Ltd., Китай). Сухую массу определяли на электронных весах MW-II с точностью до 0,01 г (производство компании Cas Corp., Корея).

Результаты опытов обрабатывали в программе Microsoft Excel 2007 (США). Существенность различий с контролем рассчитывали с помощью специальной формулы расчета различий между двумя средними показателями в сочетании с критерием Стьюдента. Для установления достоверности различий по показателям высоты между вариантами опытов и контрольной группой сеянцев применяли критерий Фишера¹.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Существенное влияние на показатели высоты сеянцев (на 126,1% выше контроля) оказал вариант обработки стимуляторами «Циркон» + «Феровит» при концентрации 1,5 мл / 3 л, состав 20,8 см, что превысило контроль в 2,3 раза. Отмечено, что всходы визуально имели большую высоту надземной части в сравнении с вариантами на контроле и обработанными концентрацией раствора 1,5 мл / 1,5 л воды. Корневая подкормка сеянцев стимуляторами «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 1,5 л также эффективна, но в меньшей степени. Превышение к контролю составило 68,5%. Различия с контролем существенны — $T \geq 3$ (табл. 2).

Дисперсионным анализом доказана достоверность различий по высоте между вариантами опыта на 5%-ном уровне значимости: $F_{\text{табл}} \geq F_{\text{stat}}$ (табл. 3).

Более наглядно нарастание сеянцев по высоте отражено на рисунке 2.

На нарастание прироста по высоте также наибольший эффект оказала корневая подкормка сеянцев стимуляторами роста «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 3 л воды, где он составил 7,1 см, превысив контроль на 136,7%. Менее положительное влияние оказало применение препарата «Феровит» в концентрации 1,5 мл / 1,5 л воды. Превышение к контролю — 30% (табл. 2, рис. 3).

Обработка сеянцев стимуляторами «Циркон» + «Феровит» в концентрации 1,5 мл / 3 л воды привела к увеличению показателей диаметра шейки корня на 20%,

Таблица 2. Влияние корневой подкормки стимуляторами «Циркон» и «Феровит» на рост трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.)
Table 2. Influence of root fertilizing with the growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the growth of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings

№ п/п	Стимулятор роста / Концентрация раствора, мл/л	Высота, $M \pm m$, см	Существенность различий (Т)	Прирост по высоте, см	Диаметр шейки корня, мм	Длина корней, см
1.	Контроль	9,2 ± 0,9		3,0 ± 1,0	0,5 ± 0,1	11,0 ± 1,0
2.	«Циркон» 1 мл / 10 л + «Феровит» 1,5 мл / 1,5 л	15,5 ± 0,9	4,8 ≥ 3,0	3,9 ± 0,9	0,5 ± 0,1	11,2 ± 0,3
	Процент к контролю	+68,5		+30,0	-	+1,8
3.	«Циркон» 1 мл / 10 л + «Феровит» 1,5 мл / 3 л	20,8 ± 1,3	7,3 ≥ 3,0	7,1 ± 2,6	0,6 ± 0,1	13,4 ± 4,0
	Процент к контролю	+126,1		+136,7	+20,0	+21,8

Таблица 3. Дисперсионный анализ влияния стимуляторов роста «Циркон» и «Феровит» на высоту трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.)
Table 3. Dispersion analysis of the effect of growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the height of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings

	df	S	MS	F stat	F tabl
Между группами	2	535,8891	267,9446	6,8564	3,07
Внутри групп	114	4455,0474	39,0794		
Общее	116	4990,9365			

Рис. 2. Влияние стимуляторов роста «Циркон» и «Феровит» на нарастание высоты трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), см

Fig. 2. Influence of the growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the growth of the height of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings, cm

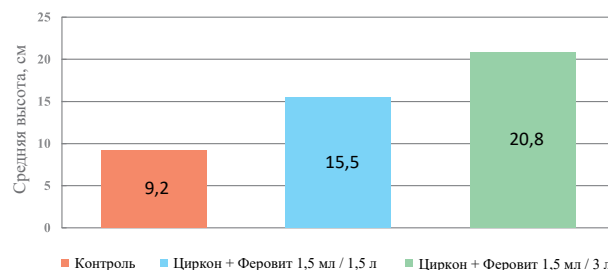
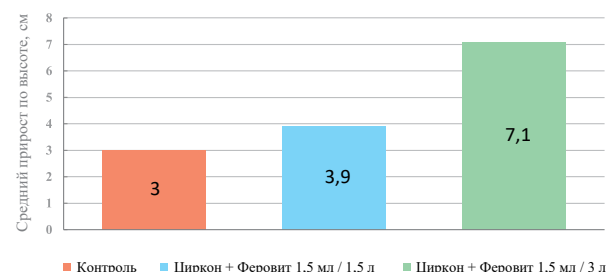


Рис. 3. Влияние стимуляторов роста «Циркон» и «Феровит» на прирост по высоте трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), см

Fig. 3. Influence of the growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the height gain of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings, cm



составил 0,6 см. Соответственно, подкормка сеянцев стимулятором «Феровит» более высокой концентрации (1,5 мл / 1,5 л) положительного влияния не оказала. Значения были на одном уровне с контролем (табл. 2, рис. 4).

Наибольшая протяженность корневой системы оказалась в варианте опыта с применением «Циркона» и «Феровита» концентрацией 1,5 мл / 3 л воды — 13,4 см. Превышение к контролю — 21,8%. При корневой

Рис. 4. Влияние стимуляторов роста «Циркон» и «Феровит» на нарастание диаметра шейки корня трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), мм

Fig. 4. Influence of the growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the growth of the diameter of root collar of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings, mm

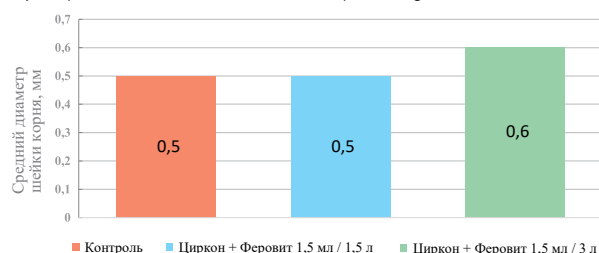


Рис. 5. Влияние стимуляторов роста «Циркон» и «Феровит» на нарастание длины корней трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), см

Fig. 5. Influence of the growth stimulants "Zirkon" and "Ferovit" on the growth of the length of roots of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings, cm

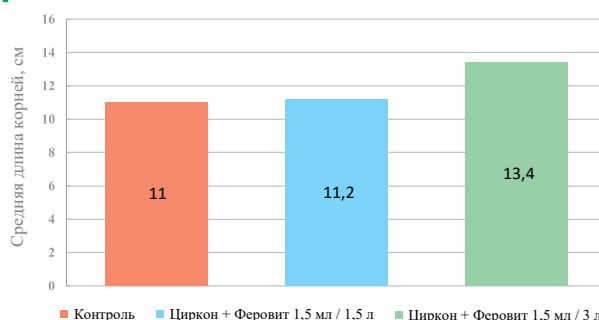


Таблица 4. Влияние стимуляторов роста на биомассу трехлетних сеянцев кедр корейского (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), г

Table 4. Influence of the growth stimulants on the biomass of three-year-old Korean pine (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) seedlings, g

Вариант опыта	Количество веточек первого порядка, шт.	Сухая масса сеянца в воздушно-сухом состоянии, М ± m, г					
		стволовик	веточки	хвоя	итого надземная часть	корневая система	общая масса
Контроль	1	0,9 ± 0,3	0,1 ± 0,1	2,5 ± 0,3	3,5 ± 0,6	1,3 ± 0,3	4,8 ± 0,6
«Циркон» 1 мл / 10 л + «Феровит» 1,5 мл / 1,5 л	1	1,1 ± 0,3	0,1 ± 0,1	3,3 ± 0,3	4,5 ± 0,3	2,0 ± 0,3	6,5 ± 0,6
Процент к контролю	–	+22,2	–	+32,0	+28,6	+53,8	+35,4
«Циркон» 1 мл / 10 л + «Феровит» 1,5 мл / 3 л	2	3,1 ± 0,7*	0,7 ± 0,3	8,6 ± 1,7*	2,4 ± 2,3*	4,5 ± 1,2*	16,9 ± 3,2*
Процент к контролю	+100,0	+244,4	+600,0	+244,0	+254,3	+246,2	+252,1

Примечание: * различия с контролем достоверны по t-критерию Стьюдента при $p < 0,05$.

подкормке стимуляторами «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 1,5 л длина корней оказалась заметно меньшей (11,2 см), превысив показатели контрольной группы лишь на 1,8% (табл. 2, рис. 5).

На увеличение массы сеянцев более активное влияние оказали препараты «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 3 л воды (табл. 4). Так, общая масса сеянцев составила 16,9 г, превысив контроль в 3,5 раза. Различия с контролем существенны: $t_{0,05} = 3,7 > t_{st} = 2,78$. При использовании стимулятора «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 1,5 л наблюдалось незначительное превышение к контрольным показателям (на 35,4%).

Общая масса — 6,5 г. Вариант обработки препаратами «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 3 л наибольший эффект оказал на нарастание массы хвои и стволика (на 244%), корневой системы (на 246,2%). Различия с контролем достоверны: $t_{факт} > t_{табл}$ при $p < 0,05$. При подкормке препаратами «Циркон» + «Феровит» концентрацией 1,5 мл / 1,5 л разница с контролем по данным показателям была не существенна. Отмечено, что препарат не оказал положительного влияния на массу веточек. Она была на уровне с контролем.

Менее положительный эффект концентрации раствора препарата 1,5 мл / 1,5 л на увеличение морфометрических показателей трехлетних сеянцев кедр корейского вероятно связан с повышенным содержанием в растворе действующего вещества.

Выводы/Conclusion

Таким образом, установлено положительное влияние указанных препаратов на нарастание биометрических показателей трехлетних сеянцев кедр корейского.

Выявлено, что значимый эффект на рост сеянцев кедр оказала корневая подкормка стимуляторами роста «Циркон» + «Феровит» концентрацией раствора 1,5 мл / 3 л воды. Отмечено повышение показателей роста сеянцев по высоте на 126,1%, приросту высоты — на 136,7%, диаметра корневой шейки — на 20%, протяженности корневой системы — на 21,8%, сухой массы — на 252,1%.

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 «Изучение и мониторинг наземных биологических ресурсов юга Дальнего Востока России». Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 121031000120-9.

FUNDING

The research was carried out within the state assignment on the topic "Study and monitoring of terrestrial biological resources in the south of the Russian Far East". The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 121031000120-9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ostroshenko V., Ostroshenko L. Efficiency of the Application of Growth Stimulants Ribav-Extra and Zirkon in the Germination of Manchurian Fir (*Abies holophylla* Maxim.) Seeds. Muratov A., Ignateva S. (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East* (AFE-2021). Cham: Springer. 2022; 1: 637–647. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_71

REFERENCES

1. Ostroshenko V., Ostroshenko L. Efficiency of the Application of Growth Stimulants Ribav-Extra and Zirkon in the Germination of Manchurian Fir (*Abies holophylla* Maxim.) Seeds. Muratov A., Ignateva S. (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East* (AFE-2021). Cham: Springer. 2022; 1: 637–647. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_71

2. Никитенко Е.А. Сохранение генофонда кедр корейского на Дальнем Востоке. *Инновации и технологии в лесном хозяйстве (ITF-2014). Тезисы докладов Международной научно-практической конференции.* Санкт-Петербург: СПбНИИЛХ. 2014; 86.
3. Алиев Э.В., Сиволопов А.И. Влияние предпосевной обработки семян на всхожесть и рост сеянцев сосны обыкновенной ростовыми веществами. *Современные проблемы науки и образования.* 2013; (4): 369. <https://www.elibrary.ru/rofxpf>
4. Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С., Кабанов А.Н. Опыт интенсивного выращивания однолетних сеянцев сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.* 2019; 6: 104–117. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6. 104
5. Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесобразующих видов средней Сибири. *Сибирский лесной журнал.* 2016; 1: 39–45. DOI: 10.15372/SJFS20160104
6. Мустаев Ф.А. Эффективность нового стимулятора роста Навруз. *Защита и карантин растений.* 2008; 10: 28.
7. Романенко А.К., Солонкин А.В., Соломенцева А.С., Егоров С.А. Использование гуминовых препаратов для выращивания посадочного материала древесных растений в аридном регионе. *Аграрный вестник Урала.* 2022; 6(221): 2–15. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15
8. Скозарева И.А., Чернудубов А.И. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев сосны обыкновенной. *Лесотехнический журнал.* 2019; 9; 3(35): 87–95. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/8
9. Барайшчук Г.В., Коновалова А.П., Кривошеева Ю.Д., Дегтярева А.И. Влияние микробиологических препаратов на выращивание липы мелколистной в условиях южной лесостепи Омской области. *Вестник Омского государственного аграрного университета.* 2022; 1(45): 5–12. DOI: 10.48136/2222-0364-2022-1-5
10. Барышникова С.В., Мухина М.А. Влияние комплексных препаратов на рост и развитие сеянцев туи корейской (*Thuja koraiensis* Nakai). *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета.* 2013; 11: 111–114.
11. Галдина Т.Е., Шевченко К.В. Оценка влияния биостимуляторов на состояние и качество сеянцев ели европейской (*Picea abies*). *Студентский научный форум. IV Международная студенческая электронная научная конференция.* Москва. 2012; 7. <https://www.elibrary.ru/vyuvud>
12. Никитенко Е.А., Гуль Л.П., Король Л.А. Изучение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала дальневосточных древесных пород. *Субтропическое и южное садоводство России.* 2005; 38: 171.
13. Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Острошенко В.Ю. Влияние корневой подкормки стимуляторами роста одно-двулетних сеянцев пихты почкочешуйной на их дальнейший рост. *Вестник КрасГАУ.* 2015; 10: 160–167.
14. Острошенко В.В., Поleshchuk V.A., Острошенко В.Ю. Влияние стимулятора роста «Эпин-Экстра» на выращивание посадочного материала пихты почкочешуйной в Приморском крае. Теоретические и прикладные вопросы науки и образования. *Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции.* Тамбов. 2017; 89–93.
15. Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Эффективность применения стимуляторов роста при выращивании сеянцев пихты цельнолистной (*Abies holophylla* Maxim.). *Успехи современного естествознания.* 2020; (4): 41–47. <https://doi.org/10.17513/use.37360>
16. Пентелькина Н.В., Пентелькина Ю.С. Стимулирующее действие циркона на рост сеянцев хвойных интродуцентов. *Лесной вестник.* 2002; 2: 24–28.
17. Родин С.А., Проказин Н.Е., Казаков В.И., Лобанова Е.Н., Пентелькина Н.В. Оценка целесообразности применения ростовых препаратов при выращивании сеянцев хвойных пород. Леса России: политика, промышленность, наука, образование. *Сборник материалов Международной научно-технической конференции.* Санкт-Петербург. 2017; 134–136.
18. Сунцова Л.Н., Салцевич Ю.В. Влияние комплекса биопрепаратов на содержание фотосинтетических пигментов в хвое двухлетних сеянцев ели сибирской. *Фруктоводство, семеноводство, интродукция древесных растений.* Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева. 2019; 22: 184–187. <https://elibrary.ru/dxmismr>
19. Лебедева В.В., Букина Е.С., Мельникова Г.В. Влияние «Циркона» и «Феровита» на продуктивность шиповника. Современные проблемы агропромышленного комплекса. *Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции.* Кинель. 2017; 50, 51.
20. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Резвякова Е.С. Размножение хвойных пород зелеными черенками с использованием новых биопрепаратов. *Вестник аграрной науки.* 2017; (2): 9–14. <https://elibrary.ru/yvmqvz>
21. Домнина Е.А., Черезова С.Н. Влияние универсального стимулятора «Феровит» на формирование надземной массы комнатных растений. *Экология родного края: проблемы и пути решения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.* Киров: Радуга-Пресс. 2016; 1: 275, 276. <https://elibrary.ru/wcxzrf>
22. Дорожжина Л.А., Пенкин Р.В., Смирнов А.Н. Силиплант против альтернариоза пасленовых культур. *Гавриш.* 2012; (3): 18–21. <https://elibrary.ru/ozbjtl>
23. Острошенко В.Ю., Острошенко Л.Ю. Влияние предпосевной обработки семян (дражирования) на грунтовую всхожесть и дальнейший рост сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). *Лесной вестник.* 2022; 26(1): 35–40. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-1-35-40>
2. Nikitenko E.A. Preservation of the Korean pine gene pool in the Far East. *Innovation and Technology in Forestry (ITF-2014). Theses of IV International Scientific and Practical Conference.* St. Petersburg: Saint Petersburg Forestry Research Institute. 2014; 86 (In Russian).
3. Aliev E.V., Sivolapov A.I. Impact of growth substances on Scotch pine seed pretreatment. *Modern problems of science and education.* 2013; (4): 369 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/rofxpf>
4. Kabanova S.A., Danchenko M.A., Kochegarov I.S., Kabanov A.N. The experience of intensive cultivation of one-year-old seedlings of *Pinus sylvestris* L. in Pavlodar region of the republic of Kazakhstan. *Russian Forestry Journal.* 2019; 6: 104–117 (In Russian). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.104
5. Kirienko M.A., Goncharova I.A. The influence of growth stimulants at different concentrations on ground seed germination and survival of seedlings of the main forest forming species of Central Siberia. *Siberian journal of forest science.* 2016; 1: 39–45 (In Russian). DOI: 10.15372/SJFS20160104
6. Mustaev F.A. The effectiveness of the new growth stimulator Navruz. *Plant Protection and Quarantine.* 2008; 10: 28 (In Russian).
7. Romanenko A.K., Solonkin A.V., Solomentseva A.S., Egorov S.A. The use of humic preparations for the cultivation of planting material of woody plants in the arid region. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2022; 6(221): 2–15 (In Russian). DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-2-15
8. Skozareva I.A., Chernodubov A.I. The effectiveness of the use of growth stimulants in the cultivation of seedlings of Scotch pine. *Lesotekhnicheskii zhurnal.* 2019. 9; 3(35): 87–95 (In Russian). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.3/8
9. Barayshchuk G.V., Konovalova A.P., Krivosheeva Yu.D., Degtyareva A.I. The influence of microbiological fertilizers on the cultivation of small-leaved linden in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region. *Vestnik OmskSAU.* 2022; 1(45): 5–12 (In Russian). DOI: 10.48136/2222-0364-2022-1-5
10. Baryshnikova S.V., Mukhina M.A. Influence of complex preparations on growth and development of seedlings of thuja Korean (*Thuja koraiensis* Nakai). *Bulletin of the Botanical Garden of the Saratov State University.* 2013; 11: 111–114 (In Russian).
11. Galdina T.E., Shevchenko K.V. Assessing the impact of bio-stimulants on the condition and quality seedlings of spruce (*Picea abies*). *Student scientific forum. IV International student electronic scientific conference.* Moscow. 2012; 7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vyuvud>
12. Nikitenko E.A., Gul L.P., Korol L.A. The study of growth stimulants in the cultivation of planting material of the Far Eastern tree species. *Subtropical and southern gardening of Russia.* 2005; 38: 171 (In Russian).
13. Ostroshenko V.V., Ostroshenko L.Yu., Ostroshenko V.Yu. The influence of the root additional fertilizing by the growth stimulants of the annual-biennial Khingam fir seedlings on their following growth. *The Bulletin of KrasGAU.* 2015; 10: 160–167 (In Russian).
14. Ostroshenko V.V., Poleschchuk V.A., Ostroshenko V.Yu. Influence of the growth stimulant "Epin-Extra" on the cultivation of Khingam fir planting material in the Primorsky Territory. Theoretical and applied issues of science and education. *Collection of scientific materials of the International scientific-practical conference.* Tambov. 2017; 89–93 (In Russian).
15. Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. The effectiveness of the application of growth stimulants in growing Manchurian fir (*Abies holophylla* Maxim.). *Advances in current natural sciences.* 2020; (4): 41–47 (In Russian). <https://doi.org/10.17513/use.37360>
16. Pentelkina N.V., Pentelkina Yu.S. Stimulating effect of zircon on the growth of seedlings of coniferous introduced species. *Forest Bulletin.* 2002; 2: 24–28 (In Russian).
17. Rodin S.A., Prokazin N.E., Kazakov V.I., Lobanova E.N., Pentelkina N.V. Evaluation of the feasibility of using growth preparations in the cultivation of coniferous seedlings. Forests of Russia: politics, industry, science, education. *Collection of scientific materials of the International scientific-technical conference.* St. Petersburg. 2017; 134–136 (In Russian).
18. Suntsova L.N., Saltsevich Yu.V. Influence of biopreparations on the content of photosynthetic pigments in needles of two-year-old seedlings of Siberian spruce. *Fruit growing, seed production, introduction of woody plants.* Krasnoyarsk: Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. 2019; 22: 184–187 (In Russian). <https://elibrary.ru/dxmismr>
19. Lebedeva V.V., Bukina E.S., Melnikova G.V. Influence of "Zircon" and "Ferovit" on the productivity of wild rose. Modern problems of the agro-industrial complex. *Collection of scientific materials of the International scientific-practical conference.* Kinel. 2017; 50, 51 (In Russian).
20. Rezvyakova S.V., Gurin A.G., Rezvyakova E.S. Reproduction of conifers green cuttings with the use of new biological products. *Bulletin of agrarian science.* 2017; (2): 9–14 (In Russian). <https://elibrary.ru/yvmqvz>
21. Domnina E.A., Cherezova S.N. The influence of the universal stimulant "Ferovit" on the formation of the above-ground mass of indoor plants. *Ecology of the native land: problems and solutions. Collection of proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation.* Kirov: Raduga-Press. 2016; 1: 275, 276 (In Russian). <https://elibrary.ru/wcxzrf>
22. Dorozhkina L.A., Penkin R.V., Smirnov A.N. Microelement fertilizer Siliplant against early blight of solanaceae crops. *Gavrish.* 2012; (3): 18–21 (In Russian). <https://elibrary.ru/ozbjtl>
23. Ostroshenko V.Yu., Ostroshenko L.Yu. Pre-sowing seed treatment (pelleting) influence on field germination and further growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin.* 2022; 26(1): 35–40 (In Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-1-35-40>

ОБ АВТОРАХ

Валентина Юрьевна Острошенко¹

кандидат сельскохозяйственных наук
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Максим Николаевич Шеин²

студент
shein91.91@mail.ru

Людмила Юрьевна Острошенко²

кандидат биологических наук, доцент
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5379-556X>

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр-т 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия

²Приморский государственный аграрно-технологический университет, пр-т Блюхера, 44, Уссурийск, 692510, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Valentina Yurevna Ostroshenko¹

Candidate of Agricultural Sciences
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Maxim Nikolaevich Shein²

Student
shein91.91@mail.ru

Lyudmila Yurevna Ostroshenko²

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5379-556X>

¹Federal Scientific Center for Biodiversity of Terrestrial Biota of East Asia FEB RAS,

159 Avenue of the 100th anniversary of Vladivostok, 690022, Russia

²Primorsky State Agrarian-Technological University, 44 Blucher Ave., Ussuriysk, 692510, Russia

Р.Р. Сафина¹ ✉
Р.В. Окунев²
Г.Ф. Рахманова¹
К.Р. Гарафутдинова¹

¹Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук"», Казань, Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

✉ rufina.masnavieva.63@gmail.com

Поступила в редакцию:
07.06.2023

Одобрена после рецензирования:
20.11.2023

Принята к публикации:
04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128

Rufina R. Safina¹ ✉
Rodion V. Okunev²
Gulnara F. Rakhmanova¹
Kamila R. Garafutdinova¹

¹Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science — a Separate Structural Subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science "Federal Research Center "Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", Kazan, Russia

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

✉ rufina.masnavieva.63@gmail.com

Received by the editorial office:
07.06.2023

Accepted in revised:
20.11.2023

Accepted for publication:
04.12.2023

Содержание аминокислот в растениях томата при применении препаратов «Глутамат натрия» и «Аминозол» в условиях солевого стресса

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Изучение влияния препаратов, содержащих аминокислоты, на накопление свободных аминокислот в растениях актуально в оценке их регуляторного и антистрессового действия.

Методы. Лабораторный опыт проводили в 2020 г. на растениях томата сорта Бетта. В качестве субстрата использовали серую лесную среднесуглинистую почву. Опыт выполняли на почве с разным засолением — а) контроль (почва не засолена), б) засоленная почва (50 ммоль/кг NaCl), в) засоленная почва (100 ммоль/кг NaCl), используя три варианта подкормки: без подкормки, подкормка «Глутаматом натрия», подкормка препаратом «Аминозол». Аминокислоты экстрагировали из корней и надземных частей растений в фазе вегетативного роста смесью «этанол + хлороформ + вода» (12:5:2) и применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с предколоночной дериватизацией аминокислот фенилизотиоцианатом.

Результаты. Засоление почвы хлоридом натрия вызвало увеличение количества свободных аминокислот в проростках томата. Суммарное содержание аминокислот возрастало до 849,8 мкг/кг (50 ммоль/кг NaCl) и 606,9 мкг/кг (100 ммоль/кг NaCl) по сравнению с контрольной почвой (385,3 мкг/кг). Засоление способствовало накоплению серина (от 50,4 до 414,4 мкг/кг) в проростках. Обработка препаратами («Глутамат натрия» и «Аминозол») повлияла на накопление ряда аминокислот, отвечающих за стрессоустойчивость растений. Подкормка «Глутаматом натрия» повысила общую концентрацию аминокислот до 1146,6 мкг/кг (50 ммоль/кг NaCl) и 1017,7 мкг/кг (100 ммоль/кг NaCl) по сравнению с соответствующими вариантами без подкормки. При этом увеличилась содержание глутаминовой (до 188,3 и 425,1 мкг/кг) и аспаргиновой (до 50,8 и 198,7 мкг/кг) кислот. «Аминозол» способствовал увеличению суммы аминокислот до 1834,2 мкг/кг (50 ммоль/кг NaCl) и 934,4 мкг/кг (100 ммоль/кг NaCl) соответственно.

Ключевые слова: засоление почвы, растения, томаты, «Глутамат натрия», «Аминозол», свободные аминокислоты

Для цитирования: 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; 377(12): 124–128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128>

© Сафина Р.Р., Окунев Р.В., Рахманова Г.Ф., Гарафутдинова К.Р.

The content of amino acids in tomato plants when using the preparations “Monosodium Glutamate” and “Aminosol” in conditions of salt stress

ABSTRACT

Relevance. The study of the effect of preparations containing amino acids on the accumulation of free amino acids in plants is relevant in assessing their regulatory and anti-stress effects.

Methods. A laboratory experiment was carried out in 2020 on tomato plants of the Betta variety. Gray forest medium loamy soil was used as a substrate. The experiment was performed on soil with different salinity — a) control (the soil is not saline), b) saline soil (50 mmol/kg NaCl), c) saline soil (100 mmol/kg NaCl), using three feeding options: without top dressing, top dressing with “Sodium Glutamate”, top dressing with “Aminosol”. Amino acids were extracted from the roots and aboveground parts of plants in the vegetative growth phase with a mixture of “ethanol + chloroform + water” (12:5:2) and the method of high-performance liquid chromatography (HPLC) with pre-columnar derivatization of amino acids with phenylisothiocyanate was used.

Results. Soil salinization with sodium chloride caused an increase in the amount of free amino acids in tomato seedlings. The total amino acid content increased to 849.8 µg/kg (50 mmol/kg NaCl) and 606.9 µg/kg (100 mmol/kg NaCl) compared to the control soil (385.3 µg/kg). Salinity contributed to the accumulation of serine (from 50.4 to 414.4 µg/kg) in seedlings. Treatment with preparations (“Monosodium glutamate” and “Aminosol”) affected the accumulation of a number of amino acids responsible for plant stress resistance. Supplementation with monosodium glutamate increased the total amino acid concentration to 1146.6 µg/kg (50 mmol/kg NaCl) and 1017.7 µg/kg (100 mmol/kg NaCl) compared to the corresponding variants without supplementation. At the same time, the content of glutamic (up to 188.3 and 425.1 µg/kg) and aspartic (up to 50.8 and 198.7 µg/kg) acids increased. “Aminosol” contributed to an increase in the amount of amino acids to 1834.2 µg/kg (50 mmol/kg NaCl) and 934.4 µg/kg (100 mmol/kg NaCl), respectively.

Key words: soil salinization, plants, tomatoes, “Monosodium glutamate”, “Aminosol”, free amino acids

For citation: Safina R.R., Okunev R.V., Rakhmanova G.F., 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; 377(12): 124–128 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-124-128>

© Safina R.R., Okunev R.V., Rakhmanova G.F., Garafutdinova K.R.

Введение/Introduction

Аминокислоты играют несколько важных ролей в жизни растений. Они участвуют в регуляции множества метаболических и биохимических путей, тем самым влияя на многочисленные физиологические процессы в растениях [1].

Помимо того что свободные аминокислоты — строительные блоки для вновь синтезируемых белков, многие аминокислоты, в том числе не участвующие в синтезе белка, играют важную роль в развитии растений и участвуют в реакции растений на стрессы окружающей среды [2].

Засоление — один из основных факторов окружающей среды, снижающих рост, развитие и продуктивность растений из-за ионной токсичности, а также осмотического стресса, которые влияют на ряд физиологических процессов и в конечном итоге подавляют фотосинтез [3].

По данным Международного института окружающей среды и развития и Института мировых ресурсов, около 10% площади суши и половина орошаемых земель в мире подвержены засолению. На территории России на 2020 год площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных засолению, составила 235,86 тыс. га¹.

Мощный защитный механизм, позволяющий поддерживать жизнеспособность клеток в условиях засоления, — аккумуляция низкомолекулярных соединений — аминокислот, которые могут участвовать в осмотической регуляции [4]. Например, установлено, что способность к аккумуляции пролина обеспечивает солетолерантность растений [5]. Аминокислота защищает фотосинтетический аппарат, выступает резервом для органического азота во время восстановления и влияет на рост растений во время стресса [6]. З.Ш. Ибрагимов (2022 г.) предполагает, что причина значительного роста содержания свободного пролина в листьях сои — разрушение белков в результате засоления (в 6,5 раз) [5].

В работе Е.Г. Остроженковой (2021 г.) описано, что при солевом стрессе ряд аминокислот в образцах пшеницы характеризовался тенденцией к снижению концентрации — это позволяет предположить прекращение их синтеза в пользу осморегуляторов. Под действием хлорида натрия с концентрациями 0,1 М и 1 М значения содержания аспарагина и аспартата относительно совпадают, а при концентрации 5 М происходило резкое снижение. Увеличение содержания треонина в растениях наблюдается при низких концентрациях хлорида натрия. Для изолейцина, лейцина и валина изменения в концентрациях незначительны при самой низкой концентрации соли [7].

Растения имеют способность к самостоятельному синтезу аминокислот, но по мере роста и воздействия на них стрессовых факторов поступление их извне дает возможность растению ускорить метаболические процессы [8]. Так, в работе S. Deivanai (2011 г.), обработка растений 0,1 М пролина способствовала опережению роста у проростков риса [9]. В исследовании Т.А. Рябчинской и Т.В. Зимина (2017 г.) выявлено, что при обработке семян ячменя аминокислотами (пролин, валин, глутамин, изолейцин, глицин, фенилаланин, аргинин) в крайне низких дозировках (от 0,01 до 0,5 мл / 1 т семян) повышаются защитные реакции и активность отдельных ростовых процессов [10].

Пролин повышает адаптивность при воздействии стрессов, не выходящих за рамки нормы реакции, и

не работает при более сильных воздействиях. В более жестких условиях устойчивость обеспечивается механизмами, в которых задействованы другие аминокислоты, такие как глицин и метионин. Сочетание всех трех аминокислот обеспечивает максимальную защиту от стресса. На этом свойстве основана применяемая в полевых условиях защита посевов от стрессов при обработке комплексом аминокислот [11].

Таким образом, регуляция накопления аминокислот и продуктов их метаболизма может иметь важное значение для развития, роста и стрессоустойчивости растений. В связи с этим изучение влияния препаратов, содержащих аминокислоты, на накопление свободных аминокислот в растениях актуально в оценке их регуляторного и антистрессового действия.

Цель исследования — изучить действие «Глутамата натрия» и препарата «Аминозол» на количество свободных аминокислот в растениях томата в условиях солевого стресса.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Лабораторные исследования проводили в 2020 г. на базе ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Исследуемый образец — томат сорта Бетта (*Solanum lycopersicum* L.) («Гавриш», Россия). Раннеспелый, детерминированный, низкорослый сорт, удобен для выращивания в лабораторных условиях. Семена томата проращивали в закрытом грунте для рассады в климатической камере (освещение — 60 Вт/м² в течение 16–18 часов в день; температура: дневная — +22 °С, ночная — 16–18 °С; влажность — 60–70%). Через 21 день проростки пересаживали в опытные контейнеры (объем 0,9 кг) в искусственно засоленную почву и проводили листовую подкормку «Глутаматом натрия» и препаратом «Аминозол». В качестве субстрата использовали серую лесную среднесуглинистую почву (отобрана в Пестречинском районе Республики Татарстан летом 2020 г.).

Схема опыта

- А) контрольная почва (без засоления):
 - 1) без подкормки;
 - 2) подкормка «Глутаматом натрия»;
 - 3) подкормка препаратом «Аминозол»;
- Б) засоленная почва (50 ммоль/кг NaCl):
 - 4) без подкормки;
 - 5) подкормка «Глутаматом натрия»;
 - 6) подкормка препаратом «Аминозол»;
- В) засоленная почва (100 ммоль/кг NaCl):
 - 7) без подкормки;
 - 8) подкормка «Глутаматом натрия»;
 - 9) подкормка препаратом «Аминозол».

Засоление моделировали внесением NaCl («ХимМед-Поволжье», Россия) в концентрациях 50 и 100 ммоль/кг. Дозы хлорида натрия были установлены исходя из результатов литературных источников [6].

«Глутамат натрия» ($C_5H_8NO_4Na \times H_2O$) (г. Гуру, Китай) — мононатриевая соль глутаминовой кислоты (Е621). Раствор «Глутамата натрия» готовили с соответствующим количеством вещества в пересчете на глутаминовую кислоту.

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». М.: Минприроды России; МГУ им. М.В. Ломоносова. 2021; 864.

«Аминозол» (АО Фирма «Август», Россия) — жидкое органическое удобрение с полным комплексом аминокислот, которое производят из продуктов животного происхождения. Препарат «Аминозол» использовали в количестве, указанном производителем (5 мл на 1 л воды).

Аминокислоты экстрагировали из растений томата в фазе вегетативного роста (через 21 день после пересадки) смесью «этанол + хлороформ + вода» (12:5:2) и применяли метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с предколоночной дериватизацией аминокислот фенилизотиоцианатом [12].

Статистическую обработку данных опыта проводили с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel 2016 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате исследований в растениях томата установлено содержание 17 аминокислот (табл. 1), из которых 9 (пролин, аланин, фенилаланин, изолейцин, серин, метионин, лизин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота) — незаменимые.

В контрольном образце без подкормки общее количество аминокислот в растениях составило 385,3 мкг/кг. Основные аминокислоты — гистидин (19,7% от общего содержания), глицин (14,0%), серин (13,1%), аспарагиновая кислота (7,9%).

Препараты способствовали повышению содержания аминокислот. После применения «Глутамата натрия» сумма аминокислот увеличилась до 491,1 мкг/кг. В этом варианте преобладали такие аминокислоты, как глутаминовая кислота (21,9% от общего содержания), гистидин (13,4%), глицин (12,9%), аспарагиновая кислота (10,7%), серин (8,3%).

Применение препарата «Аминозол» также способствовало увеличению содержания аминокислот в растениях до 647,2 мкг/кг. Доминирующими аминокислотами были глицин (19,2%), гистидин (17,1%), серин (9,4%), валин (7,6%).

Так, в растениях, выращенных в контрольной почве (без засоления), во всех вариантах обработки в основном наблюдали повышение содержания глицина (в 1,2–2,3 раза) по сравнению с вариантом без подкормки. Низкое содержание установлено для аспарагина.

Таблица 1. Содержание свободных аминокислот в растениях томата в контрольной почве без засоления (мкг/кг сухого вещества)

Table 1. The content of free amino acids in tomato plants in the control soil without salinization (mcg/kg of dry matter)

Аминокислота	Без подкормки	Глутамат натрия	Аминозол
Аспарагиновая кислота	30,60 ± 1,08	52,70 ± 0,83	47,60 ± 0,76
Глутаминовая кислота	24,80 ± 0,55	107,30 ± 0,30	35,40 ± 0,78
Аспарагин	3,10 ± 0,30	1,00 ± 0,08	1,20 ± 0,32
Серин	50,40 ± 0,42	40,60 ± 0,25	60,70 ± 0,75
Глутамин	11,30 ± 0,35	9,00 ± 0,35	18,00 ± 0,84
Глицин	54,10 ± 0,45	63,20 ± 0,55	124,00 ± 0,93
Гистидин	75,80 ± 0,61	65,70 ± 0,59	110,80 ± 0,95
Аргинин	16,00 ± 0,45	11,00 ± 0,62	15,80 ± 0,89
Треонин	7,90 ± 0,53	8,30 ± 0,42	16,90 ± 0,85
Аланин	6,50 ± 0,35	9,30 ± 0,44	21,30 ± 0,57
Пролин	9,40 ± 0,58	8,60 ± 0,36	9,80 ± 0,82
Тирозин	22,10 ± 0,55	35,00 ± 0,74	44,50 ± 0,76
Валин	15,90 ± 0,55	25,20 ± 0,40	49,40 ± 0,55
Изолейцин	8,80 ± 0,71	11,40 ± 0,99	14,30 ± 0,74
Лейцин	15,30 ± 0,96	9,70 ± 0,82	20,70 ± 0,58
Фенилаланин	17,20 ± 0,49	19,50 ± 0,72	27,80 ± 0,75
Лизин	16,10 ± 0,75	13,60 ± 0,61	29,00 ± 0,95
Сумма	385,30	491,10	647,20

Аминокислоты по-разному реагировали на солевой стресс. Засоление почвы хлоридом натрия привело к значительному увеличению общего содержания свободных аминокислот в вариантах без подкормки — в 2,2 раза (50 ммоль/кг NaCl) и в 1,6 раза (100 ммоль/кг NaCl) по сравнению с контрольной почвой (табл. 2).

При засолении почвы выявлено понижение содержания аспарагиновой кислоты в 2,5 раза и 1,5 раза, глутаминовой кислоты в 1,3 раза при 50 и 100 ммоль/кг NaCl соответственно. По-видимому, это связано с их участием в биосинтезе других аминокислот в условиях солевого стресса.

Повышение содержания наблюдали для серина (в 1,1–1,3 раза), глутамина (в 1,4–1,5 раза), глицина (в 1,1–1,4 раза), аргинина (в 1,1–1,3 раза), треонина (в 1,9–2,3 раза), аланина (в 1,8–2 раза), пролина (в 1,9–2 раза), тирозина (в 1,3–1,9 раза), валина

Таблица 2. Содержание свободных аминокислот в растениях томата при разной степени засоления почвы (мкг/кг сухого вещества)
Table 2. The content of free amino acids in tomato plants at different degrees of soil salinity (mcg/kg of dry matter)

Аминокислота	50 ммоль/кг NaCl			100 ммоль/кг NaCl		
	без подкормки	Глутамат натрия	Аминозол	без подкормки	Глутамат натрия	Аминозол
Аспарагиновая кислота	12,30 ± 0,64	198,70 ± 0,70	24,40 ± 0,55	20,20 ± 0,49	50,80 ± 0,80	42,50 ± 0,61
Глутаминовая кислота	19,40 ± 0,75	188,30 ± 0,74	22,90 ± 0,85	18,60 ± 0,95	425,10 ± 0,71	21,40 ± 0,53
Аспарагин	3,100 ± 0,70	1,70 ± 0,56	7,900 ± 0,85	2,10 ± 0,51	1,10 ± 0,23	1,10 ± 0,15
Серин	414,40 ± 1,03	88,70 ± 0,62	327,80 ± 0,82	245,60 ± 0,55	174,40 ± 0,60	312,80 ± 0,91
Глутамин	16,90 ± 0,93	17,40 ± 0,60	20,90 ± 0,76	17,10 ± 0,79	10,50 ± 1,10	26,60 ± 0,92
Глицин	75,80 ± 0,81	122,80 ± 0,80	181,80 ± 0,70	60,20 ± 0,75	70,70 ± 0,71	155,40 ± 0,87
Гистидин	98,50 ± 0,76	28,60 ± 0,50	194,10 ± 0,70	65,50 ± 0,64	20,70 ± 0,87	73,20 ± 0,75
Аргинин	17,60 ± 0,95	27,50 ± 0,75	23,50 ± 0,68	20,60 ± 0,55	32,40 ± 0,61	55,90 ± 0,96
Треонин	15,00 ± 0,95	19,50 ± 0,67	49,50 ± 0,64*	18,60 ± 0,60	20,60 ± 0,95	25,30 ± 0,60
Аланин	13,00 ± 0,85	26,50 ± 0,80	39,30 ± 0,68	12,10 ± 0,49	28,60 ± 0,65	22,20 ± 0,79
Пролин	18,30 ± 0,65	52,50 ± 0,60	32,70 ± 0,62	19,20 ± 0,72	25,10 ± 0,75	13,20 ± 0,50
Тирозин	42,00 ± 0,95	62,30 ± 0,60	219,70 ± 0,46	30,20 ± 0,67	28,50 ± 0,55	38,20 ± 0,70
Валин	30,20 ± 0,75	78,20 ± 0,70	173,90 ± 0,75	24,30 ± 0,57	22,30 ± 0,72	36,20 ± 0,50
Изолейцин	15,90 ± 0,95	66,60 ± 0,61	116,60 ± 0,65	11,80 ± 0,71	25,60 ± 0,60	26,20 ± 0,72
Лейцин	18,40 ± 0,60	64,60 ± 0,50	148,30 ± 0,60	9,80 ± 0,96	24,80 ± 0,71	25,70 ± 0,87
Фенилаланин	29,30 ± 0,82	66,90 ± 0,67	181,30 ± 0,60	20,50 ± 0,96	24,30 ± 0,55	24,90 ± 0,90
Лизин	17,70 ± 0,75	35,70 ± 0,51	69,80 ± 0,71	10,50 ± 0,74	32,20 ± 0,60	33,60 ± 0,62
Сумма	849,80	1146,60*	1834,20*	606,90	1017,70*	934,40*

(в 1,5–1,9 раза), изолейцина (в 1,3–1,8 раза) по сравнению с контрольной почвой в варианте без подкормки.

В растениях отмечали высокое содержание серина по сравнению с другими аминокислотами. Так, при засолении 50 ммоль/кг NaCl количество серина составило 48,8% от общего содержания при 100 ммоль/кг NaCl 40,5%.

Подобные данные, которые отражают негативное влияние различных факторов (засоление, температура и др.) на состав аминокислот и фермента пероксидазы в листьях пшеницы, представлены в работе В.Г. Кривобочек с соавторами (2016 г.) [13].

Подкормка растений препаратами аминокислот в условиях солевого стресса способствовала повышению количества многих аминокислот.

В варианте с применением «Глутамата натрия» при хлоридном засолении в дозе 50 ммоль/кг наблюдали увеличение общей концентрации аминокислот до 1146,6 мкг/кг (в 1,3 раза) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки (табл. 2).

«Глутамат натрия» положительно повлиял на накопление аспарагиновой кислоты (в 16,1 раза), глутаминовой кислоты (в 9,8 раза), глутамина (в 1 раз), глицина (в 1,6 раза), аргинина (в 1,5 раза), треонина (в 1,3 раза), аланина (в 2 раза), пролина (в 2,8 раза), тирозина (в 1,5 раза), валина (в 2,6 раза), изолейцина (в 4,2 раза), лейцина (в 3,5 раза), фенилаланина (в 2,3 раза), лизина (в 2 раза). Понижение концентрации установлено для аспарагина (в 1,8 раза), серина (в 4,7 раза), гистидина (в 3,4 раза) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки.

В условиях повышенной концентрации солей (100 ммоль/кг NaCl) при подкормке «Глутаматом натрия» сумма аминокислот возросла до 1017,7 мкг/кг (в 1,7 раза) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки. В этом варианте повысилось содержание аспарагиновой кислоты (на 30,6 мкг/кг), глутаминовой кислоты (на 406,5 мкг/кг), глицина (на 10,5 мкг/кг), аргинина (на 11,8 мкг/кг), треонина (на 2 мкг/кг), аланина (на 16,5 мкг/кг), пролина (на 5,9 мкг/кг). Наивысший показатель наблюдали для глутаминовой кислоты — 41,8% от общего содержания. Выявлено снижение концентрации аспарагина (на 1 мкг/кг) по сравнению с вариантом без подкормки, серина (на 71,2 мкг/кг), глутамина (на 6,6 мкг/кг), гистидина (на 44,8 мкг/кг), тирозина (на 1,7 мкг/кг), валина (на 2 мкг/кг).

В работе Л.Н. Федоровой с соавторами (2021 г.) также представлены результаты по адаптации пробирочного материала картофеля при обработке их L-глутаминовой кислотой и L-аспарагиновой кислотой [14]. Зарубежные авторы X. Wu *et al.* (2020 г.) привели данные по устойчивости проростков томата к солевому стрессу при обработке γ -аминомасляной кислотой [15].

С применением препарата «Аминозол» в условиях засоления (50 ммоль/кг NaCl) сумма аминокислот повысилась до 1834 мкг/кг (в 2,2 раза) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки.

Отмечали повышение ряда аминокислот: аспарагиновой кислоты (в 1,9 раза), глутаминовой кислоты (в 1,2 раза), аспарагина (в 2,5 раза), глутамина (в 1,2 раза),

глицина (в 2,4 раза), гистидина (в 1,9 раза), аргинина (в 1,3 раза), треонина (в 3,3 раза), аланина (в 3 раза), пролина (в 1,8 раза), тирозина (в 5,2 раза), валина (в 5,8 раза), изолейцина (в 7,3 раза), лейцина (в 8 раз), фенилаланина (в 6,2 раза), лизина (в 3,9 раза). Наблюдали понижение и серина (на 86,6 мкг/кг) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки.

При дозе 100 ммоль/кг NaCl в варианте с подкормкой «Аминозолом» суммарное содержание аминокислот увеличилось до 934,4 мкг/кг (в 1,5 раза) по сравнению с соответствующим вариантом без подкормки. Возросла концентрация таких аминокислот, как аспарагиновая кислота (в 2,1 раза), глутаминовая кислота (в 1,1 раза), глицин (в 2,6 раза), глутамин (в 1,5 раза), гистидин (в 1,1 раза), аргинин (в 2,7 раза), треонин (в 1,4 раза), аланин (в 1,8 раза), валин (в 1,5 раза), тирозин (в 1,3 раза), изолейцин (в 2,2 раза), лейцин (в 2,6 раза), фенилаланин (в 1,2 раза), лизин (в 3,2 раза). Высокое содержание отмечали для серина (33,5% от общего содержания), низкое — для аспарагина (0,1% от общего содержания) и пролина (1,4%).

Так, обработка препаратами аминокислот в условиях засоления способствовала активизации синтеза стрессовых белков, повышающих устойчивость и адаптацию растений.

Закключение/Conclusion

В растениях, выращенных в почве без засоления с применением препаратов, повысилась общая концентрация аминокислот на 491,1 и 647,2 мкг/кг по сравнению с вариантом без обработки. Листовая подкормка «Глутаматом натрия» способствовала увеличению содержания таких аминокислот, как глицин (на 9,1 мкг/кг), глутаминовая кислота (на 82,5 мкг/кг) и аспарагиновая кислота (22,1 мкг/кг). Обработка «Аминозолом» повышала концентрацию глицина (в 2,3 раза), гистидина (в 1,5 раза), серина (в 1,2 раза) и валина (в 3,1 раза).

Засоление почвы хлоридом натрия привело к изменениям содержания свободных аминокислот в растениях томата. Сумма свободных аминокислот увеличилась в 1,6–2,2 раза. Солевой стресс способствовал накоплению серина в растениях в 4,9–8,2 раза по сравнению с контрольной почвой.

Подкормка растений «Глутаматом натрия» при искусственном засолении почвы позволила повысить содержание глутаминовой кислоты (в 9,7–22,9 раза) и аспарагиновой кислоты (в 2,5–16,2 раза), которые отвечают за адаптацию растений к стрессовым условиям, а также участвуют в биосинтезе других аминокислот. «Аминозол» способствовал увеличению серина (в 1,3 раза), глицина (в 2,4–2,6 раза), тирозина (в 1,3–5,2 раза) и гистидина (в 1,1–1,9 раза).

Повышение содержания некоторых аминокислот в растениях при подкормке препаратами может свидетельствовать о возможности активации неспецифических защитных реакций растений в условиях искусственного засоления. Данные препараты могут быть рекомендованы для применения в условиях солевого стресса.

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 № FMEG-2021-0003 (регистрационный № 121021600147-1).

FUNDING

The work was carried out within the framework of State Assignment No. FMEG-2021-0003 (registration No. 121021600147-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яхин О.И., Лубянов А.А., Калимуллина З.Ф., Батраев Р.А. Влияние регуляторов роста на стресс-индуцируемое накопление свободных аминокислот в растениях пшеницы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2012; (1): 38–40. <https://elibrary.ru/oyeesf>
2. Стаценко А.П., Перуанская О.Н. Накопление свободных аминокислот и морозостойкость озимой пшеницы. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 1983; (3): 35–37.
3. Pan Y.-Q. *et al.* The Photosynthesis, Na⁺/K⁺ Homeostasis and Osmotic Adjustment of *Atriplex canescens* in Response to Salinity. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: 848. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00848>
4. Pavlíková D., Zemanová V., Procházková D., Pavlík M., Száková J., Wilhelmová N. The long-term effect of zinc soil contamination on selected free amino acids playing an important role in plant adaptation to stress and senescence. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014; 100: 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.10.028>
5. Ибрагимов З.Ш. Параметры водного режима и активность антиоксидантной системы у образцов сои в условиях засухи и засоления. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; (2): 16–23. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-16-23>
6. Alfosea-Simón M. *et al.* Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. *Scientia Horticulturae*. 2020; 272: 109509. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109509>
7. Остроженкова Е.Г. Влияние хлорида натрия на прорастание семян пшеницы. Изучение метаболических профилей методом ¹HНМР. *Современные подходы к развитию агропромышленного, химического и лесного комплексов. Проблемы, тенденции, перспективы. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Великий Новгород: Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого*. 2021; 255–259. <https://doi.org/10.34680/978-5-89896-744-4/2021.AIC.43>
8. Иванкин А.Н. и др. О механизме биостимулирования и активации развития растительных культур. *Лесной вестник*. 2018; 22(5): 5–13. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2018-5-5-13>
9. Deivanai S., Xavier R., Vinod V., Timalata K., Lim O.F. Role of Exogenous Proline in Ameliorating Salt Stress at Early Stage in Two Rice Cultivars. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011; 7(4): 157–174. <https://elibrary.ru/onzgprv>
10. Рябчинская Т.А., Зими́на Т.В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства. *Агрохимия*. 2017; (12): 62–92. <https://doi.org/10.7868/S0002188117120092>
11. Гончарова Ю.К., Харитонов Е.М., Якунина А.А., Брагина О.А. Кластеризация российских сортов риса по аминокислотному составу в связи с устойчивостью к засухе. *Рисоводство*. 2021; (3): 27–31. <https://elibrary.ru/hgecia>
12. Fierabracci V., Masiello P., Novelli M., Bergamini E. Application of amino acid analysis by high-performance liquid chromatography with phenyl isothiocyanate derivatization to the rapid determination of free amino acids in biological samples. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 1991; 570(2): 285–291. [https://doi.org/10.1016/0378-4347\(91\)80531-G](https://doi.org/10.1016/0378-4347(91)80531-G)
13. Кривобочек В.Г., Стаценко А.П., Гураль Д.М., Курьшев И.А. Изменчивость обменных процессов в растениях пшеницы при стрессовых воздействиях. *Аграрный научный журнал*. 2016; (6): 20–23. <https://elibrary.ru/wiqjft>
14. Федорова Л.Н., Федорова Ю.Н., Макеенко К.Н. Изучение влияния L-глутаминовой кислоты и L-аспаргиновой кислоты на адаптацию пробирочного материала картофеля. *Современные тенденции в развитии АПК: технологии, качество, безопасность. Сборник материалов и докладов Международной научно-практической конференции. Великие Луки: Великолукская государственная сельскохозяйственная академия*. 2021; 81–83. <https://elibrary.ru/hbduqrq>
15. Wu X. *et al.* Gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates salt damage in tomato by modulating Na⁺ uptake, the GAD gene, amino acid synthesis and reactive oxygen species metabolism. *BMC Plant Biology*. 2020; 20: 465. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02669-w>

ОБ АВТОРАХ

Руфина Ринатовна Сафина¹

младший научный сотрудник отдела воспроизводства почвенного плодородия
rufina.masnavieva.63@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8267-2016>

Родион Владимирович Окунев²

кандидат биологических наук
tutinkaz@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-6927-6983>

Гулнара Фанисовна Рахманова¹

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
gulnara_rakhmanova@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0261-3049>

Камила Рустемовна Гарифутдинова¹

научный сотрудник лаборатории агрохимических и биохимических анализов
amiliamilka24@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

¹Татарский НИИ агрохимии и почвоведения — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»», ул. Оренбургский тракт, 20А, Казань, 420059, Россия

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008, Россия

REFERENCES

1. Yakhin O.I., Lubyonov A.A., Kalimullina Z.F., Batraev R.A. The effect of growth regulators on stress-induced accumulation of free amino acids in wheat plants. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2012; (1): 38–40 (In Russian). <https://elibrary.ru/oyeesf>
2. Statsenko A.P., Peruanskaya O.N. Accumulation of summary amino acids and frost resistance of winter wheat. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana*. 1983; (3): 35–37 (In Russian).
3. Pan Y.-Q. *et al.* The Photosynthesis, Na⁺/K⁺ Homeostasis and Osmotic Adjustment of *Atriplex canescens* in Response to Salinity. *Frontiers in Plant Science*. 2016; 7: 848. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00848>
4. Pavlíková D., Zemanová V., Procházková D., Pavlík M., Száková J., Wilhelmová N. The long-term effect of zinc soil contamination on selected free amino acids playing an important role in plant adaptation to stress and senescence. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014; 100: 166–170. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.10.028>
5. Ibrahimova Z.Sh. Parameters of the water regime and activity of the antioxidant system in soybean samples under conditions of drought and salinization. *Legumes and Groat Crops*. 2022; (2): 16–23 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2022-2-16-23>
6. Alfosea-Simón M. *et al.* Effect of foliar application of amino acids on the salinity tolerance of tomato plants cultivated under hydroponic system. *Scientia Horticulturae*. 2020; 272: 109509. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109509>
7. Ostrozhenskova E.G. The influence of sodium chloride on growth of wheat seeds. studying metabolite profiling by method ¹HNMR. *Modern approaches to the development of agro-industrial, chemical and forestry complexes. Problems, trends, prospects. Collection of proceedings of the all-Russian scientific and practical conference. Veliky Novgorod: Yaroslav-the-Wise Novgorod State University*. 2021; 255–259 (In Russian). <https://doi.org/10.34680/978-5-89896-744-4/2021.AIC.43>
8. Ivankin A.N. *et al.* About the mechanism of biosimulation and activating the development of vegetable crops. *Forestry Bulletin*. 2018; 22(5): 5–13 (In Russian). <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2018-5-5-13>
9. Deivanai S., Xavier R., Vinod V., Timalata K., Lim O.F. Role of Exogenous Proline in Ameliorating Salt Stress at Early Stage in Two Rice Cultivars. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2011; 7(4): 157–174. <https://elibrary.ru/onzgprv>
10. Ryabchinskaya T.A., Zimina T.V. Regulators of plant growth and development in modern technologies of crop production. *Agricultural Chemistry*. 2017; (12): 62–92 (In Russian). <https://doi.org/10.7868/S0002188117120092>
11. Goncharova Yu.K., Kharitonov E.M., Yakunina A.A., Bragina O.A. Clusterization of Russian rice varieties by amino acid composition in connection with resistance to drought. *Rice Growing*. 2021; (3): 27–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/hgecia>
12. Fierabracci V., Masiello P., Novelli M., Bergamini E. Application of amino acid analysis by high-performance liquid chromatography with phenyl isothiocyanate derivatization to the rapid determination of free amino acids in biological samples. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 1991; 570(2): 285–291. [https://doi.org/10.1016/0378-4347\(91\)80531-G](https://doi.org/10.1016/0378-4347(91)80531-G)
13. Krivobochek V.G., Statsenko A.P., Gural D.M., Kuryshv I.A. Variability of metabolic processes in wheat plants under stress. *Agrarian scientific journal*. 2016; (6): 20–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/wiqjft>
14. Fedorova L.N., Fedorova Yu.N., Makeenko K.N. Effect of L-glutamic acid and L-asparagic acid on the adaptation of potato test tube material. *Modern trends in the development of the agro-industrial complex: technology, quality, safety. Collection of materials and reports of the International scientific-practical conference. Velikiye Luki: State Agricultural Academy of Velikiye Luki*. 2021; 81–83 (In Russian). <https://elibrary.ru/hbduqrq>
15. Wu X. *et al.* Gamma-aminobutyric acid (GABA) alleviates salt damage in tomato by modulating Na⁺ uptake, the GAD gene, amino acid synthesis and reactive oxygen species metabolism. *BMC Plant Biology*. 2020; 20: 465. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02669-w>

ABOUT THE AUTHORS

Rufina Rinatovna Safina¹

Junior Researcher at the Department of Soil Fertility Reproduction
rufina.masnavieva.63@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8267-2016>

Rodion Vladimirovich Okunev²

Candidate of Biological Sciences
tutinkaz@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0002-6927-6983>

Gulnara Fanisovna Rakhmanova¹

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
gulnara_rakhmanova@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0003-0261-3049>

Kamila Rustemovna Garafutdinova¹

Researcher at the Laboratory of Agrochemical and Biochemical Analyses
amiliamilka24@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6943-0779>

¹Tatar Research Institute of Agrochemistry and Soil Science is a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»», 20A Orenburgskiy trakt, Kazan, 420059, Russia

²Kazan (Volga Region) Federal University, 18 Kremlevskaya Str., Kazan, 420008, Russia

УДК 634.8.047

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137

Р.Э. Казахмедов¹
В.С. Петров²
А.Х. Агаханов¹
Т.И. Абдуллаева¹ ✉

¹Дageстанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, Дербент, Россия

²Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

✉ tamila_abdullaeva@bk.ru

Поступила в редакцию:
29.08.2023

Одобрена после рецензирования:
20.11.2023

Принята к публикации:
04.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137

Ramidin E. Kazakhmedov¹
Valery S. Petrov²
Albert H. Agakhanov¹
Tamila I. Abdullaeva¹ ✉

¹Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing-branch of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Russia

²North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

✉ tamila_abdullaeva@bk.ru

Received by the editorial office:
29.08.2023

Accepted in revised:
20.11.2023

Accepted for publication:
04.12.2023

Новые научно-методические подходы к закладке корнесобственных насаждений винограда

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Переход на привитую культуру винограда решил проблему спасения виноградарства от филлоксеры, однако недостатки привитой культуры свидетельствуют, что проблема полностью не решена. В статье обосновываются важность и возможность ведения корнесобственной культуры толерантных к филлоксере сортов на основе разработки инновационной методологии и технологических основ создания и эксплуатации интенсивных корнесобственных насаждений с использованием научно обоснованных биотехнологических и физиологических методов на фоне заражения филлоксерой. Предложены гипотезы и приведены экспериментальные данные, подтверждающие возможность формирования корнесобственных насаждений винограда толерантных сортов в соответствии с биологическими особенностями виноградного растения. Установлено, что закладка новых насаждений корнесобственным черенковым материалом толерантных к филлоксере сортов на постоянное место с использованием физиологически активных соединений отвечает биологии виноградного растения, способствует лучшему развитию растений, ускорению начала плодоношения и повышению плодородности кустов в сравнении с традиционной технологией.

Ключевые слова: виноград, филлоксера, корнесобственная культура, физиологически активные соединения, устойчивость, черенки

Для цитирования: Казахмедов Р.Э., Петров В.С., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И. Новые научно-методические подходы к закладке корнесобственных насаждений винограда. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 129–137. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137>

© Казахмедов Р.Э., Петров В.С., Агаханов А.Х., Абдуллаева Т.И.

New scientific and methodological approaches to the laying of root-related plantings of grapes

ABSTRACT

Relevance. The transition to a grafted grape culture solved the problem of saving viticulture from phylloxera, however, the shortcomings of the grafted culture indicate that the problem has not been completely solved. The article substantiates the importance and possibility of maintaining a root culture of phylloxera-tolerant varieties based on the development of innovative methodology and technological foundations for the creation and operation of intensive root plantations using scientifically based biotechnological and physiological methods against the background of phylloxera infection. Hypotheses are proposed and experimental data are presented confirming the possibility of forming root-related plantings of tolerant grape varieties in accordance with the biological characteristics of the grape plant. It has been established that the laying of new plantings with root-related cuttings of phylloxera-tolerant varieties in a permanent place using physiologically active compounds, meets the biology of the grape plant, promotes better plant development, accelerates the onset of fruiting and increases the fruitfulness of bushes, in comparison with traditional technology.

Key words: grapes, phylloxera, root culture, physiologically active compounds, stability, cuttings

For citation: Kazakhmedov R.E., Petrov V.S., Agakhanov A.H., Abdullaeva T.I. New scientific and methodological approaches to the laying of root-related plantings of grapes. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 129–137 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-129-137>

© Kazakhmedov R.E., Petrov V.S., Agakhanov A.H., Abdullaeva T.I.

Введение/Introduction

Известно, что многолетние усилия научного мира по решению проблемы филлоксеры не смогли снять ее с повестки дня, и в настоящее время она остается актуальной [1–6]. Следует выделить несколько путей решения проблемы филлоксеры: ведение привитой культуры, создание и внедрение устойчивых генотипов к вредителю на основе современных достижений генетики и селекции и повышение физиологического иммунитета винограда к вредителю.

Кроме перевода винограда на привитую культуру, есть результаты по созданию нового генома принципиально новой виноградной лозы. Созданы синтетические виды носителей нового генома винограда $n = 19$, состоящего из хромосом обоих видов (10 хромосом от вида *Vitis rotundifolia* + 9 хромосом от вида *Vitis vinifera*) с высокой устойчивостью к болезням и филлоксере [1]. Однако внедрение синтетических видов винограда требует времени и детального их изучения на практике, и, на наш взгляд, они не могут пока отвечать возросшим требованиям к качеству урожая в современном виноградарстве и виноделии в практическом аспекте.

В настоящее время в арсенале виноградарства достаточно много высококачественных сортов отечественной селекции, толерантных к корневой филлоксере и пригодных для возделывания в корнесобственной культуре [7–12]. Более того, в связи с недостатками привитой культуры возрастает необходимость сохранения и расширения корнесобственной культуры винограда, что послужило основанием для проведения целенаправленных комплексных исследований на Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства (ДСОСВиО) разработке способов повышения физиологической устойчивости корнесобственных растений винограда к корневой филлоксере за 2012–2021 годы.

В практике виноградарства к интенсивным технологиям возделывания винограда принято относить насаждения с плотностью посадок не менее 3000 кустов на 1 га [13]. Разработана технология возделывания неукрывных виноградников интенсивного типа, что предполагает уплотненные посадки кустов, перспективные сорта винограда, схему посадки, высоту ведения кустов, способы формирования, обрезку и нагрузку растений побегами и урожаем.

Преимущества по сравнению с аналогами выражаются в снижении материалоемкости и трудоемкости возделывания, повышается продуктивность насаждений [14, 15]. В связи с этим представляют также интерес и перспективы малозатратной технологии возделывания корнесобственных, интенсивных виноградников укороченного жизненного цикла (15–17 лет) — закладка новых корнесобственных виноградников интенсивного типа черенками и саженцами толерантных к филлоксере сортов винограда, включенными в государственный реестр, на участках, где не возделывался виноград хотя бы в течение 7–10 лет, с соблюдением пространственной изоляции и карантинных правил [16].

Необходимо отметить, что применение технологий возделывания неукрывных виноградников интенсивного типа в виноградарстве России недостаточно, а для условий Дагестана вовсе не разработано. Разработка мероприятий, способствующих повышению генетического потенциала возделываемых сортов винограда селекционными и агротехническими

методами, чрезвычайно актуальна и имеет большое народно-хозяйственное значение [17].

Однако практически не используются возможности физиологической регуляции в повышении степени реализации генетического потенциала в части увеличения продуктивности и устойчивости винограда к биотическим и абиотическим стрессорам, в частности к филлоксере, на основе современных знаний физиологии и гормональной системы винограда, а также результатов исследований по изучению воздействия гормональных факторов на рост и развитие виноградного растения. Актуальность данных исследований возрастает в изменяющихся условиях юга России.

Известно, что реализация генетического потенциала сортов растений, в том числе винограда, осуществляется путем взаимодействия их генотипов и факторов среды через гормональную систему растений, выступающую в качестве медиатора. Экономически оправданные и научно обоснованные пути решения проблемы филлоксеры — внедрение толерантных к вредителю сортов отечественной селекции и использование физиологически активных соединений гормонального действия, способствующих повышению физиологического иммунитета и устойчивости винограда к филлоксере.

Разработана методология управления продуктивностью корнесобственных ампелоценозов методом гормональной регуляции, которая позволяет повысить устойчивость к стрессорам, продуктивность и качество урожая корнесобственных насаждений винограда [18].

Гипотеза исследований. Создание благоприятных условий в поверхностных слоях почвы — оптимальный водный (капельное орошение) и питательный (фертигация) режимы, что позволит применять неглубокую посадку растений (25–30 см) в условиях неукрывной культуры и изменения климата. Это, в свою очередь, обеспечит лучшие условия (более контролируемые и моделируемые, сортоориентированные) для управления продуктивностью насаждений интенсивного типа.

В основе закладки, раннего вступления в плодоношение, высокой продуктивности растений и долговечности виноградников может лежать применение физиологически активных соединений на всех этапах создания и эксплуатации корнесобственных насаждений в зависимости от биологических особенностей сортов, направления использования продукции, климатических условий и т. д.

Цель работы — изучить возможность и целесообразность закладки корнесобственных насаждений винограда толерантных к филлоксере сортов укороченным черенковым материалом на постоянное место с использованием физиологически активных соединений.

Объекты и методы исследований / Objects and methods

Исследования проводились в 2019–2023 гг. на экспериментальной базе Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства (ДСОСВиО) (г. Дербент, Республика Дагестан, Россия) и Опытной станции «Гоганская» (с. Азадоглы, Республика Дагестан, Россия) филиалов Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия в лабораторных, вегетационных и полевых опытах

с использованием методических указаний^{1, 2, 3, 4, 5, 6} по общепринятым методикам.

Объекты исследований — черенки и вегетирующие молодые растения сортов винограда Августин, Молдова, Ркацители, Подарок Магарача, Бианка, Первенец Магарача, а также сорт селекции ДСОСВиО Мускат дербентский.

Использовались препараты гормонального (цитокинин — ЦАС, ауксин 3 НАС) и трофического (ЭАС) характера, разработанные сотрудниками Дагестанской селекционной опытной станции виноградарства и овощеводства. Также использовалось средство биологической защиты «Турибаш» (НВП «Башинком», Россия) на основе бактерий *Baccillus thuringensis*.

Обработка листовой поверхности молодых вегетирующих растений растворами ФАС проводилась при достижении побегами опытных растений длины 5–10 и 15–20 см. Растворы ФАС готовились непосредственно перед обработкой. Уход за растениями винограда заключался в проведении принятых на станции агротехнических и защитных мероприятий.

Производственный опыт проводился в ОС «Гоганская» в филиале ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия» (СКФНЦСВВ) на растениях сорта селекции станции универсального значения Мускат дербентский. Производилась плантажная обработка почвы, посадка — черенками на постоянное куст/место (24.04.2022.) Площадь посадки — 1 га, схема посадки растений — 3,0 × 1,5 м. Орошение капельное. Длина черенков — 20 и 40 см (с соответствующей глубиной посадки). В соответствующих вариантах перед посадкой черенков применялся «Корневин» (ООО «Агросинтез», Россия) (с. п. 1 г/кг) методом припудривания базального свежего среза черенка.

При достижении побегами длины 15–20 см (05.07.2022) была произведена обработка раствором ФАС опытных растений по листовой поверхности, а также внесен с поливом в зону корней препарат «Турибаш» (100 мл/куст) в соответствии со схемой опыта, где К — «Корневин», ТБ — «Турибаш», ФАС — физиологически активные соединения (ЦАС + НАС + ЭАС), 20 и 40 — длина черенка (глубина посадки).

Схема опыта

п/№	Вариант опыта
1	ФАС (40) (опрыскивание)
2	ФАС (20) (опрыскивание)
3	ФАС (40) (опрыскивание) + ТБ (внесение в почву)
4	ФАС (20) (опрыскивание) + ТБ (внесение в почву)
5	«Корневин» (40)
6	«Корневин» (20)
7	«Корневин» (40) + ФАС
8	«Корневин» (20) + ФАС
9	Контроль (40) — без «Корневина», без ФАС
10	Эталон-1 (корнесобственные саженцы), посадка 08.04.2023
11	Эталон-2 (привитые саженцы), посадка 08.04.2023

Математическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову¹ с применением стандартных программ Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Важно отметить, что в аспекте изучаемой проблемы посадка черенков на постоянное место рассматривалась как основа создания виноградных насаждений, а не получения посадочного материала для последующей выкопки, хранения и высадки на постоянное место.

Предварительные исследования показали, что формирование растений винограда при отсутствии выкопки происходит более быстрыми темпами, особенно при использовании растворов ФАС, что и послужило основой для продолжения исследований. Более того, имеются различия в сортовой реакции на предпосадочное применение «Корневина» и раствора ФАС по листовой поверхности, а использование ФАС путем обработки листовой поверхности молодых растений соответствует биологии виноградного растения, проявляет более высокую эффективность и целесообразнее, чем предпосадочное применение ауксинового препарата [18].

Важными показателями, характеризующими растения, получаемые из укороченных черенков, являются длина и диаметр вызревшей части основного побега молодого растения винограда. Установлено, что у всех изучавшихся сортов межвидового происхождения применение ФАС по листовой поверхности повышало показатели, характеризующие степень развития растения (диаметр и длину вызревшей части побега, количество и длину корней) в сравнении с вариантом предпосадочного применения «Корневина» (рис. 1). При этом реакция была близка в паре сортов Первенец Магарача и Молдова — наиболее эффективной была обработка молодых растений по листовой поверхности раствором ФАС на основе цитокинина, ауксина и трофического фактора при длине побегов 15–20 см, а в паре сортов Бианка и Августин — при длине побегов 5–10 см.

Наблюдения за развитием растений после применения ФАС (в частности, на растениях сорта Первенец Магарача) показали, что лучшее формирование элементов корневой системы являлось следствием интенсивного нарастания надземной части молодых растений (источник ауксинов), что в свою очередь способствовало через межорганные отношения и гормональные взаимодействия более ранней закладке и интенсивному формированию новых точек роста (кончиков корней — источников цитокининов) и их развитию в корневой системе. Соответственно, чем раньше формировались новые элементы корневой системы, тем большей степени развития они достигали к окончанию вегетации.

Следует отметить, что обработка листовой поверхности молодых растений раствором ФАС оказывала более выраженное влияние на вегетативный рост, чем использование стандартного (рекомендованного) препарата «Корневин» (рис. 2).

Таким образом, независимо от сортовых особенностей некорневое использование ФАС гормонального и трофического действия на сортах межвидового происхождения оказывает более выраженное положительное влияние на формирование корневой системы молодых растений винограда по сравнению с предпосадочным применением эталонного ауксинового препарата «Корневин». При обработке ФАС по листовой поверхности

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985; 351.

² Бондарев В.П., Захарова Е.И. Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе / Общая ред. Новочеркасск. 1978; 178.

³ Современные методологии, инструментальной оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда / Монография. Краснодар. 2017.

⁴ Недов П.Н. Новые методы фитопатологических и иммунологических исследований в виноградарстве / П.Н. Недов. Кишинев: Штиинца. 1985; 139.

⁵ Недов П.Н. Иммуниет винограда к филлоксеру и возбудителям гниения корней // Кишинев: Штиинца. 1977.

⁶ Простосердов Н.Н. Технологическая характеристика винограда и продуктов его переработки. Увология. Ампеология СССР. Москва. 1946; 1: 401–468.

Рис. 1. Характеристика элементов корневой системы молодых растений винограда при применении ФАС: а — длина вызревшей части побега, см; б — диаметр вызревшей части побега, мм; в — количество корней, шт.; г — длина корней диаметром 3–5 мм, см; д — количество корней диаметром 3–5 мм

Fig. 1. Characteristics of the elements of the root system of young grape plants when using FAS: a — the length of the ripened part of the shoot, cm; б — the diameter of the ripened part of the shoot, mm; c — the number of roots, pcs; d — the length of roots with a diameter of 3–5 mm, cm; d — the number of roots with a diameter of 3–5 mm

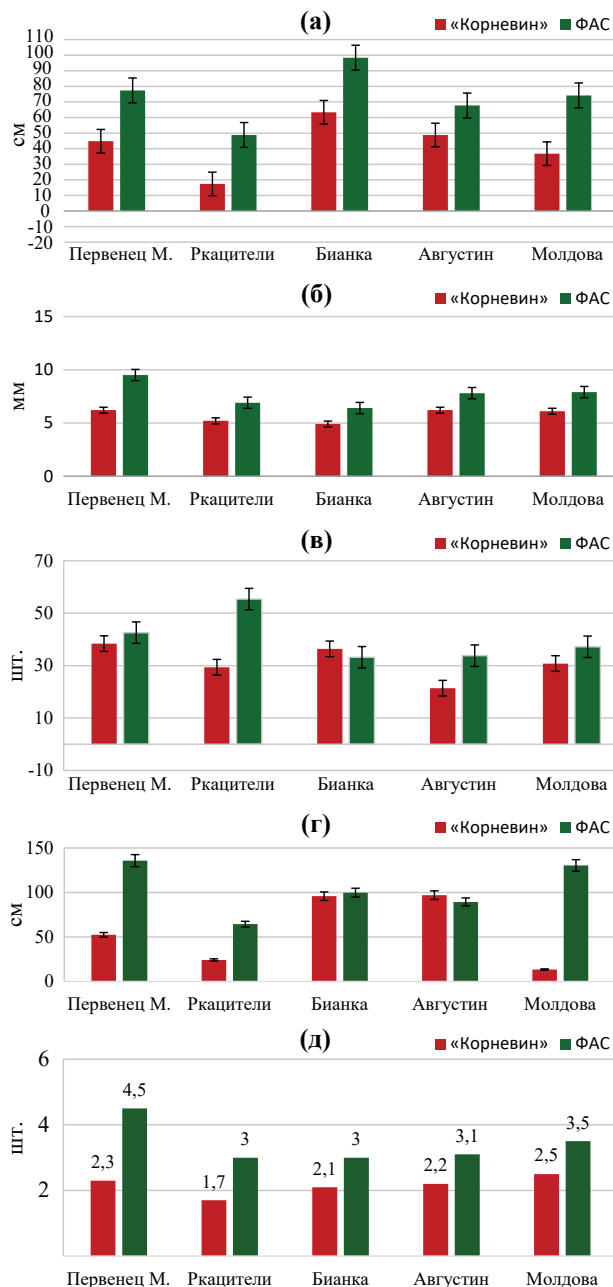


Рис. 2. Динамика роста побегов (см) сорта Первенец Магарача при применении ФАС, 2021 г.

Fig. 2. Dynamics of growth of shoots (cm) Pervenets Magarach variety when using FAS, 2021



растений наблюдаются образование мощной корневой системы, увеличение числа корней с большим диаметром, что способствует лучшему развитию молодых растений. В частности, у сорта Первенец Магарача длина корней диаметром 3–5 мм в варианте применения ФАС в 2,5–3,0 раза больше, чем в варианте применения «Корневина».

По влиянию на развитие молодых растений вариант совместного применения препаратов цитокининового, ауксинового и трофического действия был эффективнее у большинства сортов, чем только цитокининового препарата. Это свидетельствует о синергетическом действии и высокой эффективности используемых препаратов и перспективах использования их в улучшении развития растений из укороченных черенков винограда при посадке на постоянное место для создания новых корнесобственных насаждений.

Важно отметить, что именно совместное применение на угнетенных филлоксерой растениях данных препаратов позволяет реанимировать корнесобственные насаждения винограда [19], а данное исследование подтверждает перспективность, целесообразность и потенциальную эффективность их использования в производственных условиях при закладке корнесобственных насаждений толерантных к филлоксере сортов винограда межвидового происхождения.

Результаты научных исследований были апробированы в полевых условиях на растениях классических сортов винограда Каберне Совиньон, Совиньон, Шардоне, Уни блан.

Установлено, что при применении ФАС в период вегетации достигалось увеличение прироста в 1,4–2,9 раза, а вызревшей части — в 2–4 раза в зависимости от сорта в сравнении с предпосадочным использованием «Корневина». У всех сортов повышался диаметр вызревшей части побега. Отмечалось значительное увеличение числа пасынков у молодых растений, что

Рис. 3. Формирование корневой системы молодых растений сорта Каберне Совиньон при применении ФАС: контроль (слева), опыт (справа)

Fig. 3. Formation of the root system of young plants of the Cabernet Sauvignon variety when using FAS: control (left), experience (right)



свидетельствует о сильном влиянии ФАС на формирование корней (цитокинины), которое способствовало образованию новых точек роста надземной части растения — апексов побегов (ауксины) (рис. 3, табл. 1, 2).

У всех сортов при обработке ФАС увеличивались число и длина корней, в том числе корней диаметром 3–5 мм, имеющих важное значение в структуре корневой системы (табл. 2). Данный факт имеет практическое значение и может лежать в основе нового подхода к закладке корнесобственных виноградников интенсивного типа с использованием физиологических методов воздействия на молодые растения винограда. Особо следует отметить, что эффект влияния ФАС на развитие корней создает лучшие условия для развития растений при беспересадочном возделывании посадкой черенков на постоянное место. В данном случае развитие придаточных и боковых корней имеет большое значение наряду с пяточными, так как глубина посадки неглубокая, и в зоне обитания корней легче создать оптимальный водно-воздушный и питательный режимы (фертигация).

В рамках исследований был заложен сопряженный опыт для верификации рабочей гипотезы, которая предполагала, что корнесобственные растения винограда, полученные из укороченных черенков при глубине посадки 20–25 см и сопровождении обработками ФАС с первого года на капельном орошении будут развиваться лучше без пересадки и вступят раньше в плодоношение, чем растения, высаженные по общепринятой технологии с выкопкой саженцев и посадкой их на постоянное место. Соответственно, станет возможным (при соблюдении всех агротехнологических элементов закладки корнесобственных насаждений винограда) предложить производить закладку новых корнесобственных насаждений толерантных к филлоксеру сортов в южных районах виноградарства России черенковым материалом на постоянное место с использованием технологических разработок ДСОСВиО — филиала СКФНЦСВВ.

Рис. 4. Динамика прироста молодых растений (2-й год) сорта Первенец Магарача, см (2022 г.)

Fig. 4. Dynamics of growth of young plants (2nd year) of the Firstborn Magarach variety, cm (2022)

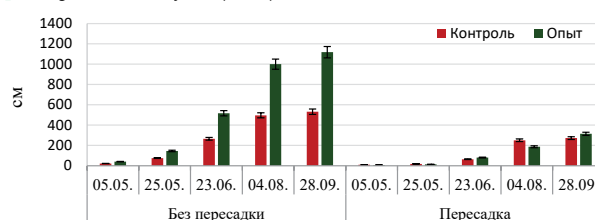
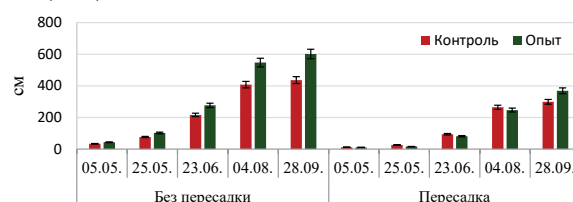


Рис. 5. Динамика прироста молодых растений (2-й год) сорта Молдова, см (2022 г.)

Fig. 5. Dynamics of growth of young plants (2 year) varieties Moldova, sm (2022)



Установлено, что корнесобственные растения толерантных к филлоксеру сортов Первенец Магарача и Молдова, полученные из укороченных черенков при глубине посадки 20–25 см на капельном орошении без пересадки, опережают в росте корнесобственные растения, посаженные по общепринятой технологии с выкопкой, подготовкой саженцев и пересадкой весной (рис. 4, 5) [18]. При этом корнесобственные растения, полученные с применением ФАС в год посадки черенков, значительно опережали в росте аналогичные растения контрольного варианта без применения ФАС, однако при пересадке разница между вариантами с применением и без применения ФАС нивелировалась.

Следует отметить, что в варианте с применением стандартного препарата «Корневин» без пересадки рост растений в начале вегетации уступал росту и развитию побегов в варианте применения раствора ФАС по листовой поверхности, что подтверждает более высокую эффективность внекорневой обработки ФАС в сравнении с предпосадочным использованием «Корневина».

У сорта Первенец Магарача, прирост непересаженных растений, обработанных по листовой поверхности ФАС в первый год вегетации (2021 г.), на второй год (2022 г.) был выше на 82%

Таблица 1. Влияние ФАС на прирост однолетних растений винограда, 2022 г.

Table 1. FAS effect on the growth of annual grape plants, 2022

Сорт	Вариант	Длина побегов, см		Диаметр вызревшей части побега, мм	Длина пасынков, см	
		основная	вызревшая		общая	вызревшая
Каберне Совиньон	«Корневин»	46,4 ± 7,2	31,0	4,8 ± 0,2	15,8	8,4
	ФАС	93,6 ± 12,1	65,0	7,7 ± 0,4	81,2	41,2
Униблан	«Корневин»	47,4 ± 9,3	12,8	3,9 ± 0,3	0,0	0,0
	ФАС	116,2 ± 19,4	37,0	5,6 ± 0,5	18,6	2,4
Шардоне	«Корневин»	36,4 ± 11,5	22,4	3,3 ± 0,2	0,0	0,0
	ФАС	105,6 ± 21,6	81,8	5,9 ± 0,6	13,6	9,4
Совиньон	«Корневин»	51,8 ± 8,6	27,8	4,1 ± 0,3	0,0	0,0
	ФАС	72,2 ± 4,9	46,0	5,4 ± 0,4	52,4	20,6

Таблица 2. Влияние ФАС на формирование корней однолетних растений винограда, 2022 г.

Table 2. FAS effect on the formation of roots of annual grape plants, 2022

Сорт	Вариант	Диаметр корней, мм						Количество корней, шт.	
		ø < 3		ø = 3–5		ø > 5			
		длина, см	кол-во, шт.	длина, см	кол-во, шт.	длина, см	кол-во, шт.	всего	пяточные
Каберне Совиньон	«Корневин»	237,6	30,4	69,8 ± 5,9	3,2 ± 0,6	18,4	0,6	34,2	16,4
	ФАС	203,8	30,0	145,2 ± 15,4	6,6 ± 1,1	33,2	1,0	37,6	13,6
Униблан	«Корневин»	175,8	24,2	26,6 ± 6,7	1,6 ± 0,3	0	0	25,8	6,2
	ФАС	274,9	38,2	76,2 ± 14,9	4,2 ± 0,9	0	0	42,4	23,2
Шардоне	«Корневин»	139,8	16,6	30,0 ± 12,5	1,6 ± 0,4	0	0	18,2	9,8
	ФАС	237,4	31,8	99,0 ± 17,8	6,4 ± 1,3	0	0	38,2	8,4
Совиньон	«Корневин»	174,0	18,6	30,2 ± 9,8	1,8 ± 0,5	0	0	20,4	17,2
	ФАС	216,2	26,0	82,2 ± 18,6	3,6 ± 1,2	5,4	0,2	29,8	14,0

в сравнении с непересаженными растениями контрольного варианта без применения ФАС. В опытных вариантах с обработкой листовой поверхности в текущем году, где растворы ФАС также применялись в первый год при посадке и по вегетации, прирост непересаженных растений увеличился: у сорта Первенец Магарача — в 2,3–3,5 раза, у сорта Молдова — на 46–84 %.

Таким образом, непересаженные растения винограда, полученные из укороченных черенков, на второй год раньше начинают вегетацию и имеют более сильный вегетативный рост в сравнении с аналогичными растениями (саженцами), которые были выкопаны, подготовлены и пересажены по обычной технологии закладки виноградника.

Непересаженные растения в опытных вариантах с применением в первый год растворов ФАС при посадке и по вегетации также раньше начинают вегетацию и имели больший вегетативный прирост в сравнении с непересаженными растениями контрольного варианта.

Обработка листовой поверхности опытных непересаженных растений во второй год вегетации раствором ФАС увеличивает вегетативный рост в 1,5–3,5 раза (в зависимости от сорта) в сравнении с растениями, которые выращивались по принятой технологии закладки виноградника (посадка черенков, получение, выкопка, подготовка и посадка саженцев) (рис. 6).

Агробиологические учеты на растениях 3-го года вегетации показали, что растения опытного варианта сорта Первенец Магарача имеют лучшее развитие побегов на кустах, а прирост растений и плодоносность превышают аналогичные показатели контрольного варианта более чем в 2 раза (табл. 3, рис. 7).

На сорте селекции станции универсального значения Мускат дербентский в производственных условиях ОС «Гоганская» филиала СКФНЦБВ в 2022 году был заложен опыт по внедрению новых элементов закладки корнесобственных насаждений винограда. В основе технологических подходов лежат результаты ранее завершённых и настоящих исследований ДСОСВиО — филиала СКФНЦБВ, предполагающие применение методов гормональной регуляции развития молодых растений винограда с 1-го года посадки насаждений черенковым материалом на постоянное место.

Согласно гипотезе фрагмента исследований и цели работы, необходимо выявить возможность закладки виноградников в корнесобственной культуре с применением ФАС с 1-го года жизни, используя укороченный черенковый материал с посадкой на постоянное место глубиной 20–25 см. Необходимыми и обязательными требованиями являются капельное орошение с 1-го года посадки и фертигация с 3-го года вегетации.

По состоянию на 20.06.2022 приживаемость в контрольных вариантах посадки черенками длиной 20 и 40 см не различалась и составила более 92%. При достижении побегом длины 15–20 см (05.07.2022) была произведена обработка раствором ФАС опытных растений по листовой поверхности, а также внесён с поливом в зону корней препарат «Туринбаш» (100 мл/куст) в соответствии со схемой опыта, который ранее в наших исследованиях показал синергетический эффект при совместном использовании с растворами ФАС в аспекте повышения устойчивости молодых корнесобственных растений винограда к филлоксеру.

Надо отметить, что относительным эталонным был принят вариант 40 см (длина черенка) + «Корневин» (перед посадкой), так как возможна и практиковалась такая посадка в республиках бывшего Советского Союза,

Рис. 6. Корневая система растений сорта Первенец Магарача: а — опыт без пересадки (предполагаемая) — растения перед анализом; б — контроль, растения, подготовленные к пересадке. Фото автора

Fig. 6. Root system of plants of the Firstborn Magarach variety: a — experience without transplantation (assumed) — plants before analysis; b — control, plants prepared for transplantation. Photo of the author

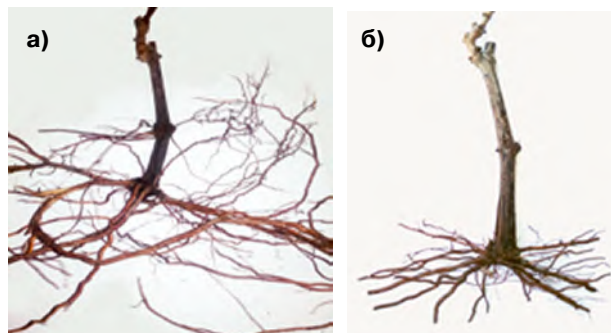


Рис. 7. Состояние растений сорта Первенец Магарача на 05.05.2022: а — опыт — без пересадки + ФАС; б — контроль — пересадка. Фото автора

Fig. 7. The condition of the plants of the Firstborn Magarach variety on 05.05.2022: a — experience — without transplantation + FAS; b — control — transplantation. Photo of the author



Таблица 3. Плодоносность побегов и прирост куста сорта Первенец Магарача, 2023 г.

Table 3. Fruitfulness of shoots and bush growth of the Firstborn Magarach variety, 2023

Вариант опыта	Коэффициент плодоносности (K_1)	Коэффициент плодоносности (K_2)	% развившихся глазков	Прирост куста, см	
				05.06.2023	05.07.2023
Контроль — пересадка (саженцы)	0,57	1,20	61,50	272,40	366,60
Опыт — без пересадки (черенки) + ФАС	1,60	2,40	76,20	646,00	917,40

в частности Узбекистане, где филлоксеры не была распространена, даже без использования ауксинового препарата.

В целом общий прирост растений при применении ФАС как по листовой поверхности, так и при посадке («Корневин») был выше, чем в контрольных вариантах, независимо от длины черенка и глубины посадки. Эталонный вариант не имел преимуществ в сравнении с аналогичным вариантом длиной черенка 20 см. Обработка ФАС в эталонном варианте несколько усилила вегетативный рост растений. Однако следует отметить, в этом методическом подходе в первый год необходимо достичь максимально возможного развития корневой системы, а не побегов, так как достаточно вызревания основного побега на 2–3 глазка, и не предусматривается пересадка растений на другое место. Растения с лучшей развитой корневой системой, в том числе с

придаточными корнями в первый год, по нашей гипотезе, должны развиваться быстрее в связи с отсутствием пересадки.

Таким образом, при равных других условиях длина черенка 20 см при использовании ауксинового препарата «Корневин» может быть достаточной для закладки корнесобственных насаждений в условиях юга Дагестана, возделываемых на капельном орошении и фертигации.

Выше было показано, что внекорневое применение ФАС может быть эффективнее по влиянию на развитие молодых растений винограда в сравнении с предпосадочным использованием ауксина. Сравнение действия ФАС по листовой поверхности и предпосадочного применения «Корневина» независимо от длины черенка и глубины посадки показало отсутствие в вариантах существенных различий в полевых условиях в развитии растений. Более того, в варианте 20 см + ФАС отмечались лучшие показатели, характеризующие вегетативный рост молодых растений. Следовательно, и в полевых условиях применение ФАС по листовой поверхности молодых растений эффективнее предпосадочного применения эталонного ауксинового препарата «Корневин» при посадке укороченными черенками длиной 20 см на постоянное место (табл. 4).

Соответственно, можно сделать вывод, что результаты исследований предполагают возможность создания корнесобственных насаждений винограда путем использования укороченных черенков при

посадке на постоянное место глубиной 20–25 см и использовании по листовой поверхности физиологически активных соединений, капельного орошения и фертигации.

Исследования показали, что корнесобственные растения, полученные из черенков посадкой на постоянное место в 2022 году, имеют лучший вегетативный рост и больший прирост в первой половине 2-го года вегетации (2023 г.), чем растения, посаженные саженцами (как корнесобственными, так и привитыми) по обычной технологии (эталон) в 2023 г.: посадка в школку, выкопка, подготовка к посадке, посадка саженцев. Прирост растений выше при предпосадочном использовании «Корневина», листовой обработке раствором ФАС и при комбинированном использовании «Корневина» и ФАС. При этом при равных условиях растения, полученные из черенков длиной 40 см, имеют больший прирост в первой половине 2-го года вегетации, чем полученные из укороченных черенков длиной 20 см (табл. 5).

Выводы/Conclusion

Независимо от сортовых особенностей некорневое использование ФАС гормонального и трофического действия на сортах межвидового происхождения, толерантных к филлоксеру, оказывает более выраженное положительное влияние на формирование корневой системы молодых растений винограда в сравнении с предпосадочным применением эталонного ауксинового препарата «Корневин». При обработке ФАС по листовой поверхности растений наблюдаются образование мощной корневой системы, увеличение числа корней с большим диаметром, что способствует лучшему развитию молодых растений.

Непересаженные растения винограда, полученные из укороченных черенков на 2-й год, раньше начинают вегетацию и имеют более сильный вегетативный рост в сравнении с аналогичными растениями (саженцами), которые были выкопаны, подготовлены и пересажены по обычной технологии закладки виноградника. Неperесаженные растения в опытных вариантах с применением в 1-й год растворов ФАС при посадке и по вегетации также раньше начинали вегетацию и имели больший вегетативный прирост в сравнении с непересаженными растениями контрольного варианта без применения ФАС.

Дополнительная обработка листовой поверхности опытных непересаженных растений во 2-й год вегетации раствором ФАС увеличивает вегетативный рост в 1,5–3,5 раза (в зависимости от сорта) в сравнении с растениями, которые выращивались по принятой технологии закладки виноградника (посадка черенков, получение, выкопка, подготовка и посадка саженцев).

Результаты исследований предполагают возможность и целесообразность создания корнесобственных насаждений винограда толерантных к филлоксеру сортов путем использования укороченных черенков, посадки их на постоянное место и применения по листовой поверхности физиологически активных соединений со 2-го года посадки, капельного орошения и фертигации.

Таблица 4. Прирост кустов сорта Мускат дербентский, 5.10.2022, ОС «Гоганская»

Table 4. Growth of bushes of the Muscat Derbent variety, 5.10.2022, OS «Goganskaya»

Вариант опыта	Прирост, см			Вызревшая часть прироста, см		
	всего	основной	пасынки	всего	основной	пасынки
ФАС (40)	64,0	29,3 ± 3,6	34,7	40,3	19,3 ± 3,6	21,0
ФАС (20)	71,4	43,2 ± 4,9	28,2	39,7	27,9 ± 4,2	11,8
ФАС (40) + ТБ	56,3	29,8 ± 2,8	26,5	36,6	19,8 ± 2,9	16,8
ФАС (20) + ТБ	45,6	33,8 ± 5,7	11,8	27,4	22,4 ± 3,2	5,0
«Корневин» (40)	65,4	39,9 ± 3,6	25,5	35,1	25,2 ± 3,7	9,9
«Корневин» (20)	64,6	31,9 ± 3,3	32,7	39,1	19,6 ± 2,6	19,5
«Корневин» (40) + ФАС	69,3	39,6 ± 4,1	29,7	40,4	26,7 ± 3,5	13,7
«Корневин» (20) + ФАС	54,0	29,4 ± 2,9	24,6	34,0	18,2 ± 4,1	15,8
Контроль (40) — без «Корневина», без ФАС	48,7	34,6 ± 3,5	14,1	29,1	21,6 ± 3,9	7,5

Таблица 5. Прирост двулетних растений сорта Мускат дербентский (посадка черенками в 2022 г.), ОС «Гоганская», 15.06.2023

Table 5. Growth of 2-year-old plants of the Muscat Derbent variety (planting by cuttings in 2022), OS «Goganskaya», 15.06.2023

п/п №	Вариант опыта	Прирост		
		см	% к контролю	превышение эталона 1, раз
1	ФАС (40)	115,9	144	11,4
2	ФАС (20)	104,9	130	10,2
3	ФАС (40) + ТБ	87,9	109	8,8
4	ФАС (20) + ТБ	92,0	114	9,2
5	«Корневин» (40)	130,3	162	13,0
6	«Корневин» (20)	81,0	100	7,9
7	«Корневин» (40) + ФАС	124,0	154	12,2
8	«Корневин» (20) + ФАС	91,3	113	9,0
9	Контроль (40) — без «Корневина», без ФАС	80,6	100	7,9
10	Эталон-1 (корнесобственные саженцы), посадка 08.04.2023	10,2	13	
11	Эталон-2 (привитые саженцы), посадка 08.04.2023	7,5	9	

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 0498-2022-0004.7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Топалэ Ш.Г., Даду К.Я. Филлоксеры — проблема мирового виноградарства. Средства и меры борьбы против самого страшного вредителя винограда, предложенные учеными на протяжении XIX–XXI вв. *Виноделие и виноградарство*. 2007; (5): 44–46. <https://elibrary.ru/ijcljp>
2. Du Y.-P., Zheng Q.-L., Zhai H., Jiang E.-S., Wang Z.-Y. Selectivity of *Phylloxera viticola* Fitch (Homoptera: Phylloxeridae) to grape with different resistance and the identification of grape root volatiles. *Acta Entomologica Sinica*. 2009; 52(5): 537–543 (на кит. яз.).
3. Lawo N.C., Weingart G.J.F., Schuhmacher R., Forneck A. The volatile metabolome of grapevine roots: First insights into the metabolic response upon phylloxera attack. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2011; 49(9): 1059–1063. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.06.008>
4. Eitle M.W., Loacker J., Meng-Reiterer J., Schuhmacher R., Griesser M., Forneck A. Polyphenolic profiling of roots (*Vitis* spp.) under grape phylloxera (*D. vitifoliae* Fitch) attack. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019; 135: 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.004>
5. Kirchmair M., Huber L., Porten M., Rainer J., Strasser H. *Metarhizium anisopliae*, a potential agent for the control of grape phylloxera. *BioControl*. 2004; 49(3): 295–303. <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000025387.13747.74>
6. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Талаш А.И., Сундырева М.А., Схаляхо Т.В. Физиолого-биохимическая оценка влияния элиситоров на устойчивость винограда к корневой форме филлоксеры. *Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства*. 2015; 8: 216–221. <https://elibrary.ru/uiqbvn>
7. Ларкина М.Д., Никулушкина Г.Е., Шербаков С.В. Филлоксероустойчивые гибридные формы винограда технического направления для совершенствования сортамента. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2014; 29(5): 10–17. <https://elibrary.ru/qcfplj>
8. Никулушкина Г.Е., Ларкина М.Д. Потенциал сортов Анапский ЗОСВиВ технического направления, толерантных к филлоксеры. *Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014; 6: 184–188. <https://elibrary.ru/smgbbp>
9. Никулушкина Г.Е., Ларкина М.Д. Технические сорта винограда селекции АЗОС, толерантные к филлоксеры, — потенциал отечественного виноградарства. *Виноградарство и виноделие*. 2015; 45: 56–58. <https://elibrary.ru/umxpij>
10. Никулушкина Г.Е., Хмырова И.Л., Коваленко А.Г. Новые гибридные формы винограда селекции АЗОСВиВ — потенциал отечественного виноградарства. *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2017; 47(5): 33–40. <https://elibrary.ru/zfcinb>
11. Хмырова И.Л., Никулушкина Г.Е. Перспективные сорта винограда селекции АЗОСВиВ, включенные в Госреестр селекционных достижений в 2011–2017 годах. *Таврический вестник аграрной науки*. 2017; (4): 115–121. <https://elibrary.ru/zxhpwt>
12. Якушина Н.А. Устойчивость сортов Подарок Магарача и Первенец Магарача к болезням и вредителям. *Виноградарство и виноделие СССР*. 1986; (4): 16–18. <https://elibrary.ru/ypcbgl>
13. Гусейнов Ш.Н., Гусейнов М.Ш., Чигрик Б.В., Садчиков П.Д., Сироткина Н.А. Корнесобственная культура винограда на этапе возрождения отрасли. *Виноделие и виноградарство*. 2002; (6): 20, 21. <https://elibrary.ru/fsvgju>
14. Гусейнов Ш.Н., Гусейнов М.Ш., Чигрик Б.В., Садчиков П.Д., Сироткина Н.А. Эффективность корнесобственной культуры винограда при интенсивных способах возделывания. *Проблемы устойчивого ведения виноградарства. Материалы Международной научно-практической конференции. Новочеркасск: Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия им. Я.И. Потанина*. 2004; 90–95. <https://elibrary.ru/tvndgh>
15. Гусейнов Ш.Н., Сироткина Н.А., Магомедов Н.М., Чигрик Б.В., Нагиев З.С. Влияние различных агротехнических приемов на продуктивность сорта винограда Бианка. *Виноделие и виноградарство*. 2007; (5): 34, 35. <https://elibrary.ru/ijclhr>
16. Гусейнов Ш.Н., Чигрик Б.В. Агротехнические аспекты совершенствования способов возделывания промышленных виноградников. *Виноделие и виноградарство*. 2013; (4): 4–29. <https://elibrary.ru/qypjmd>
17. Чигрик Б.В. Научные и агротехнологические аспекты культуры винограда в условиях юга России. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. Краснодар. 2013; 51. <https://elibrary.ru/zoxolr>
18. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А., Саидова С.Б. Модели реализации эффектов физиологически активных соединений при формировании корневой системы винограда: гипотезы и практика. *Агрохимия*. 2022; (9): 53–62. <https://elibrary.ru/oenat>
19. Казахмедов Р.Э. Модели повышения устойчивости к филлоксеры и качества винограда методом гормональной регуляции. *Агрохимия*. 2021; (8): 27–42. <https://doi.org/10.31857/S0002188121080093>

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 work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 0498-2022-0004.7.

REFERENCES

1. Topale Sh.G., Dadu K.Ya. Phylloxera — the problem of world viticulture. Means and measures to combat the most terrible pest of grapes, proposed by scientists during the XIX–XXI centuries. *Wine-making and viticulture*. 2007; (5): 44–46 (In Russian). <https://elibrary.ru/ijcljp>
2. Du Y.-P., Zheng Q.-L., Zhai H., Jiang E.-S., Wang Z.-Y. Selectivity of *Phylloxera viticola* Fitch (Homoptera: Phylloxeridae) to grape with different resistance and the identification of grape root volatiles. *Acta Entomologica Sinica*. 2009; 52(5): 537–543 (In Chinese).
3. Lawo N.C., Weingart G.J.F., Schuhmacher R., Forneck A. The volatile metabolome of grapevine roots: First insights into the metabolic response upon phylloxera attack. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2011; 49(9): 1059–1063. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.06.008>
4. Eitle M.W., Loacker J., Meng-Reiterer J., Schuhmacher R., Griesser M., Forneck A. Polyphenolic profiling of roots (*Vitis* spp.) under grape phylloxera (*D. vitifoliae* Fitch) attack. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2019; 135: 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.004>
5. Kirchmair M., Huber L., Porten M., Rainer J., Strasser H. *Metarhizium anisopliae*, a potential agent for the control of grape phylloxera. *BioControl*. 2004; 49(3): 295–303. <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000025387.13747.74>
6. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Talash A.I., Sundryeva M.A., Skhalyakho T.V. Physiological and biochemical assessment of the effect of elicitors on the resistance of grapes to the root form of phylloxera. *Scientific works of the North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture*. 2015; 8: 216–221 (In Russian). <https://elibrary.ru/uiqbvn>
7. Larkina M.D., Nikulushkina G.E., Shcherbakov S.V. Phylloxera-resistant hybrid forms of grapes of the technical direction for the improvement of the assortment. *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. 2014; 29(5): 10–17 (In Russian). <https://elibrary.ru/qcfplj>
8. Nikulushkina G.E., Larkina M.D. Potential varieties Anapa zonal experimental station of viticulture and wine-technical directions, tolerant to phylloxera. *Scientific works of the State Scientific Institution of the North-Caucasian Zonal Research Institute for Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2014; 6: 184–188 (In Russian). <https://elibrary.ru/smgbbp>
9. Nikulushkina G.E., Larkina M.D. Technical grape varieties of AZOS selection, tolerant to phylloxera, are the potential of domestic viticulture. *Viticulture and Winemaking*. 2015; 45: 56–58 (In Russian). <https://elibrary.ru/umxpij>
10. Nikulushkina G.E., Khmyrova I.L., Kovalenko A.G. New hybrid forms of AZOSViV grape breeding — the potential of domestic viticulture. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2017; 47(5): 33–40 (In Russian). <https://elibrary.ru/zfcinb>
11. Khmyrova I.L., Nikulushkina G.E. Promising grape varieties of AZOSViV selection included in the State Register of Breeding Achievements in 2011–2017. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2017; (4): 115–121 (In Russian). <https://elibrary.ru/zxhpwt>
12. Yakushina N.A. Resistance of varieties Podarok Magarach and Pervenets Magarach to diseases and pests. *Vinodelie i vinogradarstvo SSSR*. 1986; (4): 16–18 (In Russian). <https://elibrary.ru/ypcbgl>
13. Huseynov Sh.N., Huseynov M.Sh., Chigrik B.V., Sadchikov P.D., Sirotkina N.A. The root culture of grapes at the stage of the revival of the industry. *Wine-making and viticulture*. 2002; (6): 20, 21 (In Russian). <https://elibrary.ru/fsvgju>
14. Guseinov Sh.N., Guseinov M.Sh., Chigrik B.V., Sadchikov P.D., Sirotkina N.A. The effectiveness of the root culture of grapes with intensive cultivation methods. *Problems of sustainable viticulture management. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Novocherkassk: All-Russia Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko*. 2004; 90–95 (In Russian). <https://elibrary.ru/tvndgh>
15. Huseynov Sh.N., Sirotkina N.A., Magomedov N.M., Chigrik B.V., Nagiyev Z.S. The influence of various agrotechnical techniques on the productivity of the Bianka grape variety. *Wine-making and viticulture*. 2007; (5): 34, 35 (In Russian). <https://elibrary.ru/ijclhr>
16. Huseynov S.N., Chigrik B.V. Agrotechnical aspects of improving methods of cultivation of industrial vineyards. *Wine-making and viticulture*. 2013; (4): 4–29 (In Russian). <https://elibrary.ru/qypjmd>
17. Chigrik B.V. Scientific and agrotechnological aspects of grape culture in the conditions of the South of Russia. Abstract of the Doct. (Agricultural sciences) Thesis. Krasnodar. 2013; 51 (In Russian). <https://elibrary.ru/zoxolr>
18. Kazakhmedov R.E., Magomedova M.A., Saidova S.B. Models of realization of the effects of physiologically active compounds in the formation of grape roots: hypotheses and practice. *Agrokhimiya*. 2022; (9): 53–62 (In Russian). <https://elibrary.ru/oenat>
19. Kaziahmedov R.E. Models of increasing resistance to the phylloxera and grape quality method of hormonal regulation. *Agrokhimiya*. 2021; (8): 27–42 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121080093>

ОБ АВТОРАХ

Рамидин Эфендиевич Казахмедов¹

доктор биологических наук, заведующий лабораторией биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по научной работе
kre_05@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Валерий Семенович Петров²

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах
petrov_53@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Альберт Халидович Агаханов¹

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции сортоизучения, интродукции винограда
kontorad@list.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-9769-8369>

Тамила Имираслановна Абдуллаева¹

лаборант-исследователь лаборатории биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда
tamila_abdullaeva@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9245-8419>

¹Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства — филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, ул. Вавилова, 9, Дербент, 368600, Россия

²Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, ул. 40-летия Победы, 39, Краснодар, 350901, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Ramidin Efendievich Kazakhmedov¹

Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products, Leading Researcher, Deputy Director of Scientific Work
kre_05@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0613-4662>

Valeriy Semionovich Petrov²

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Reproduction Management in Ampeloceneses and Ecosystems
Petrov_53@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0856-7450>

Albert Khalidovich Agakhanov¹

Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher at the Laboratory of Selection of Variety Studies, Introduction of Grapes
kontorad@list.ru;
<https://orcid.org/0000-0001-9769-8369>

Tamila Imiraslanovna Abdullaeva¹

Laboratory Assistant-researcher at the Laboratory of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products
tamila_abdullaeva@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9245-8419>

¹Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing — branch of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, 9 Vavilov Str., Dербent, 368600, Russia

²North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking, 39 40-letiya Pobedy Str., Krasnodar, 350901, Russia

УДК 636.52/58.083:636.085.16

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-138-142

Ж.Ю. Мурадян¹ ✉
А.И. Албулов²
Р.В. Рогов³

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

²Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, Биокombинат, Московская обл., Россия

³Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

✉ zh_muradyan@mail.ru

Поступила в редакцию:
24.06.2023

Одобрена после рецензирования:
24.11.2023

Принята к публикации:
08.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-138-142

Zhora Yu. Muradyan¹
Aleksey I. Albulov²
Roman V. Rogov³

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MBA named after K.I. Scriabin, Moscow, Russia

²All-Russian Scientific Research and Technological Institute of the Biological Industry, Biokombinat Settlement, Moscow Region, Russia

³Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

✉ zh_muradyan@mail.ru

Received by the editorial office:
24.06.2023

Accepted in revised:
24.11.2023

Accepted for publication:
08.12.2023

Совершенствование технологии получения низкомолекулярного хитозана в условиях регулируемого ферментативного расщепления

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Представлены экспериментальные данные по совершенствованию технологии производства регулируемого ферментативного расщепления хитозана для получения его низкомолекулярных производных. Экспериментальные исследования проводили в условиях кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологий — МВА им. К.И. Скрябина и на базе Всероссийского научно-исследовательского и технологического института биологической промышленности.

Методы. В качестве сырья для получения новых модификаций хитозана использовали кислоторастворимый хитозан из панциря камчатского краба (ММ 700 кДа, СДА 85%), сукцинат хитозана (ММ 330 кДа, СЗ 75,2 %), хитозан низкомолекулярный пищевой (гидрохлорид) (ММ 50 кДа), хитозан гелевый (2%-ный раствор в 2%-ной уксусной кислоте).

Результаты. В результате эксперимента были подобраны технологические параметры получения низкомолекулярного хитозана методом ферментативного гидролиза.

Достоверно наблюдалось наибольшее снижение динамической вязкости хитозана в опытно-промышленной серии II (в 29,3 раза), а опытно-промышленных серий I и III — в 6,9 и 10,6 раза соответственно. В результате ферментативного гидролиза хитозана в опытно-промышленной серии II удалось снизить молекулярную массу с 700 до 24 кДа, а в сериях I и III — до 102 и 66 кДа.

На основании результатов исследований разработана, апробирована и предложена для промышленного применения технологическая схема получения низкомолекулярных производных хитозана методом ферментативного гидролиза, разработаны технические условия.

Ключевые слова: низкомолекулярный хитозан, ферментативный гидролиз, ферментный препарат, молекулярная масса, динамическая вязкость, молекулярно-массовые характеристики, технологические параметры

Для цитирования: Мурадян Ж.Ю., Албулов А.И., Рогов Р.В. Совершенствование технологии получения низкомолекулярного хитозана в условиях регулируемого ферментативного расщепления. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 138–142. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-138-142>

© Мурадян Ж.Ю., Албулов А.И., Рогов Р.В.

Improving the technology for obtaining of low molecular weight chitosan under conditions of controlled enzymatic cleavage

ABSTRACT

Relevance. Annotation. Experimental data on improving the production technology of regulated enzymatic cleavage of chitosan to obtain its low-molecular derivatives are presented. Experimental studies were carried out in the conditions of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin and on the basis of the All-Russian Research and Technological Institute of the Biological Industry.

Methods. Acid-soluble chitosan from king crab shell (MM 700 kDa, SDA 85%), chitosan succinate (MM 330 kDa, SZ 75.2%), low-molecular food chitosan (hydrochloride) (MM 50 kDa) were used as raw materials for obtaining new modifications of chitosan, gel chitosan (2% solution in 2% acetic acid) manufactured by Bioprogress LLC.

Results. As a result of the experiment, the technological parameters of obtaining low-molecular chitosan by enzymatic hydrolysis were selected.

The greatest decrease in the dynamic viscosity of chitosan was reliably observed in the pilot-industrial series II (by 29.3 times), and the pilot-industrial series I and III — by 6.9 and 10.6 times, respectively. As a result of enzymatic hydrolysis of chitosan in the pilot series II, it was possible to reduce the molecular weight from 700 to 24 kDa, and in series I and III — to 102 and 66 kDa.

Based on the research results, a technological scheme for obtaining low-molecular-weight chitosan derivatives by enzymatic hydrolysis has been developed, tested and proposed for industrial use, technical conditions have been developed.

Key words: low molecular weight chitosan, enzymatic hydrolysis, enzyme preparation, molecular weight, dynamic viscosity, molecular weight characteristics, technological parameters

For citation: Muradyan Zh.Yu., Albulov A.I., Rogov R.V. Improving the technology for obtaining low-molecular chitosan under conditions of controlled enzymatic cleavage. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 138–142 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-138-142>

© Muradyan Zh.Yu., Albulov A.I., Rogov R.V.

Введение/Introduction

Достижения биотехнологического прогресса — получение, изучение и внедрение в практику биополимеров хитозана и его производных. Особое внимание и важнейший интерес для перспективных применений хитозана представляют его низкомолекулярные формы [1]. В промышленных масштабах такие низкомолекулярные соединения получают методом химического или ферментативного гидролиза с хорошо известными ограничениями и недостатками, присущими этим технологиям [2].

Вопросу гидролиза хитозана, в том числе и ферментативного, в последнее время уделяется достаточно много внимания [3].

Преимущества ферментативного гидролиза, который проводят в гомогенной среде, — возможность достижения большого выхода олигосахаридов и малая степень реактирования. Для гидролиза используют как специфический для хитозана фермент хитиназу, так и неспецифические: коллагеназу, целловиридин, трипсин, пепсин, липазу¹ [4]. Отмечается как сам факт проявления активности некоторых ферментов по отношению к хитозану, так и различного рода эффекты, сопровождающие данный процесс [5].

Применение ферментного препарата дает возможность регулировать молекулярную массу хитозана в широких пределах, изменяя такие параметры процесса, как длительность, pH и температура, но рациональным представляется регулирование молекулярной массы хитозана нормой внесения ферментативного препарата² [6].

Некоторые из этих препаратов проявляют гидролитическую активность (такую же, как хитиназы), а ряд протеаз даже более эффективно деполимеризуют хитозан по сравнению с препаратами хитиназ [7]. Между тем вопрос о причине воздействия неспецифических ферментов на хитозан до сих пор остается открытым [8]. Поскольку его свойства чрезвычайно сильно зависят от молекулярной массы, поэтому изучение закономерностей гидролиза хитозана представляет актуальную проблему в связи с производством и использованием различных продуктов на их основе [9].

Совершенствование химических способов переработки хитинсодержащего сырья и разработка новых технологий требуют детального изучения механизмов гидролиза хитозана в кислых и щелочных условиях и установления основных закономерностей этих превращений³ [10].

Низкомолекулярный хитозан и его производные представляют значительный интерес в качестве препаратов для профилактики и лечения заболеваний, вызванных различными нарушениями иммунной системы, острыми или хроническими воспалительными процессами в организме⁴ [11]. Поэтому исследования по созданию новых, более совершенных, экономичных и экологически безопасных технологий получения хитозана и его модификаций являются актуальными и имеют важное практическое значение [12].

Цели исследования — подобрать технологические параметры получения низкомолекулярного хитозана,

установить достоверное снижение динамической вязкости, определить молекулярно-массовые характеристики и физико-химические показатели в опытно-промышленных сериях.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Экспериментальные исследования проведены в 2022 году на кафедре диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологий — МВА им. К.И. Скрябина и на базе Всероссийского научно-исследовательского и технологического института биологической промышленности (г. Щелково, Московская обл., Россия).

Для проведения ферментативного гидролиза использовали препарат «Целловиридин Г20Х» (завод биологических препаратов, г. Бердск, Россия) на основе штамма *Trichoderma reesei*.

Для получения новых модификаций хитозана использовали кислоторастворимый хитозан из панциря камчатского краба (ММ 700 кДа, СДА 85%), сукцинат хитозана (ММ 330 кДа, СЗ 75,2%), хитозан низкомолекулярный пищевой (гидрохлорид) (ММ 50 кДа), хитозан гелевый (2%-ный раствор в 2%-ной уксусной кислоте) («Биопрогресс», Россия).

Измерение pH проводили потенциометрическим методом, для этого использовали pH-метры, ионометры марки И-160 МИ и pH-метр MP-220 Basic pH/mV/°C (Mettler-Toledo GmbH, Швейцария).

Для проведения эксперимента были изготовлены три опытно-промышленные серии низкомолекулярного хитозана. В каждой из этих серий использовали исходный хитозан в количестве 2 кг, отличающийся по фермент-субстратному соотношению компонентов реакции: I серия — 1:100, II серия — 1:10, III серия — 1:50.

В качестве контроля использовали две пробы хитозана: K₁ — исходный препарат хитозана; K₂ — препарат хитозана, прошедший те же этапы технологической обработки, что и опытно-промышленные серии, но без фермента.

Определение динамической вязкости растворов модификаций хитозана — на ротационном вискозиметре Reotest-2 (RheoTest Messgerate Medingen GmbH, Германия) в системе коаксиальных цилиндров при скоростях сдвига от 3 до 1400 С⁻¹ в соответствии с инструкцией, прилагаемой к прибору; молекулярно-массовые характеристики модификаций хитозана — на хроматографе высокого давления (Gilson, США), оснащенном инжектором Rheodyne с петлей на 200 мкл и рефрактометрическим детектором GilsonR1, колонкой TKS-GelGMPW_{XL} 7,8 mmx 30 cm (Tosoh Bioscience, Япония).

Калибровку системы проводили по набору полиэтиленоксидных стандартов. Условия анализа: элюент — 0,2 М, уксусная кислота + ацетат натрия — 0,1 М или 0,2 М, скорость потока — 1 мл/мин, объем пробы — 50–100 мкл. Остаточную влажность образцов модифицированного хитозана — высушиванием пробы при T = 105 °С.

¹ Апрытина К.В., Горшеин М.К., Смирнова Л.А. Патент РФ RU 2703437 C1. Способ получения низкомолекулярного олигомерного хитозана и его производных (от 16.10.2019).

² Левитин С.В., Денисова Е.В., Сичевой Д.В. Патент РФ. RU 2627540 C1. Способ получения нанокристаллитов низкомолекулярного хитозана (08.08.2017). <https://elibrary.ru/item.asp>

³ Холявка М.Г., Артюхов В.Г., Панкова С.М. 2769243 C1. Способ получения гетерогенного ферментного препарата на основе фицина и низкомолекулярного хитозана (29.03.2022). <https://elibrary.ru/item.asp>

⁴ Шагдарова Б.Ц., Лопатин С.А., Коновалова М.В., Ильина А.В., Албулов А.И., Варламов В.П. RU 2627870 C1. Способ получения низкомолекулярного хитозана и олигомеров хитозана (14.08.2017). <https://elibrary.ru/item>

Полученные результаты статистически обработаны с использованием t -критерия Стьюдента. Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для изучения зависимости молекулярной массы получаемого низкомолекулярного хитозана от количества используемого фермента (фермент-субстратное соотношение) проводили при следующих параметрах: pH — 5,4, t — 55 °C, продолжительность ферментализации — 4 часа.

В качестве контроля использовали раствор хитозана без добавления ферментного препарата.

На рисунке 1 показано, что наиболее динамичное снижение молекулярной массы происходит в интервале фермент-субстратных соотношений от 1:1000 до 1:50.

Проведение ферментативного гидролиза в течение четырех часов при фермент-субстратном соотношении 1:50 молекулярная масса хитозана снизилась практически в семь раз по сравнению с контрольным образцом, что составляет 100 кДа.

Проводимое осаждение низкомолекулярного хитозана при pH 9–10 позволяет получить выход целевого продукта на уровне 55–70%, так как самые низкомолекулярные фракции остаются в растворе и оказываются потерянными. Снижение pH до 8 при промывке осадка значительно увеличивает потери целевого продукта, так как фракции с молекулярной массой 5 кДа и ниже приобретают растворимость и теряются вместе с фильтратом.

Изучение влияния продолжительности процесса ферментализации на молекулярную массу хитозана проводили при фермент-субстратном соотношении 1:100, pH — 5,4, t — 55 °C.

Рис. 1. Изменение динамической вязкости растворов хитозана в процессе ферментализации в зависимости от фермент-субстратного соотношения

Fig. 1. Changes in the dynamic viscosity of chitosan solutions during enzymatic lysis depending on the enzyme-substrate ratio

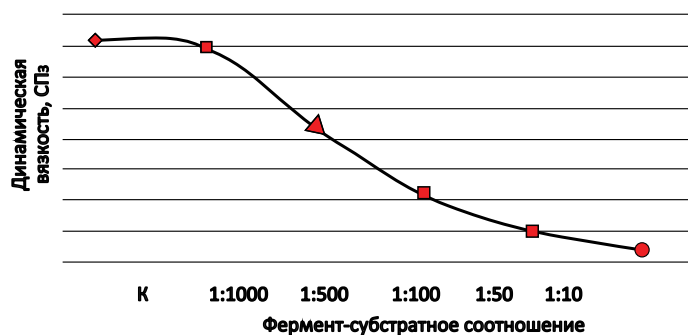
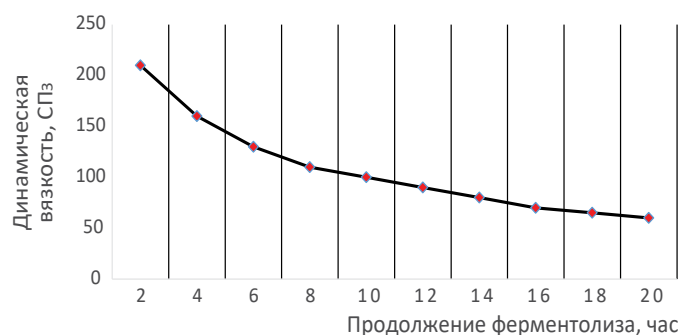


Рис. 2. Результаты изменения динамической вязкости растворов хитозана в зависимости от продолжительности процесса ферментализации

Fig. 2. Results of changes in the dynamic viscosity of chitosan solutions depending on the duration of the fermentolysis process



Процесс ферментализации осуществляли в течение 4–21 часа. Каждые два часа отбирали образцы хитозана для определения динамической вязкости его раствора.

В результате исследований процесс ферментализации замедлился через 8–10 часов, о чем свидетельствует почти полное замедление падения динамической вязкости раствора хитозана (рис. 2).

Аналогичные результаты получены и при фермент-субстратном соотношении, равном 1:10. Однако в этих условиях снижение динамической вязкости раствора хитозана было более значительным — от 679,6 сПз исходного раствора до 15,2 сПз через 21 час гидролиза, то есть достоверное снижение в 44,7 раза соответственно. Молекулярная масса полученного хитозана в этом случае составила 15–16 кДа.

Физико-химические показатели опытно-промышленных серий хитозана представлены в таблице 1.

Как видно из данных (табл. 1), наибольшее снижение динамической вязкости хитозана достоверно наблюдалось в опытно-промышленной серии II (в 29,3 раза), а опытно-промышленных серий I и III — в 6,9 и 10,6 раза соответственно. В результате ферментативного гидролиза хитозана в опытно-промышленной серии II удалось снизить молекулярную массу с 700 до 24 кДа, а в сериях I и III — до 102 и 66 кДа.

Таблица 1. Физико-химические показатели опытно-промышленных серий низкомолекулярного хитозана

Table 1. Physical and chemical parameters of pilot series of low molecular weight chitosan

Наименование показателя	K ₁	K ₂	Опытно-промышленные серии хитозана		
			I	II	III
Внешний вид	Чешуйки от светло-бежевого до светло-коричневого цвета				
Остаточная влажность, %	7,14 ± 0,31	7,86 ± 0,42	8,21 ± 0,05	7,40 ± 0,05*	7,97 ± 0,1
Динамическая вязкость 1%-ного раствора хитозана в 2%-ной уксусной кислоте, сПз	1122,2 ± 53,15	669,5 ± 15,3*	162,0 ± 6,18	38,23 ± 3,56*	105,43 ± 4,9

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

Таблица 2. Результаты молекулярно-массовых характеристик опытно-промышленных серий низкомолекулярного хитозана

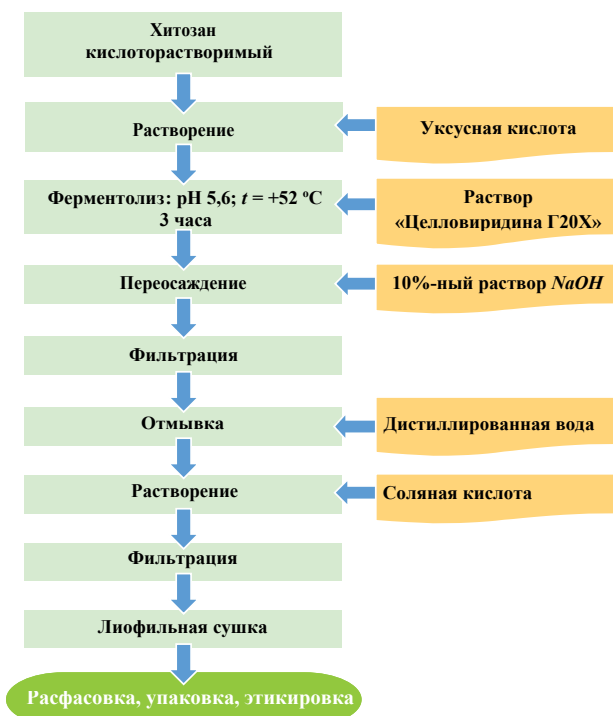
Table 2. Results of molecular weight characteristics of pilot series of low molecular weight chitosan

№ серии п/п	M _w	M _n	M _w /M _n	M _p
I	273 650 ± 1893	25 410 ± 467	10,77 ± 12,15	111 960 ± 1248
II	62 450 ± 736*	10 840 ± 350*	5,76 ± 1,43*	34 119 ± 684*
III	181 410 ± 1461*	20 650 ± 428*	8,78 ± 1,15	74 016 ± 896*

Примечание: * различия достоверны при $p \leq 0,05$; M_w — средневесовая молекулярная масса, Да; M_n — среднечисловая молекулярная масса, Да; M_w/M_n — молекулярно-массовое распределение; M_p — молекулярная масса на максимуме пика, Да

Рис. 3. Блок-схема технологического процесса получения низкомолекулярного хитозана

Fig. 3. Block diagram of the technological process for obtaining low molecular weight chitosan



Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

В таблице 2 представлены результаты определения молекулярно-массовых характеристик опытно-промышленных серий низкомолекулярного хитозана, определенные методом ВЭЖХ.

На основании результатов исследований разработана, апробирована и предложена для промышленного применения усовершенствованная технологическая схема получения низкомолекулярных производных хитозана методом ферментативного гидролиза, разработаны ТУ «Хитозан низкомолекулярный»⁵ (ТУ 9289-038-11734126-15).

Выводы/Conclusion

Показано, что при проведении процесса ферментативного гидролиза хитозана (молекулярная масса — 700 кДа, СДА — 85%, pH — 5,4, $t = 55^\circ\text{C}$, продолжительность — 4 часа) позволяет получить низкомолекулярный хитозан с молекулярной массой от 15 до 24 кДа.

Наибольшее снижение динамической вязкости хитозана достоверно наблюдалось в опытно-промышленной серии II (в 29,3 раза), а опытно-промышленных серий I и III — в 6,9 и 10,6 раза соответственно.

В результате ферментативного гидролиза хитозана в опытно-промышленной серии II удалось снизить молекулярную массу с 700 до 24 кДа, а в сериях I и III — до 102 и 66 кДа.

В результате исследований были подобраны технологические параметры получения низкомолекулярного хитозана и определены физико-химические показатели опытно-промышленных серий в процессе ферментализации.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ

1. Скрыбин К.Г., Вихорева Г.А., Варламов В.П. (ред.). Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение. М.: Наука. 2002; 364. ISBN 5-02-006435-1 <https://www.elibrary.ru/rvymdh>
2. Албулов А.И., Варламов В.П., Фролова М.А., Самуйленко А.Я., Гринь А.В. Технология получения низкомолекулярного хитозана для использования в медицине, ветеринарии и агробиологии. *Актуальная биотехнология*. 2019; (3): 678–680. <https://www.elibrary.ru/snojfy>
3. Албулов А.И., Фролова М.А., Варламов В.П., Еремец В.И., Елисеев А.К., Ковалева Э.И. Применение ферментного препарата «Целловиридин Г20Х» в технологии получения низкомолекулярного хитозана. *Пищевая промышленность*. 2019; (4): 17–19. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10007>
4. Васильева Т.М., Лопатин С.А., Варламов В.П. Получение низкомолекулярных форм хитина и хитозана в электронно-пучковой плазме. *Химия высоких энергий*. 2016; 50(2): 155–159. <https://doi.org/10.7868/S002311931602008X>
5. Журавлева Н.В., Лукьянов П.А. Хитиноллитические ферменты: источники, характеристика и применение в биотехнологии. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2004; (3): 76–86. <https://www.elibrary.ru/hpnbhv>
6. Куликов С.Н., Лисовская С.А. Антимикотическая активность низкомолекулярных продуктов гидролиза хитозана в отношении дрожжеподобных грибов. *Успехи медицинской микологии*. 2018; 18: 149–152. <https://www.elibrary.ru/xqdfcx>
7. Фролова М.А., Албулов А.И., Гринь С.А., Гринь А.В., Самуйленко А.Я. Технология изготовления низкомолекулярного хитозана на основе перекисного гидролиза. *Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию института. Щелково: ВНИИБП*. 2019; 237–240. <https://www.elibrary.ru/vcmgel>
8. Фролова М.А., Албулов А.И., Гринь С.А., Гринь А.В., Самуйленко А.Я. Разработка промышленной технологии изготовления низкомолекулярного хитозана. *Ветеринария и кормление*. 2019; (5): 35, 36. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-5-13>

REFERENCES

1. Skryabin K.G., Vikhoreva G.A., Varlamov V.P. (eds.). Chitin and Chitosan. Obtaining, properties and application. Moscow: Nauka. 2002; 364 (In Russian). ISBN 5-02-006435-1 <https://www.elibrary.ru/rvymdh>
2. Albulov A.I., Varlamov V.P., Frolova M.A., Samuylenko A.Ya., Grin A.V. Technology for obtaining low molecular weight chitosan for use in medicine, veterinary medicine and agrobiology. *Topical biotechnology*. 2019; (3): 678–680 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/snojfy>
3. Albulov A.I., Frolova M.A., Varlamov V.P., Yeremets V.I., Eliseev A.K., Kovaleva E.I. The use of the enzyme preparation "Celloviridin G20H" in the technology for producing low molecular weight chitosan. *Food Industry*. 2019; (4): 17–19 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10007>
4. Vasilyeva T.M., Lopatin S.A., Varlamov V.P. Production of the low-molecular-weight chitin and chitosan forms in electron-beam plasma. *High Energy Chemistry*. 2016; 50(2): 155–159. <https://doi.org/10.1134/S0018143916020089>
5. Zhuravleva N.V., Lukyanov P.A. Chitinolytic enzymes: sources, characteristics, and application in biotechnology. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2004; (3): 76–86 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hpnbhv>
6. Kulikov S.N., Lisovskaya S.A. Antimycotic activity of low molecular weight products of chitosan hydrolysis against yeast-like fungi. *Advances in Medical Mycology*. 2018; 18: 149–152 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xqdfcx>
7. Frolova M.A., Albulov A.I., Grin S.A., Grin A.V., Samuylenko A.Ya. Manufacturing technology of low molecular weight chitosan based on peroxide hydrolysis. *Scientific basis for the production and quality assurance of biological preparations for the agro-industrial complex. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Institute. Shchelkovo: All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Biological Industry*. 2019; 237–240 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vcmgel>
8. Frolova M.A., Albulov A.I., Grin S.A., Grin A.V., Samuylenko A.Ya. Development of industrial technology for the manufacture of low molecular weight chitosan. *Veterinaria i kormlenie*. 2019; (5): 35, 36 (In Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-5-13>

⁵ ТУ 9289-038-11734126-15 Хитозан низкомолекулярный. Разработчик — отдел получения биологически активных веществ ФГБНУ ВНИИБП. А.И. Албулов, М.А. Фролова, А.В. Гринь, Ж.Ю. Мурадян (утв. директором ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности (ФГБНУ ВНИИБП) А.Я. Самуйленко.

9. Aktuganov G.E., Melentiev A.I. Specific features of chitosan depolymerization by chitinases, chitosanases, and nonspecific enzymes in the production of bioactive chitoooligosaccharides (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2017; 53(6): 611–627. <https://doi.org/10.1134/S0003683817060023>

10. Vasilieva T., Lopatin S., Varlamov V., Aung Tun Win. Controllable degradation of polysaccharides stimulated by electron-beam plasma. *22nd International Symposium on Plasma Chemistry*. 2015; II-11-11.

11. Varlamov V.P., Ilyina A.V., Shagdarova B.Ts., Lunkov A.P., Mysyakina I.S. Chitin/Chitosan and Its Derivatives: Fundamental Problems and Practical Approaches. *Biochemistry. Moscow*. 2020; 85(S1): 154–176. <https://doi.org/10.1134/S0006297920140084>

12. Zargar V., Asghari M., Dashti A. A Review on Chitin and Chitosan Polymers: Structure, Chemistry, Solubility, Derivatives, and Applications. *ChemBioEng Reviews*. 2015; 2(3): 204–226. <https://doi.org/10.1002/cben.201400025>

9. Aktuganov G.E., Melentiev A.I. Specific features of chitosan depolymerization by chitinases, chitosanases, and nonspecific enzymes in the production of bioactive chitoooligosaccharides (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2017; 53(6): 611–627. <https://doi.org/10.1134/S0003683817060023>

10. Vasilieva T., Lopatin S., Varlamov V., Aung Tun Win. Controllable degradation of polysaccharides stimulated by electron-beam plasma. *22nd International Symposium on Plasma Chemistry*. 2015; II-11-11.

11. Varlamov V.P., Ilyina A.V., Shagdarova B.Ts., Lunkov A.P., Mysyakina I.S. Chitin/Chitosan and Its Derivatives: Fundamental Problems and Practical Approaches. *Biochemistry. Moscow*. 2020; 85(S1): 154–176. <https://doi.org/10.1134/S0006297920140084>

12. Zargar V., Asghari M., Dashti A. A Review on Chitin and Chitosan Polymers: Structure, Chemistry, Solubility, Derivatives, and Applications. *ChemBioEng Reviews*. 2015; 2(3): 204–226. <https://doi.org/10.1002/cben.201400025>

ОБ АВТОРАХ

Жора Юрикович Мурадян¹

кандидат биологических наук, доцент кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных
zh_muradyan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2516-7627>

Алексей Иванович Албулов²

доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом биологически активных веществ
info@bioprogress.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7914-4397>

Роман Васильевич Рогов³

кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины Аграрно-технологического института
r.v.rogov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3010-5714>

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

²Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, пос. Биокомбината, 17, Лосино-Петровский, Москва, 141142, Россия

³Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Zhora Yurikovich Muradyan¹

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Disease Diagnostics, Therapy, Obstetrics and Animal Reproduction

zh_muradyan@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2516-7627>

Aleksey Ivanovich Albulov²

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biologically Active Substances

info@bioprogress.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7914-4397>

Roman Vasilievich Rogov³

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine Agricultural Technological Institute

r.v.rogov@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-3010-5714>

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Scriabin, 23 Academician Skryabin Str., Moscow, 109472, Russia

²All-Russian Research and Technological Institute of the Biological Industry, 17 Biokombinat, Losino-Petrovsky, Moscow, 141142, Russia

³Peoples' Friendship University, 6 Miklukho-Maclay Str., 117198, Moscow, Russia

УДК 663.86.054.1

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150

Н.В. Кенийз¹
 А.А. Варивода¹
 М.Б. Ребезов^{2, 3} ✉

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

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

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ rebezov@ya.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2023

Одобрена после рецензирования:
24.11.2023

Принята к публикации:
08.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150

Nadezhda V. Keniyz¹
 Albina A. Varivoda¹
 Maksim B. Rebezov^{2, 3} ✉

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ rebezov@ya.ru

Received by the editorial office:
10.08.2023

Accepted in revised:
24.11.2023

Accepted for publication:
08.12.2023

Разработка научно обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания

РЕЗЮМЕ

Впервые применены системный анализ и системный синтез технологических потоков производства функциональных продуктов питания нового поколения и отработаны на имитационной модели поэтапные структуры потоков. Полученная информация систематизирована в соответствии со схемой функциональной структуры поиска технического решения и применена для создания операторных моделей.

Впервые разработаны модели напитков геродиетического назначения, технологический поток отработан в производственных условиях. Получена информация о пищевой и биологической ценности, установлена сохранность биологически активных веществ на примере отдельных видов новых напитков в процессе производства и хранения.

Разработана и утверждена нормативная документация на напитки геродиетического назначения.

Разработка моделей и нормативной документации на геродиетические напитки, технологических схем производства и контроля позволит создать на предприятиях России производство геродиетической продукции.

Все напитки выработаны в производственных условиях.

В статье приведены основные принципы разработки напитков для людей старших поколений, адекватных их потребностям. Формулы поликомпонентных геродиетических напитков на основе зернового и растительного сырья были разработаны с использованием принципов пищевой комбинаторики, в качестве основы использован овсяный отвар, растительного сырья — морковь и тыква, а плодового — яблоки.

Рационально построенное питание, особенно для людей старше 60 лет, способствует оптимизации метаболического состояния организма и повышает уровень защиты реакции организма на неблагоприятные факторы окружающей среды, поэтому предлагаемые рецептуры напитков разработаны в соответствии с ежедневной функциональной и физиологической нормой пожилых людей.

Ключевые слова: напитки, продукты геродиетического назначения, питание, рецептуры, сырье, биологическая ценность

Для цитирования: Кенийз Н.В., Варивода А.А., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию специализированных пищевых продуктов для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>

© Н.В. Кенийз, А.А. Варивода, М.Б. Ребезов

Development of scientifically based approaches to the design of specialized food products for gerodietetic nutrition

ABSTRACT

For the first time, system analysis and system synthesis of technological flows for the production of functional food products of a new generation were applied and element-by-element flow structures were worked out on a simulation model. The information obtained is systematized in accordance with the scheme of the functional structure of the search for a technical solution and used to create operator models.

For the first time, models of drinks for herodietic purposes have been developed, the technological flow has been worked out in production conditions. Information on nutritional and biological value was obtained, the safety of biologically active substances was established by the example of certain types of new beverages in the production and storage process.

Regulatory documentation for herodietic drinks has been developed and approved.

The creation of models and regulatory documentation for herodietic beverages, technological schemes of production and control will allow the production of herodietic products to be created at Russian enterprises. All drinks are produced in production conditions.

The article presents the basic principles of the development of drinks for older generations, adequate to their needs. Formulas of multicomponent herodietic drinks based on grain and vegetable raw materials were developed using the principles of food combinatorics, oat broth was used as the basis, vegetable raw materials — carrots and pumpkin, and fruit — apples.

Rationally constructed nutrition, especially for people over 60 years of age, helps to optimize the metabolic state of the body and increases the level of protection of the body's response to adverse environmental factors, therefore, the proposed beverage formulations are designed in accordance with the daily functional and physiological norm of the elderly.

Key words: beverages, herodietic products, nutrition, recipes, raw materials, biological value

For citation: Keniyz N.V., Varivoda A.A., Rebezov M.B. Development of scientifically based approaches to the design of specialized food products for gerodietetic nutrition. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 143–150 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-143-150>

© Keniyz N.V., Varivoda A.A., Rebezov M.B.

Введение/Introduction

С незапамятных времен люди мечтали о долгой и плодотворной жизни, и сегодня в обществе растет осознание того, что здоровье в современных условиях является наибольшей ценностью, которую необходимо беречь и приумножать.

В последние годы в высокоразвитых странах бурно развивается новое медицинское направление — функциональная медицина (или медицина антистарения) [1, 2]. В отличие от традиционной цели, направленной на лечение уже выявленной болезни, целями антистарения являются профилактика заболеваний, сохранение здоровья, продление продолжительности жизни и активного творческого долголетия.

По данным переписи 2010 и 2020 гг., пожилых людей (60–74 лет) и старческого возраста (75 лет и старше) от общей численности 25–30%.

В связи с этим возросла потребность в знаниях основ старения и расширения в целом основ геронтологии, а также гериатрической помощи по ряду факторов, в том числе питания геродиетического назначения [3, 4], что поможет пожилым людям продолжить активную трудовую деятельность после оформления пенсии.

Кроме того, в России в последние годы в период экономического спада приобрели особую остроту проблемы детского, диетического и геродиетического питания в целом, в результате чего страдают дети, пожилые и престарелые люди как наименее защищенные слои населения.

С 2012 по 2022 г. средняя продолжительность жизни снизилась с 72 до 65 лет (у мужчин), ухудшилось состояние здоровья людей^{1, 2}.

Ученые и медики считают, что это обусловлено в первую очередь как количественным, так и качественным состоянием питания населения [5–7]. И это правильно. Доказано, что продолжительность жизни людей на 25–30% зависит от генов (наследственности) и на 75–65% — от внешних факторов, в числе которых основным является питание. Здоровье есть функция питания, то есть человек сам может сделать свою жизнь качественно долгой³ [8, 9].

Здоровье и счастье людей связывают с установлением равновесия и внутри организма, и в отношении с внешней средой в значительной степени через питание. Поэтому проблемы питания и здоровья занимают центральное место в жизни человечества. Еще Гиппократ учил: «Пусть пища будет вашим главным лекарством»⁴.

Питание — чрезвычайно важная составляющая любого образа жизни. Макробиотическое питание полностью соответствует диетическим рекомендациям медицинских и научных экспертов. Рекомендуют

существенно сократить потребление насыщенных жиров, простых сахаров и рафинированных продуктов, больше использовать злаков и овощей. При этом макробиотическое питание не является полным вегетарианством, чем-то обязательным и жестким. Это необычайное разнообразие и богатство вкусовых ощущений, красивое, приносящее удовольствие⁵ [10–15].

Накоплены положительный опыт, традиции, схема макробиотического питания — естественного, органичного.

«Семена» макробиотики должны быть использованы и освоены во всех странах мира, в том числе в России, в первую очередь для традиционного народного питания общего и целевого назначения и его производства для людей любого возраста.

В нашей стране, как и за рубежом, сейчас начали придавать важное значение натуральным продуктам — здоровому питанию [16–18], их выращиванию, хранению, переработке.

Здоровое питание обеспечивает и поддерживает здоровый образ жизни взрослого и пожилого населения, способствует профилактике заболеваний⁶ [19–23].

Баланс гормональной системы требует употребления продуктов четырех групп в течение одного приема пищи три раза в день: белков, жиров, углеводов и низкокрахмальных овощей.

Растительное сырье — основной компонент здорового питания, однако его важность в поддержании здоровья и гомеостатического баланса часто игнорируется, потребляемое количество значительно снижается по сравнению с тем, которое рекомендуется регулирующими органами.

Приготовление и коммерциализация фруктово-овощных напитков со сбалансированными питательными и фитонутриентными профилями могут быть перспективной альтернативой прямому потреблению фруктов и овощей, поскольку такие напитки обеспечивают легкое и быстрое использование [24–26].

Многочисленными исследованиями отмечено, что необходимо увеличить объем и повысить качество промышленно выпускаемых продуктов для искусственного вскармливания, прикорма и питания детей раннего возраста, а также необходимо наладить промышленное производство продуктов в широком ассортименте для геронаселения, так как в стране производство продуктов геродиетического назначения практически не создано, но в этом направлении начаты работы и исследования^{7, 8} [27–30].

Цели исследования — разработать технологические основы, модели, схемы производства напитков геродиетического назначения, разработать и утвердить нормативную документацию на напитки геродиетического назначения.

¹ URL: www.oks.ru Федеральная служба государственной статистики.

² Бюллетень Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]: Valuing older people: time for a global campaign to combat ageism. — URL: <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.16.184960>

³ Барановский А.Ю. [Электронный ресурс]: Рациональное питание пожилого человека. Практическая диетология, информационно-практический журнал. — URL: <https://praktik-dietolog.ru>

⁴ <https://04.rosпотреbnadzor.ru/index.php/consumer-information/faq/4401-27022015.html>

⁵ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2021; 72.

⁶ Всемирный доклад о старении и здоровье. Женева: Всемирная организация здравоохранения. 2015.

⁷ Дунченко Н.И., Харитонов П.С. Моделирование продуктов питания геродиетической направленности. В кн.: Пищевые инновации и биотехнологии. Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общ. ред. А.Ю. Просекова. Кемерово. 2022; 227–229.

⁸ Андреев А.Г. Научные подходы к созданию продуктов геродиетического питания. Волгоград: Волгоградское научное издательство. 2015; 121.

Работа выполнялась поэтапно, решая следующие задачи (рис. 1):

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Поиск и анализ научной, научно-технической и патентно-лицензионной информации проводились с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ⁹, ФИПС¹⁰, ScienceDirect¹¹, Pubmed¹², Scopus¹³, Web of Science¹⁴, «Академия Google»¹⁵, «КиберЛенинка»¹⁶ и др. Глубина просмотра информации — с 2003 г.

В процессе исследования для создания напитков было выбрано сырье (рис. 2), наиболее отвечающее заданным характеристикам.

Использованы следующие объекты: овсяная крупа¹⁷ недробленая I сорта («Кубань Матушка», Краснодар, Россия), яблоки свежие¹⁸ сорта Айдаред (учебно-опытное хозяйство «Кубань», Краснодар, Россия), тыква продовольственная свежая¹⁹ сорта Диетическая (учебно-опытное хозяйство «Кубань», Краснодар, Россия), корнеплоды моркови²⁰ сорта Канберра (учебно-опытное хозяйство «Кубань», Краснодар, Россия).

Для получения овсяного отвара, используемого при изготовлении напитков, применяли следующую схему: смешивали крупу овсяную с водой (смешивание в соотношении 1:10 является оптимальным, так как при этом соотношении достигается содержание сухих веществ около 13%). Смешивание крупы с водой следует проводить при температуре 30–40 °С, нагревание — до 90 °С, выдержка при этой же температуре. Кипячение овсяного отвара осуществляется при температуре 100 °С в течение двух минут.

Купажирование овсяного отвара производят для улучшения органолептических характеристик и повышения содержания биологически активных компонентов. В качестве добавок могут выступать различные соки, сахар, раствор пектина. Дальнейшее перемешивание необходимо для стабилизации напитка. Нагревание напитка до температуры 90–95 °С. В процессе приготовления вся польза исходного сырья переходит в напиток.

По ГОСТ 6687.5²¹ определяли органолептические показатели безалкогольных напитков. Проводили отбор проб для дегустационного анализа по ГОСТ 6687.0²². Внешний вид безалкогольных напитков определяли путем визуального осмотра, а также отмечали отсутствие осадка. Перед оценкой вкуса и аромата напитков

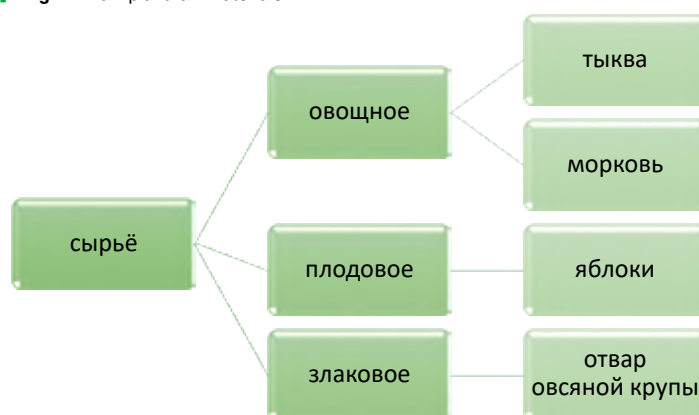
Рис. 1. Этапы выполнения научного исследования

Fig. 1. Stages of scientific research



Рис. 2. Основное растительное сырье

Fig. 2. Main plant raw materials



экспериментальный образец доводили до температуры 10–14 °С.

Визуально определяли цвет напитков в чистом и сухом цилиндре емкостью 250 см³. Оттенок и интенсивность окраски оценивались на соответствие требованиям нормативной и технической документации на готовую продукцию.

Определение органолептических показателей проводилось сотрудниками НИИ биотехнологии и сертификации пищевой продукции Кубанского ГАУ (Краснодар, Россия)²³, имеющие соответствующие компетенции и прошедшие экспертную оценку²⁴.

В готовых напитках содержание сухих веществ определяли с помощью рефрактометрического метода²⁵.

⁹ <https://www.elibrary.ru>

¹⁰ <https://new.fips.ru/about/vptb-otdelenie-vserossiyskaya-patentno-tehnicheskaya-biblioteka/patentnyy-poisk.php>

¹¹ <https://www.sciencedirect.com>

¹² <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

¹³ <https://www.scopus.com>

¹⁴ <https://www.webofscience.com>

¹⁵ <https://scholar.google.com>

¹⁶ <https://cyberleninka.ru>

¹⁷ ГОСТ 3034-2021 Крупа овсяная. Технические условия.

¹⁸ ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия.

¹⁹ ГОСТ 7975-2013 Тыква продовольственная свежая. Технические условия.

²⁰ ГОСТ 33540-2015 Морковь столовая свежая для промышленной переработки. Технические условия.

²¹ ГОСТ 6687.5-86 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения органолептических показателей и объема производства.

²² ГОСТ 6687.0-86 Продукция безалкогольной промышленности. Правила приемки и методы отбора проб.

²³ https://kubsau.ru/science/sri_biotech/ НИИ биотехнологии и сертификации пищевой продукции включает в себя аккредитованную испытательную лабораторию «Центр качества пищевых продуктов» и научную лабораторию функциональных продуктов питания.

²⁴ ГОСТ 8586-2015 Органолептический анализ. Общее руководящие указания по отбору, обучению и контролю за работой отобранных испытателей и экспертов-испытателей.

²⁵ ГОСТ 6687.2-90 Продукция безалкогольной промышленности. Методы определения сухих веществ.

Кислотность готовых напитков определяли с помощью титриметрического метода²⁶. Содержание полисахаридов устанавливали с использованием гравиметрического метода (метод основан на извлечении полисахаридов из сырья, их осаждении и последующем определении массы полученного осадка).

Количественное определение содержания редуцирующих сахаров проводили спектрофотометрическим методом. В основе определения лежит реакция ферментативного гидролиза сахарозы с помощью β -фруктозидазы с образованием равных количеств D-глюкозы и D-фруктозы. Количественное измерение НАДФН осуществляется спектрофотометром (фотометром) при длине волны 340 нм.

Общее содержание сахаров определяли с помощью метода Бертрана (метод основан на восстановительной способности инвертных сахаров по отношению к феллинговой жидкости), образующееся железо — с помощью раствора перманганата калия (титрованием)²⁷.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли йодометрическим методом, основанным на окислительно-восстановительном свойстве аскорбиновой кислоты²⁸.

Определение холина и филлохинона проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием²⁷.

С помощью приближенно-количественного спектрального анализа был определен минеральный состав напитков²⁹.

Для определения элементного состава готовых продуктов проводили их сухое озоление. Для оценки качества исследуемых образцов напитков проведено определение содержания в них макроэлементов кальция, натрия, калия²⁷ и микроэлемента железа³⁰ методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

Результаты исследований обработаны при помощи компьютера (программа Microsoft Office Excel) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica (США). Установлена критическая граница уровня статистической значимости ($p \leq 0,05$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для разработки напитков были выбраны ингредиенты, которые способствуют предотвращению старения, а именно полибиологически ценное сырье, богатое витаминами и минералами.

Для создания геродиетических напитков новый или усиленный положительный биологический эффект увеличивается, то есть при таком составе растет биологическая ценность всех компонентов, которые включены в смесь. Использование добавок растений дает возможность получить новые продукты, которые имеют хорошие органолептические характеристики и функциональные свойства.

Производство и потребление функциональных напитков с растительным сырьем стало важным — они обеспечивают оздоровление организма, которое выходит за рамки основных функций питания.

Сегодня напитки — наиболее эффективная функциональная категория продуктов питания благодаря их

удобству и способности удовлетворять требования потребителей к содержанию, размеру, форме и внешнему виду емкостей, а также к простоте распределения и хранения продуктов питания (холодные и хорошо складываемые). Кроме того, они являются очень хорошим источником питательных веществ и биологически активных соединений, включая витамины, минералы, антиоксиданты, жирные кислоты, растительные экстракты и волокна, пребиотики и пробиотики. Эти напитки демонстрируют функциональные и лечебные свойства, такие как противодиабетическое и противораковое действие [29, 30].

Напитки овсяно-плодово-овощные геродиетического назначения. В состав данной группы консервов входят три наименования напитков.

Во все виды разработанных напитков входит овсяная крупа в виде отвара. Напитки, приготовленные на основе овсяных отваров [31–34], не только хорошо утоляют жажду, но и рекомендуются людям, страдающим заболеваниями сердечно-сосудистой системы, пищеварительного тракта, нарушением обмена веществ. Отличаются (качественно и количественно) видом плодового или овощного сырья.

Напитки имеют достаточно хорошие пищевкусные свойства и льющую консистенцию (табл. 1), а также повышенную биологическую ценность и достаточно низкую калорийность (21–31 ккал).

Сенсорные признаки полученных продуктов представлены в таблице 1. Органолептическая оценка проводилась сенсорным методом по таким признакам, как внешний вид, консистенция, цвет, запах и вкус.

При подборе моделей консервов учитывали кислотность компонентов с целью смягчения (по возможности) режимов стерилизации, так как такой показатель, как кислотность, влияет и на органолептические показатели готового продукта, и на его сохранность в процессе хранения. Поэтому показатель активной кислотности для большинства консервов планировался на уровне 4,0–4,2, что дает возможность стерилизовать консервы при температуре 100 °С.

На основе выполненных экспериментальных работ, физико-химических, органолептических, микробиологических исследований выявлены лучшие предельно оптимальные соотношения компонентов в

Таблица 1. Органолептические характеристики производимых напитков

Table 1. Organoleptic characteristics of manufactured beverages

Показатели	Напиток		
	овсяно-тыквенно-яблочный	овсяно-тыквенный	овсяно-морковный
Внешний вид	густой, однородный		
Цвет	светло-оранжевый	оранжевый различной интенсивности	оранжевый
Запах	приятный, овсяно-тыквенно-яблочный	приятный, овсяно-тыквенный	приятный, овсяно-морковный
Консистенция	однородная, льющаяся, без сгустков тыквы	однородная, льющаяся, без сгустков тыквы	однородная, льющаяся, без сгустков моркови
Вкус	характерный для компонентов		

²⁶ ГОСТ 6687.4-86 Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Методы определения кислотности.

²⁷ ГОСТ 25702.3-83 Концентраты редкометаллические. Метод определения закисного железа.

²⁸ Методы анализа витаминов: практикум. Составители: Г.Н. Чупахина, П.В. Масленников. Калининград: Изд-во КГУ. 2004; 36.

²⁹ ГОСТ 33462-2015 Продукция соковая. Определение натрия, калия, кальция и магния методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

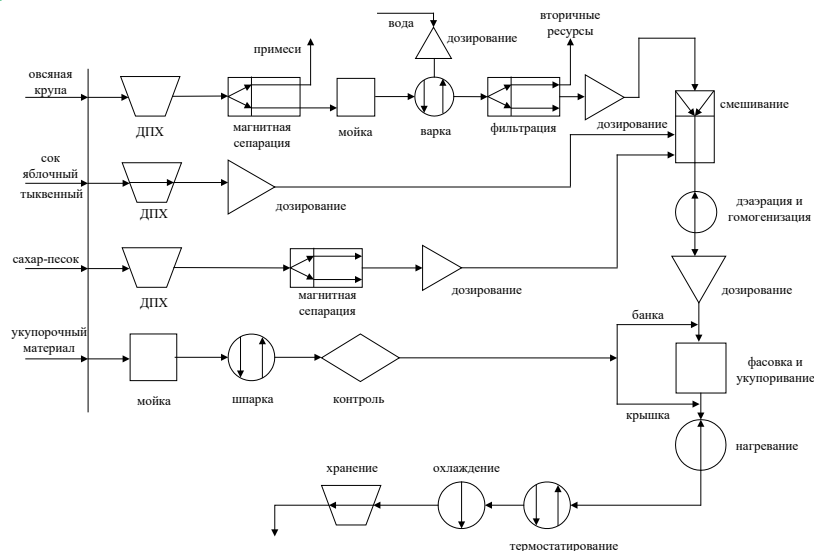
³⁰ ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа.

Таблица 2. Физико-химические показатели новых видов консервов, % на сырую массу
Table 2. Physico-chemical indicators of new types of canned food, % on the raw mass

Наименование образцов	Массовая доля сухих веществ		Кислотность на массовую долю яблочной кислоты	pH	Сахара		Крахмал
	высушиванием	по рефрактометру			общие	редуцирующие	
Овсяно-тыквенно-яблочный	10,93	9,20	0,12	4,40	7,66	5,73	1,33
Овсяно-тыквенный	13,87	11,80	0,46	3,15	8,90	8,13	0,67
Овсяно-морковный	14,63	11,30	0,61	3,30	11,5	8,40	2,72

Рис. 3. Технологическая схема производства напитков геродиетического назначения

Fig. 3. Technological scheme of production of drinks of herodietetic purpose



рецептурах-моделях, которые включены в нормативную документацию по их производству.

В таблице 2 представлены физико-химические показатели напитков. Новые виды отличаются сравнительно низкой калорийностью, что удовлетворяет требованиям геропитания.

Контролируемые показатели (в зависимости от вида) колеблются в пределах: растворимые вещества — 9–13%, pH — не более 4,4, кислотность в пересчете на яблочную — 0,12–0,60%, пищевые волокна — 0,39%.

Разработаны и представлены технологические схемы производства консервов для героконтингента, представлен пример производства геродиетических напитков (рис. 3).

В таблице 3 представлены данные по содержанию витаминов и витаминоподобных компонентов, в таблице 4 — содержание микро- и макроэлементов.

Таблица 3. Витаминный состав новых видов напитков геродиетического назначения на сырую массу

Table 3. Vitamin composition of new types of herodietetic drinks for raw mass

Наименование образцов	Витамин		Холин	Филлохинон
	C, мг	β-каротин		
Овсяно-тыквенно-яблочный	0,03	0,09	1,82	0,1
Овсяно-тыквенный	0,02	0,05	1,7	0,04
Овсяно-морковный	0,02	0,02	1,65	0,06

Таблица 4. Микро- и макроэлементы напитков геродиетического назначения на сырую массу, мг%

Table 4. Micro- and macroelements of gerodietetic drinks by wet weight, mg%, mg%

Наименование образцов	Микро- и макроэлементы, мг			
	кальций	калий	натрий	железо
Овсяно-тыквенно-яблочный	120,0	421,0	37,0	5,5
Овсяно-морковный	117,0	419,0	35,0	5,2
Овсяно-тыквенный	116,0	417,0	38,0	5,3

Установлено: напитки геродиетического назначения содержат тот же набор биологически активных веществ, что и исходное сырье, достаточно хорошо сохраняются при производстве и хранении. Пищевкусные свойства напитков хорошие (по вкусу и цвету, аромату, консистенции). Особенно хорошую органолептику имеют напитки, выработанные в производственных условиях при соблюдении всех требований нормативной документации.

Пищевая ценность напитков характеризуется содержанием витамина C, β-каротина и минеральных веществ.

Сочетание овсяного отвара с фруктовыми (яблоки) и овощными (тыква, морковь) наполнителями значительно обогащает продукт природными биологически активными веществами: витаминами, органическими кислотами, минеральными солями, полифенольными соединениями.

Выводы/Conclusion

Правильное биологически полноценное питание способствует профилактике заболеваний, продлению жизни, повышению работоспособности, создает условия для адекватной адаптации к окружающей среде [35–37].

Проблема создания полноценного здорового, профилактического питания для всех категорий населения России, в том числе для героконтингента, самая острая, прежде всего в последние годы изменилась структура потребления основных пищевых веществ и энергии, большинства витаминов, ряда макро- и микронутриентов (кальций, железо, селен, йод, фтор и др.), пищевых волокон.

В России стоит серьезно вопрос о дефиците в рационе микронутриентов — витаминов и микроэлементов. Их нехватка отмечена у большинства пожилых людей больших городов.

Для обеспечения здорового питания необходимо выполнить минимум три условия (рис. 4.).

Рис. 4. Три условия

Fig. 4. Three conditions



Из широкого ассортимента продуктов питания потребитель выбирает те, которые обладают такими свойствами, как натуральность, польза для здоровья, необыкновенный вкус, удобство. Всем этим требованиям отвечают разработанные геродиетические напитки, что свидетельствует о перспективности их практического применения, причем не только для старшего поколения.

Целесообразно расширить ассортимент разработанных напитков, создать новые и изучить их свойства и функции.

В статье изучены: состояние вопроса в стране и мире; биологические свойства и влияние основных нутриентов и нутрицевтиков на организм человека; пищевая и биологическая ценность выбранных для новых видов напитков сырья и материалов.

Три вида напитков представляют собой напитки с мякотью, имеют однородную льющуюся, нежную, непрозрачную массу с равномерно распределенной

тонкоизмельченной мякотью овощей и плодов, из которых они изготовлены.

Установлены нормируемые органолептические и физико-химические показатели качества геродиетических напитков. В новых видах напитков проведены химические исследования (витаминный состав, минеральный состав), установлена основная пищевая ценность (сахара, органические кислоты, пектины, пищевые волокна и др.).

Определены показатели, обеспечивающие пищевую и энергетическую ценность этих продуктов и позволяющие использовать их в диетическом питании профилактического назначения.

Все новые виды напитков низкокалорийны, богаты пищевыми волокнами. Дополнительно выявлено, что все три вида разработанных напитков содержат в большей или меньшей степени витамины, б-каротин, жизненно важные минеральные элементы.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутько В.Н., Донцов В.И. Фундаментальные основы медицины антастарения. *Вестник восстановительной медицины*. 2008; 6(28): 4–8. EDN: MUOEDV
2. Гильмутдинова И.Р., Еремин П.С. Панорамный взгляд на проблемы антастарения: от клетки до персонального продукта. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019; 3(81): 59–61. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.81.3.008>
3. Рубан Н.Ю., Резниченко И.Ю. Теоретические аспекты разработки продуктов геродиетического назначения с применением растительного сырья. *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет. 2021; 1: 436–441. EDN: DNNCSS
4. Варивода А.А., Кениз Н.В., Ребезов М.Б. Разработка научно обоснованных подходов к проектированию пищевых продуктов направленного действия для геродиетического питания. *Аграрная наука*. 2023; (4): 145–151. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
5. Еременко В.Н., Лыткин А.В., Мишагина И.В., Синько О.В., Тюпенкова Г.Е., Лучинина И.Г. Физиология пищеварения и основы рационального питания. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019; 81(4): 159–165. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-159-165>
6. Чеховская И.А., Коблова С.А. Основные тенденции развития рынка соковой продукции в России. *Научно-практические исследования*. 2020; 5–2(28): 123–128. EDN: DPEDXN
7. Романов П.С., Романова И.П. Здоровое питание в современном мире: подмена понятий и новейшие технологии. *Энергия: экономика, техника, экология*. 2022; 3: 2–9. <https://doi.org/10.7868/S0233361922030016>
8. Фелик С.В., Антипова Т.А., Симоненко С.В., Сидорова Е.В. Продукты геродиетического питания. Перспективные исследования. *Пищевая промышленность*. 2019; 4: 111–113.
9. Глаголева А.Э., Зацепилина Н.П. Социально-экономические аспекты применения инновационных ингредиентов для геродиетического питания. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2021; 2: 128–131. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-2-128-131>
10. Ким Ю.Г., Орымбетова Г.Э. Разработка технологии производства фруктово-овощных напитков (яблоко, морковь, тыква). *Научные труды ЮГУ им. М. Ауэзова*. 2018; 4(48): 117–121. EDN: OSYTV
11. Кочеткова А.А., Воробьева В.М., Смирнова Е.А., Воробьева Е.С. Научное обоснование составов и свойств функциональных напитков. *Пиво и напитки*. 2011; 6: 18–21. EDN: ONHASR
12. Попова Я.А., Курчаева Е.Е. Продукты геродиетического питания: физиологическое значение и роль в питании людей пожилого возраста. *Церевитиновские чтения – 2022: материалы VIII Международной научно-практической конференции*. М.: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова. 2022; 125, 126. EDN: FESDJV
13. Kozhakhmetova G., Lashkareva O. Proper nutrition for a healthy lifestyle of the population of the republic of Kazakhstan. *Problems of AgriMarket*. 2020; 3: 102–108. <https://doi.org/10.46666/2020.2708-9991.12>
14. Сильчук Т.А., Дочинец И.В., Юрченко О.В. Розроблення смузі геродиетичного призначення. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*. 2018; 2: 10(50): 51–55. EDN: UVEZAE

REFERENCES

1. Krutko V.N., Dontsov V.I. Fundamentals of anti-aging medicine. *Bulletin of restorative medicine*. 2008; 6 (28): 4–8 (In Russian). EDN: MUOEDV
2. Gilmudtinova I.R., Yeregin P.S. Panoramic view of anti-aging problems: from a cell to the personal product. *International scientific research journal*. 2019; 3(81): 59–61 (In Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.81.3.008>
3. Ruban N.Yu., Reznichenko I.Yu. Theoretical aspects of the development of gerodietetic products using plant raw materials. *Agro-industrial complex: problems and prospects for development: Materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University. 2021; 1: 436–441 (In Russian). EDN: DNNCSS
4. Varivoda A.A., Keniyz N.V., Rebezov M.B. Development of evidence-based approaches to the design of targeted food products for gerodietary nutrition. *Agrarian science*. 2023; (4): 145–151 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-145-151>
5. Eremenko V.N., Lytkin A.V., Mishagina I.V., Sinko O.V., Tyupenkova G.E., Luchinina I.G. Physiology of digestion and the basis of rational nutrition. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019; 81(4): 159–165 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-159-165>
6. Chekhovskaya I.A., Koblova S.A. The main trends in the development of the juice products market in Russia. *Scientific and practical research*. 2020; 5–2(28): 123–128 (In Russian). EDN: DPEDXN
7. Romanov P.S., Romanova I.P. Healthy nutrition in the modern world: the substitution of concepts and the latest technologies. *Energy: economics, technology, ecology*. 2022; 3: 2–9 (In Russian). <https://doi.org/10.7868/S0233361922030016>
8. Felik S.V., Antipova T.A., Simonenko S.V., Sidorova E.V. Gerodietetic food products. Prospective studies. *Food industry*. 2019; 4: 111–113 (In Russian).
9. Glagoleva A.E., Zatsupilina N.P. Socio-economic aspects of application of innovative ingredients for herodietic nutrition. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. 2021; 2: 128–131 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-2-128-131>
10. Kim Yu.G., Orymbetova G.E. Development of technology for the production of fruit and vegetable drinks (apple, carrot, pumpkin). *Transactions of M. Auezov SKSU*. 2018; 4(48): 117–121 (In Russian). EDN: OSYTV
11. Kochetkova A.A., Vorobieva V.M., Smirnova E.A., Vorobieva E.S. Scientific substantiation of the compositions and properties of functional drinks. *Beer and drinks*. 2011; 6: 18–21 (In Russian). EDN: ONHASR
12. Popova Ya.A., Kurchaeva E.E. Gerodietetic food products: physiological significance and role in the nutrition of older people. *Tserevitinovskiy chteniya – 2022: materials of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Plekhanov Russian university of economics. 2022; 125, 126 (In Russian). EDN: FESDJV
13. Kozhakhmetova G., Lashkareva O. Proper nutrition for a healthy lifestyle of the republic of Kazakhstan. *Problems of AgriMarket*. 2020; 3: 102–108. <https://doi.org/10.46666/2020.2708-9991.12>
14. Sylchuk T.A., Dochynets I.V., Yurchenko O.V. Development smoothie of gerodietetic appointment. *International Scientific Journal "Internauka"*. 2018; 2: 10(50): 51–55 (In Ukrainian). EDN: UVEZAE

15. Abdurakhmonov F.Z. Tashakkuli tarzi haёti solim dar maktabchagon va roхhoи пешгир аз таассури манфи. *Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон*. 2021; 2: 241–251. EDN: KVAOSE
16. Olimzoda A.S. Samaranoiki iktisodii innovatsionii istexsolot dar зеркомплекс чорвои ширдеҳ: самти ширию ҳуҷроворӣ ва маҳсулотҳои он. *Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Баҳши илмҳои иҷтимоӣ-иқтисодӣ ва ҷамъиятӣ*. 2022; 5: 46–54. EDN: MBCSLM
17. Kryvun M.V. Sistema zabezpechennia naselennia produktami харчування за відсутності ринку продуктів харчування. *Вісник економічної науки України*. 2020; 2(39): 232–237. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2020.2\(39\).232-237](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2020.2(39).232-237)
18. Asadova M.G., Novikova O.A. Produkty s povыshennoy biologicheskoy tsennostyu dlya zdorovogo pitaniya. *Продовольственная безопасность: прошлое, настоящее, будущее: Материалы круглого стола (с международным участием, Луганск)*. Донецк: Ноулидж. 2023; 1: 19–25. EDN: CUTMIW
19. Volpi E. *et al.* Is the Optimal Level of Protein Intake for Older Adults Greater Than the Recommended Dietary Allowance? *Journals of gerontology series a-biological sciences and medical sciences*. 2013; 68(6): 677–681. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls229>
20. Beasley J.M., Shikany J.M., Thomson C.A. The Role of Dietary Protein Intake in the Prevention of Sarcopenia of Aging. *Nutrition in clinical practice*. 2013; 28(6): 684–690. <https://doi.org/10.1177/0884533613507607>
21. Kteshelashvili M.E., Bobozhonova G.A. Development of a herodietic flour confectionery product with specified properties. *Trajectories of Technological Development*. 2023; 2: 1(5): 40–50. <https://doi.org/10.21686/2782-3555-2023-1-40-50>
22. Gordienko S.A., Losevskaya S.A. Znacheniye primeneniya dieticheskikh, gerodieticheskikh i spetsialnykh produktov pitaniya. *Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов IX Международной научно-практической конференции*. М.: Алеф. 2022; 134–139. EDN: FJPHV
23. Rebezov M.B. *et al.* Nutritional and technical aspect of tiger nut and its micro-constituents: an overview. *Food Reviews International*. 2023; 39(6): 3262–3282. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2011910>
24. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(28): 9187–9216. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
25. Petrakova E.D., Bondarenko A.P., Mitroshina D.P., Slavyansky A.A. Razrabotka sostavov pittevykh smesey dlya gerodieticheskogo pitaniya. *Основные направления развития технологии глубокой переработки крахмалосодержащего и инулинсодержащего сырья: сборник трудов Международной научно-практической конференции*. Красково: Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха. 2022; 143–148. EDN: EBBSJH
26. Bogdanov V.D., Pankina A.V. Evaluating quality of gerodietic fish molded products enriched with seafood cryoconcentrates. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022; 3: 92–97. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-3-92-97>
27. Simar D., Malatesta D., Mas E., Delage M., Caillaud C. Effect of an 8-week aerobic training program in elderly on oxidative stress and HSP72 expression in leukocytes during antioxidant supplementation. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2012; 16(2): 155–161. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0106-5>
28. Glagoleva A.E., Zatsipilina N.P. Sotsialno-ekonomicheskiye aspekty primeneniya innovatsionnykh ingrediventov dlya gerodieticheskogo pitaniya. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2021; 2: 128–131. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-2-128-131>
29. Kalentseva E.D. Analiz khimicheskogo sostava napitkov na rastitelnoy osnove iz zerna ovsa. *73-я Международная студенческая научно-техническая конференция: материалы конференции*. Астрахань: Астраханский государственный технический университет. 2023; 1383, 1384. EDN: NIVGTY
30. Myrzhikbayeva A.D., Khasatayeva A.Zh., Bekturganova A.A., Omaraliev A.M., Zhamurova V.S. Жарма сусындырын өндіру үшін жергілікті өсірілген сұлының физикалық-химиялық қасиеттері мен ұлы элементтерін зерттеу. *Алматы технологиялық университетінің хабарысы*. 2022; 4: 42–49. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-42-49>
31. Rodionov I.S., Evdokimov I.A., Abakumova E.A. Biotechnological bases of a functional drink based on whey. *Modern Science and Innovations*. 2023; 1(41): 72–82. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.1.7>
32. Hasanov E.K.O., Agakishiyev R.R.O., Əlizadə R.A.Q., Farhadova R.M.Q., Xəlilov S.P.O. Amidaminlərin müxtəlif yağ turşuları ilə kompozisiyası əsasında hazırlanmış konservasiya mayelərinin tədqiqi. *Elmi xəbərlər. Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi*. 2022; 22(4): 30–34. <https://doi.org/10.54758/16801245-2022-22-4-30>
33. Zerbay Y.P., Auezova N.S., Kalemshariv B. Өсімдік сығындысымен дайындалатын сүтшіңкылды өнім алу мүмкіншілігі. *М. Қозыбаев атындағы СКУ Хабаршысы*. 2021; 1(50): 91–96. EDN: YXKLZY
34. Erofeeva A.V., Burmasova M.A., Sysoeva M.A. Получение напитков на овсяной основе с растительными добавками. *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. 2023; 26(3): 249–256. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-249-256>
35. Dolzhikova X.B., Drozhzhakov A.I. Правильное питание — залог здоровой и полноценной жизни человека. *Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования*. 2022; 15: 82–85. <https://doi.org/10.36683/2500-249X/2022-15/82-85>
36. Orlova E.S., El-Sohaimy S.A., Rebezov M.B. Otsenka antioksidantnoy i antimikrobnoy aktivnosti rastitelnykh bioaktivnykh soedineniy v kachestve naturalnykh konservantov. *Аграрная наука*. 2023; 1(8): 143–150. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>
37. Napolsky I.N., Popova P.V. Personalized nutrition for the prevention and treatment of metabolic diseases: opportunities and perspectives. *Russian Journal of Personalized Medicine*. 2022; 2(1): 15–34. <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2022-2-1-15-34>
15. Abdurakhmonov G.Z. Formation of a healthy lifestyle in pupils and ways to prevent the negative impact on their life and health. *Bulletin of Tajik national university*. 2021; 2: 241–251 (In Tajik). EDN: KVAOSE
16. Olimzoda A.S. The economic efficiency of innovative production in the subcomplex of dairy cattle and its products. *Bulletin of Tajik national university. socio-economic and social sciences series*. 2022; 5: 46–54 (In Tajik). EDN: MBCSLM
17. Kryvun M.V. System of food providing for the population without market of the food. *Bulletin of economic science of Ukraine*. 2020; 2(39): 232–237 (In Ukrainian). [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2020.2\(39\).232-237](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2020.2(39).232-237)
18. Asadova M.G., Novikova O.A. Products with increased biological value for a healthy diet. *Food security: past, present, future: Materials of the round table (with international participation, Lugansk)*. Donetsk: Noulidzh. 2023; 1: 19–25 (In Russian). EDN: CUTMIW
19. Volpi E. *et al.* Is the Optimal Level of Protein Intake for Older Adults Greater Than the Recommended Dietary Allowance? *Journals of gerontology series a-biological sciences and medical sciences*. 2013; 68(6): 677–681. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls229>
20. Beasley J.M., Shikany J.M., Thomson C.A. The Role of Dietary Protein Intake in the Prevention of Sarcopenia of Aging. *Nutrition in clinical practice*. 2013; 28(6): 684–690. <https://doi.org/10.1177/0884533613507607>
21. Kteshelashvili M.E., Bobozhonova G.A. Development of a herodietic flour confectionery product with specified properties. *Trajectories of Technological Development*. 2023; 2: 1(5): 40–50. <https://doi.org/10.21686/2782-3555-2023-1-40-50>
22. Gordienko S.A., Losevskaya S.A. The importance of using dietary, gerodietetic and special food products. *Modern trends in the development of science and the world community in the era of digitalization: collection of materials from the IX International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Alef. 2022; 134–139 (In Russian). EDN: FJPHV
23. Rebezov M.B. *et al.* Nutritional and technical aspect of tiger nut and its micro-constituents: an overview. *Food Reviews International*. 2023; 39(6): 3262–3282. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2011910>
24. Sultana S. *et al.* Impacts of nutritive and bioactive compounds on cancer development and therapy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023; 63(28): 9187–9216. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2062699>
25. Petrakova E.D., Bondarenko A.R., Mitroshina D.P., Slavyansky A.A. Development of food mixtures for gerodietetic nutrition. *Main directions of development of technology for deep processing of starch-containing and inulin-containing raw materials: Collection of proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Kraskovo: Federal Potato Research Center named after A.G. Lorja. 2022; 143–148 (In Russian). EDN: EBBSJH
26. Bogdanov V.D., Pankina A.V. Evaluating quality of gerodietic fish molded products enriched with seafood cryoconcentrates. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2022; 3: 92–97. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2022-3-92-97>
27. Simar D., Malatesta D., Mas E., Delage M., Caillaud C. The effect of an 8-week aerobic exercise program in the elderly on oxidative stress and expression of HSP72 in leukocytes when taking antioxidant supplements. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2012; 16(2): 155–161. <https://doi.org/10.1007/s12603-011-0106-5>
28. Glagoleva A.E., Zatsipilina N.P. Socio-economic aspects of application of innovative ingredients for herodietic nutrition. *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. 2021; 2: 128–131 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-2-128-131>
29. Kalentseva E.D. Analysis of the chemical composition of plant-based drinks made from oat grains. *73rd International Student Scientific and Technical Conference: conference materials*. Astrakhan: Astrakhan State Technical University. 2023; 1383, 1384 (In Russian). EDN: NIVGTY
30. Myrzhikbayeva A.D., Khasatayeva A.Zh., Bekturganova A.A., Omaraliev A.M., Zhamurova V.S. Research of physical and chemical properties and toxic elements in locally bred oats for the production of cereal drinks. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2022; 4: 42–49 (In Kazakh). <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-42-49>
31. Rodionov I.S., Evdokimov I.A., Abakumova E.A. Biotechnological bases of a functional drink based on whey. *Modern Science and Innovations*. 2023; 1(41): 72–82. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2023.1.7>
32. Hasanov E.K., Agakishiyev R.R., Alizade R.A., Farhadova R.M., Khalilov S.P. Study of conservation liquids prepared based on the composition of amidoamine with different fatty acids. *Scientific notices. series: natural and technical sciences*. 2022; 22(4): 30–34 (In Azerbaijani). <https://doi.org/10.54758/16801245-2022-22-4-30>
33. Zerbay U.R., Auezova N.S., Kalemshariv B. Possibility of obtaining a fermented milk product prepared with a plant extract. *Vestnik of M. Kozhybayev North Kazakhstan University*. 2021; 1(50): 91–96 (In Kazakh). EDN: YXKLZY
34. Erofeeva A.V., Burmasova M.A., Sysoeva M.A. Producing plant-supplemented oat-based beverages. *Bulletin of MSTU. Proceedings of the Murmansk State Technical University*. 2023; 26(3): 249–256 (In Russian). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-249-256>
35. Dolzhikova H.V., Drozhzhakov A.I. Proper nutrition is the key to a healthy and fulfilling life. *Education and science without borders: fundamental and applied research*. 2022; 15: 82–85 (In Russian). <https://doi.org/10.36683/2500-249X/2022-15/82-85>
36. Orlova E.S., El-Sohaimy S.A., Rebezov M.B. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activity of plant bioactive compounds as natural preservatives. *Agrarian science*. 2023; 1(8): 143–150 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-143-150>
37. Napolsky I.N., Popova P.V. Personalized nutrition for the prevention and treatment of metabolic diseases: opportunities and perspectives. *Russian Journal of Personalized Medicine*. 2022; 2(1): 15–34 (In Russian). <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2022-2-1-15-34>

ОБ АВТОРАХ

Альбина Алексеевна Варивода¹

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции
albin2222@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Надежда Викторовна Кений¹

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции
keniz@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

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>

¹Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
ул. Калинина, 13, Краснодар, 350044, Россия

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Albina Alekseevna Varivoda¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Crop Products
albin2222@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

Nadezhda Viktorovna Keniy¹

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Crop Products
keniz@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5003-9339>

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>

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin,
13 Kalinin Str., Krasnodar, 350044, Russia

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

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

УДК 664.149

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-151-156

А.Е. Баженова

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова
Российской академии наук, Москва, Россия

✉ bajenova.a@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.08.2023

Одобрена после рецензирования:
24.11.2023

Принята к публикации:
08.12.2023

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-151-156

Alla E. Bazhenova

All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry — Branch of V.M. Gorbatoev Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ bajenova.a@mail.ru

Received by the editorial office:
10.08.2023

Accepted in revised:
24.11.2023

Accepted for publication:
08.12.2023

Микробиологические факторы обеспечения сохранности кондитерских изделий пенообразной структуры

РЕЗЮМЕ

Зефир является популярным кондитерским изделием у потребителей. Высокий интерес вызывает потребность в развитии и изменении технологий производства. Один из способов расширения ассортимента зефира — использование глазури, которая придает изделиям особый вкус и аромат, защищает продукты от вредных воздействий, вызывающих порчу изделия. В процессе хранения изделия, покрытые глазурью, изготовленной с использованием заменителей масла какао лауринового типа, склонны к липолитической порче с появлением неприятного мыльного привкуса. Проведенные исследования подтвердили, что слой на границе фаз между глазурью и зефирной массой является источником обсемененности плесневыми грибами в связи с благоприятными условиями для роста микроорганизмов. Показано, что при повышении температуры количество КМАФАнМ в глазированном кондитерской глазурью зефире уменьшается от $2,1 \times 10^2$ КОЕ/г до 80 КОЕ/г, а количество плесени увеличивается от 130 до 170 КОЕ/г. Поэтому для обеспечения сохранности глазированных сбивных изделий необходимо повышать требования к исходной микробиологической обсемененности сырья, условиям хранения, транспортировки. Помимо этого, необходимо рассматривать возможность внесения в рецептуру влагоудерживающих компонентов для уменьшения скорости роста микробиоты в изделиях.

Ключевые слова: кондитерские изделия, зефир, глазурь, сохранность, оценка качества, микробиологические изменения

Для цитирования: Баженова А.Е. Микробиологические факторы обеспечения сохранности кондитерских изделий пенообразной структуры. *Аграрная наука*. 2023; 377(12): 151–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-151-156>

© Баженова А.Е.

Microbiological factors for ensuring the safety of confectionery products of a foamy structure

ABSTRACT

Marshmallows are a popular confectionery among consumers. There is a high interest in the need to develop and change production technologies. One of the ways to expand the range of marshmallows is the use of glaze, which gives the products a special taste and aroma, protects the products from harmful effects that cause damage to the product. During storage, products coated with glaze made using lauric-type cocoa butter substitutes are prone to lipolytic spoilage with the appearance of an unpleasant soapy taste. The conducted studies have confirmed that the layer at the phase boundary between the glaze and the marshmallow mass is a source of contamination by mold fungi due to favorable conditions for the growth of microorganisms. It is shown that as the temperature increases, the amount of CMAFAnM in glazed marshmallows decreases from 2.1×10^2 CFU/g to 80 CFU/g, and the amount of mold increases from 130 to 170 CFU/g. Therefore, in order to ensure the safety of glazed whipped products, it is necessary to increase the requirements for the initial microbiological contamination of raw materials, storage conditions, and transportation. In addition, it is necessary to consider the possibility of introducing moisture-retaining components into the formulation to reduce the growth rate of microbiota in products.

Key words: confectionery, zephyr, glaze, preservation, quality assessment, microbiological changes

For citation: Bazhenova A.E. Microbiological factors for ensuring the safety of confectionery products of a foamy structure. *Agrarian science*. 2023; 377(12): 151–156 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-377-12-151-156>

© Bazhenova A.E.

Введение/Introduction

Кондитерские изделия, согласно исследованиям, возглавляют список импульсных покупок¹. Зафиксированный 18%-ный рост спроса на зефир², пастилу и мармелад объясняется тем, что сладкое — доступный способ борьбы со стрессом у потребителя³.

Отмеченный в числе роста покупательского спроса зефир является сахаристым кондитерским изделием сбивной структуры, изготавливается с использованием яблочного пюре и структурообразователей, имеет более низкую калорийность, так как при производстве не используются жиры [1, 2].

Высокий интерес вызывают потребность в развитии и изменении технологий производства, придание данной группе изделий дополнительных характеристик и пищевой ценности [3–6]. Помимо этого, актуальными направлениями остаются исследования по продлению сроков годности и обеспечению качества и безопасности изделий [7–9].

Для кондитерских изделий пенообразной структуры свойственно высыхание или увлажнение в процессе хранения, а также изменения микробиологических показателей под влиянием различных факторов (условия хранения, упаковочные материалы и рецептурный состав), связанных с появлением свободной влаги [10].

Один из способов расширения ассортимента зефира — использование глазури. Она придает изделиям особый вкус и аромат, защищает продукты от вредных воздействий, вызывающих порчу изделия [11, 12]. Кондитерская глазурь, часто используемая в среднем сегменте, изготавливается на жирах лауринового типа [11]. В процессе хранения изделия, покрытые глазурью, изготовленной с использованием заменителей масла какао лауринового типа, склонны к липолитической порче с появлением неприятного мыльного привкуса [13, 14]. Данные процессы происходят под воздействием ферментов липаз.

Липаза — это фермент, способный катализировать гидролиз сложных эфиров связей в водонерастворимых липидных субстратах [15, 16]. Известно, что липооксигеназа, тепловая обработка, кислород воздуха, солнечный свет и ряд других факторов влияют на скорость процессов гидролиза, вызывая прогоркание и сокращение срока годности пищевых продуктов [17, 18].

Активными продуцентами липаз могут являться бактерии, плесневые грибы и дрожжи, так как в процессе их жизнедеятельности микробиологическая контаминация может изменяться, увеличивая риск липолитической порчи [13, 16, 17]. Ранее проведенные исследования показали, что микробиологическая обсемененность сырья может оказывать влияние на дальнейшую обсемененность готового изделия.

Упаковка может являться дополнительным фактором порчи изделия, влияющим на рост микроорганизмов [19, 20].

Также способна оказывает влияние на микробиологические изменения, процессы влагопереноса и сохранность изделий повышенная температура. В процессе жизненного цикла изделия до прилавка может происходить хранение при различных температурах, тем самым увеличивая риск порчи изделий [21, 22], поэтому была проведена оценка влияния различной температуры хранения на микробиологические показатели, в том числе отдельных частей зефира.

Поскольку в изделиях с низкой влажностью и высокой массовой долей жира, таких как шоколад, глазированные изделия, активность воды может достигать высоких значений (0,7–0,8), при которых возможны развитие ряда микроорганизмов и выработка ими липолитических ферментов [23], изменение активности воды и массовой доли влаги в процессе хранения будет оказывать влияние на качество кондитерских изделий.

Цель исследования — изучить влияние микробиологических показателей готового сырья и повышенной температуры на микробиологические показатели кондитерских изделий.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Сырье для производства сбивных кондитерских изделий — какао-порошок (2 образца), пюре яблочное (асептическое) (2 образца), белок сухой яичный (2 образца) — было закуплено в торговой сети. Модельные образцы зефира, шоколадная глазурь на основе эквивалентов масла какао и кондитерская глазурь на основе заменителей масла какао лауринового типа были изготовлены по классическим рецептурам во ВНИИКП — филиале ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН.

Исследования проводились с 2022 по 2023 год. Образцы зефира были упакованы в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм, размером 140 × 140 мм и с коэффициентом паропроницаемости 340 см³ × см / м² × сут × атм.

Массовая доля влаги измерена согласно ГОСТ 5900-2014⁴. Массовая доля фруктового сырья рассчитана по соотношению массовых долей яблочной кислоты, калия и магния, определенных методом капиллярного электрофореза⁵. Плотность изделия измерялась по объему вытесненной жидкости⁶. Активность воды определена изменением равновесного давления водяного пара в закрытых системах на анализаторе AquaLab 4TE (США)⁷.

Образцы хранились в климатической камере Climacell 404 (Чехия) и термостате Sanyo Mir 262 (Япония) при температурах 18 °С и 28 °С и относительной влажности окружающего воздуха 40%.

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определено по ГОСТ 33536-2015⁸, количество плесени и дрожжей — по ГОСТ 10444.12-2013⁹, определения содержания спор мезофильных анаэробных микроорганизмов — по ГОСТ 32012-2012¹⁰.

¹ Кондитерские изделия: как управлять продажами в рознице. 2022. <https://foodmarket.spb.ru/archive/2022/222345/222371/>

² Price.ru: россияне на 254% чаще ищут успокоительные в 2022 году. <https://www.kommersant.ru/doc/5680366?query=зефир>

³ Россияне считают сладкое самым доступным способом борьбы со стрессом. <https://www.gazeta.ru/social/news/2022/05/17/17753582.shtml>

⁴ ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ. 2019; 10.

⁵ ГОСТ 34847-2022 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли фруктового сырья. Часть 3. Количественное определение фруктового сырья. М.: Стандартинформ. 2022; 20.

⁶ ГОСТ 5902-80 Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения и плотности пористых изделий. М.: Стандартинформ. 2012; 68.

⁷ ГОСТ ISO 21807-2015 Микробиология пищевой продукции и кормов. Определение активности воды. М.: Стандартинформ. 2016; 8.

⁸ ГОСТ 33536-2015 Изделия кондитерские. Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ. 2019; 7.

⁹ ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. М.: Стандартинформ. 2014; 10.

¹⁰ ГОСТ 32012-2012 Молоко и молочная продукция. Методы определения содержания спор мезофильных анаэробных микроорганизмов. М.: Стандартинформ. 2019; 12.

Математическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью программы Excel 2019 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Обеспечение безопасности и сохранение качества пищевых продуктов на всем протяжении жизненного цикла — приоритетные задачи производства. Микробиологические нормативы безопасности пищевой продукции регламентируются ТР ТС 021/2011¹¹. Кондитерские изделия представлены большим ассортиментом, являются многокомпонентными пищевыми продуктами, при изготовлении которых используют различное сырье. Поэтому были проведены анализы микробиологических показателей различных партий сырья для производства сбивных кондитерских изделий (табл. 1).

Исследования показали более высокие значения микробиологических показателей у образцов какао-порошка. Значения по содержанию КМАФАНМ достигали 5×10^3 , что в три раза превышало данные значения у образцов пюре яблочного и белка сухого яичного. Количество плесневых грибов не превышало нормы ТР ТС 021/2011. Дрожжи были выявлены только в пюре.

Результаты микробиологических анализов образцов сырья свидетельствуют о том, что какао-порошок может служить одним из более вероятных источников микробного загрязнения в процессе производства кондитерских изделий.

Провели физико-химические анализы изготовленных модельных образцов зефира глазированного (табл. 2, рис. 1).

Полученные значения соответствовали требованиям ГОСТ 6441-2014¹².

Модельные образцы зефира глазировали различными видами глазури, шоколадный состав которой представлен маслом какао с высоким содержанием

Рис. 1. Модельные образцы зефира глазированного. Фото автора

Fig. 1. Model samples of glazed marshmallows. Photo of the author



пальмитиновой, олеиновой и стеариновой кислот и кондитерской глазури, состав жировой фазы которой был представлен эквивалентом масла какао с высоким содержанием лауринового жира. Проводили исследования влияния химического состава глазури зефира глазированного, изготовленного на агаре, на изменение массовой доли влаги и активности воды в процессе хранения при температуре 18 °С и 28 °С, упакованного в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм (рис. 2, 3) в процессе хранения.

Исследования изменения массовой доли влаги и активности воды показали приблизительно одинаковые значения для шоколадной и кондитерской глазури. Для шоколадной глазури изменение массовой доли находилось в пределах от 12 до 10% (относительной), для кондитерской — 11–8,2% (относительной). Значения показателей активности воды на протяжении всего срока хранения оставались в диапазонах, при которых сохраняется риск роста микроорганизмов [23].

Проведены исследования микробиологических показателей модельных образцов зефира, глазированного

Рис. 2. Массовая доля влаги (% отн.) зефира глазированного в процессе хранения при температуре 18 °С и 28 °С

Fig. 2. The mass fraction of moisture (% rel.) of glazed marshmallows during storage at a temperature of 18 °C and 28 °C

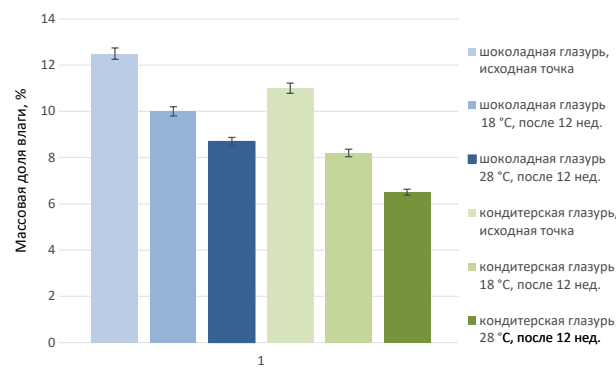


Рис. 3. Изменение активности воды зефира глазированного в процессе хранения при температуре 18 °С и 28 °С

Fig. 3. Changes in the water activity of glazed marshmallows during storage at temperatures of 18 °C and 28 °C

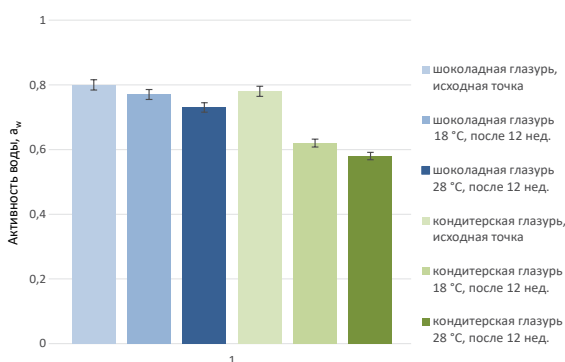


Таблица 1. Микробиологические показатели сырья для производства сбивных кондитерских изделий

Table 1. Microbiological indicators of raw materials for the production of whipped confectionery

Образец	КМАФАНМ, КОЕ/г		Плесень/дрожжи, КОЕ/г	
	экспериментально	ТР ТС 021/2011	экспериментально	ТР ТС 021/2011
Какао-порошок — 1	5×10^3	$\leq 1 \times 10^5$	40 / 0	$\leq 100 / 100$
Какао-порошок — 2	2×10^2	$\leq 1 \times 10^5$	0 / 0	$\leq 100 / 100$
Пюре яблочное (асептическое) — 1	2×10	5×10^2	10 / 10	—
Пюре яблочное (асептическое) — 2	8×10	5×10^2	0 / 0	—
Белок сухой яичный — 1	4×10	1×10^4	0 / 0	—
Белок сухой яичный — 2	2×10	1×10^4	0 / 0	—

Таблица 2. Физико-химические показатели зефира

Table 2. Physico-chemical parameters of zephyr

Показатели	Значение показателей модельного образца	Значение показателей по ГОСТ
Плотность, г/см ³ , не более	$0,6 \pm 0,5\%$	0,6
Массовая доля фруктового сырья, %, не менее	$20,0 \pm 2,8\%$	11,0
Массовая доля влаги, %, не более	$23,0 \pm 2,0\%$	25,0

¹¹ Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. 242.

¹² ГОСТ 6441-2014 Изделия кондитерские пастильные. Технические условия.

Рис. 4. Изменение микробиологических показателей модельных образцов зефира, глазированного шоколадной глазурью, при хранении

Fig. 4. Changes in microbiological parameters of model samples of marshmallows glazed with chocolate glaze during storage

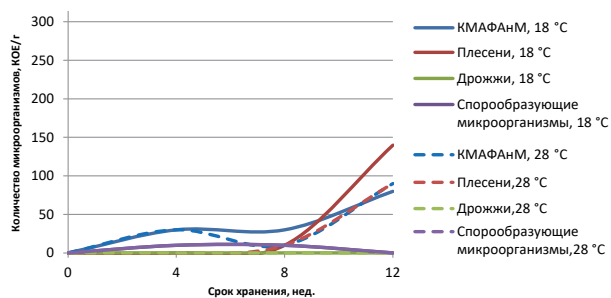


Рис. 6. Зефир глазированный: а — глазурь, б — на границе фаз между глазурью и зефирной массой, в — зефирная масса

Fig. 6. Glazed marshmallows: a — glaze, b — at the phase boundary between the glaze and the marshmallow mass, c — marshmallow mass



Рис. 7. Изменение микробиологических показателей модельных образцов зефира, глазированного шоколадной глазурью: а — глазурь, б — на границе фаз между глазурью и зефирной массой, в — зефирная масса

Fig. 7. Changes in microbiological parameters of model samples of marshmallows glazed with chocolate glaze: a — glaze, b — at the phase boundary between the glaze and marshmallow mass, c — marshmallow mass

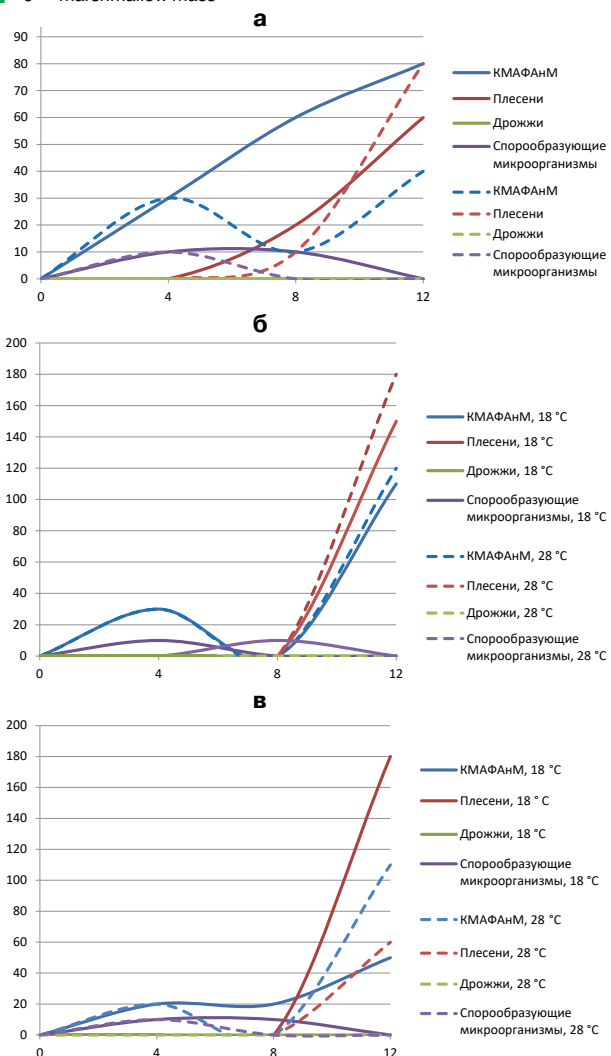


Рис. 5. Изменение микробиологических показателей модельных образцов зефира, глазированного кондитерской глазурью, при хранении

Fig. 5. Changes in microbiological parameters of model samples of marshmallows glazed with confectionery glaze during storage

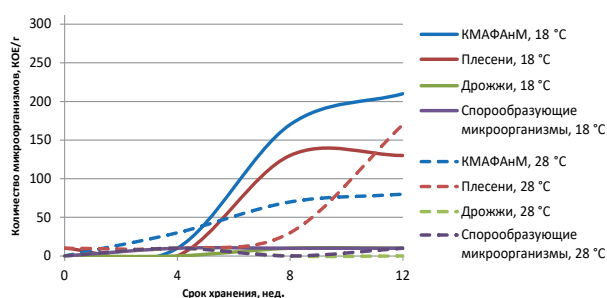
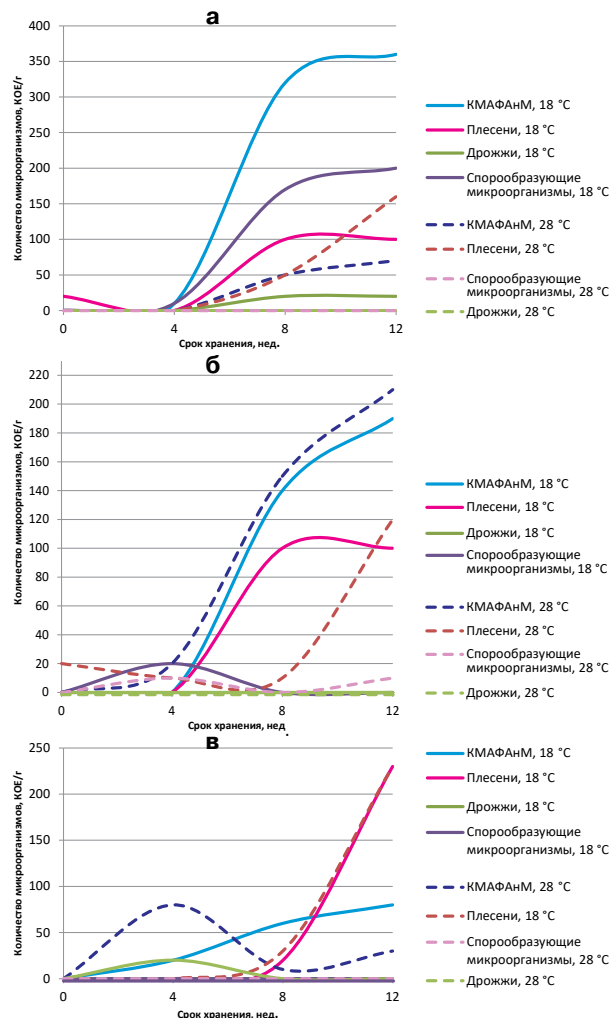


Рис. 8. Изменение микробиологических показателей модельных образцов зефира, глазированного кондитерской глазурью: а — глазурь, б — на границе фаз между глазурью и зефирной массой, в — зефирная масса

Fig. 8. Changes in microbiological parameters of model samples of marshmallows glazed with confectionery glaze: a — glaze, b — at the phase boundary between the glaze and marshmallow mass, c — marshmallow mass



шоколадной и кондитерской глазурью, упакованного в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм, в процессе хранения при температурах 18 °C и 28 °C (рис. 4, 5) в средней пробе изделия (рис. 7, 8). Дополнительным показателем было выбрано определение количества спор мезофильных анаэробных микроорганизмов, так как при достаточном доступе влаги они могут прорасти и оказывать влияние на изделие при хранении, так же как плесень [14].

Исследования показали, что количество КМАФАНМ и дрожжей соответствовало требованиям Технического регламента ТР ТС 021/2011. При этом в модельных образцах зефира, глазированной шоколадной глазурью, отмечен рост плесени после 4-й недели хранения. В модельных образцах зефира, глазированного кондитерской глазурью, более выраженный рост при увеличении температуры с 8-й по 12-ю недели хранения.

При повышении температуры хранения скорость микробиологических изменений увеличивается, однако увеличивается и скорость процессов влагопереноса, что приводит к уменьшению активности воды и снижению риска микробиологических изменений [14, 23, 24], что согласуется с результатами исследований микробиологических показателей глазированной шоколадной и кондитерской глазурью зефира, упакованного в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм в процесс хранения при температуре 18 °C и 28 °C по слоям: глазурь (а), на границе фаз между глазурью и зефирной массой (б), зефирная масса (в) (рис. 6–8) — для подтверждения критического слоя.

Проведенные исследования подтвердили, что слой на границе фаз между глазурью и зефирной массой является источником обсемененности плесневыми грибами в связи с благоприятными условиями для роста

микроорганизмов. Помимо этого, увеличение температуры снижало рост КМАФАНМ и увеличивало пост плесневых грибов. В модельных образцах, глазированных шоколадной глазурью, интенсивность роста микроорганизмов была ниже, чем в образцах, глазированных кондитерской глазурью.

Выводы/Conclusion

Для прогнозирования процессов микробиологической порчи необходимо контролировать не только исходную микробиологическую обсемененность кондитерских изделий пенообразной структуры, но и температуру хранения, свойство упаковочных материалов и другие факторы. Показано, что при повышении температуры количество КМАФАНМ в глазированном кондитерской глазурью зефире уменьшается от $2,1 \times 10^2$ КОЕ/г до 80 КОЕ/г, а количество плесени увеличивается от 130 до 170 КОЕ/г. Поэтому для обеспечения сохранности глазированных сбивных изделий необходимо повышать требования к исходной микробиологической обсемененности сырья, условиям хранения и транспортировки. Помимо этого, необходимо внесение в рецептуру влагоудерживающих компонентов для уменьшения скорости роста микробов в изделиях.

Автор несет ответственность за работу, представленные данные и ответственность за плагиат.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGUS-2022-0007 Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность сотрудникам ВНИИП — филиала ФГБНУ «ФНЦ им. В.М. Горбатова», РАН — О.С. Руденко и Н.Б. Кондратьеву.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Белова И.А., Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Лаврухин М.А. Разработка комплекса стандартов для сохранения традиционной рецептуры зефира. *Стандарты и качество*. 2021; (11): 100–103. <https://doi.org/10.35400/0038-9692-2021-11-100-103>
- Полякова Т.А., Заикина М.А. Зефир простой, постный и диабетический: состав, польза и вред. *Проблемы конкурентоспособности потребительских товаров и продуктов питания. Сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции*. Курск: Юго-Западный государственный университет. 2022; 203–208. <https://www.elibrary.ru/raiblv>
- Бакина А.П., Камоза Т.Л. Перспективы использования пюре из мякоти тыквы и джема из ягод красной смородины при производстве зефира. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (6): 207–214. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-207-214>
- Попова Д.Г., Резниченко И.Ю., Табаторович А.Н. Исследование влияния сроков хранения на показатели качества пастильных изделий. *АПК России*. 2020; 27(5): 853–859. <https://www.elibrary.ru/bvxxxy>
- Иванова Н.Г., Никитин И.А., Велина Д.А., Пономарев Е.Е., Хайруллин М.Ф., Москвина Ю.В. Разработка технологии зефира с повышенной пищевой ценностью. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2022; 84(3): 40–46. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-40-46>
- Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Дышекова М.М., Никитенко А.Ю. Использование натурального сахарозаменителя в производстве зефира. *Агропромышленные технологии Центральной России*. 2023; (1): 39–44. <https://www.elibrary.ru/vevblg>
- Долматова И.А., Зайцева Т.Н., Кузнецова Е.А., Исаева К.С. Результаты исследований влияния температуры и плотности на стабильность зефира. *Аграрная наука*. 2023; (5): 98–102 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-98-102>
- Казанцев Е.В., Кондратьев Н.Б., Руденко О.С., Петрова Н.А., Белова И.А. Формирование пенообразной структуры кондитерских изделий. *Пищевые системы*. 2022; 5(1): 64–69. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-64-69>
- Исригова Т.А. и др. Разработка технологии производства пастилы из плодово-ягодного сырья. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2022; (1): 25–30. <https://www.elibrary.ru/gndybo>
- Кондратьев Н.Б., Баженова А.Е., Казанцев Е.В., Осипов М.В., Петрова Н.А. Повышение сохранности глазированных кондитерских изделий пенообразной структуры. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2022; (4): 47–50. <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.4.8>

The author is responsible for the work, the data presented and responsibility for plagiarism.

FUNDING

The study was carried out within the framework of the state assignment No. FGUS-2022-0007 of the state assignment of the V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS.

ACKNOWLEDGMENTS

The author expresses gratitude to the staff of the VNIIP branch of the Federal State Budgetary Scientific Research University named after V.M. Gorbatoev, RAS — O.S. Rudenko and N.B. Kondratiev.

REFERENCES

- Belova I.A., Rudenko O.S., Kondratiev N.B., Osipov M.V., Lavrukhin M.A. Developing a set of standards to preserve the traditional recipe of zephyr. *Standards and Quality*. 2021; (11): 100–103 (In Russian). <https://doi.org/10.35400/0038-9692-2021-11-100-103>
- Polyakova T.A., Zaikina M.A. Marshmallows are simple, lean and diabetic: composition, benefits and harms. *Problems of competitiveness of consumer goods and food. Collection of scientific articles of the 4th International Scientific and Practical Conference*. Kursk: Southwest State University. 2022; 203–208 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/raiblv>
- Bakina A.P., Kamoza T.L. The research on the prospects of using pumpkin pulp puree and red currant jam in marshmallow production. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; (6): 207–214 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-207-214>
- Popova D.G., Reznichenko I.Yu., Tabatorovich A.N. Studying the influence of shelf life on the quality indicators of pastilles. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2020; 27(5): 853–859 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/bvxxxy>
- Ivanova N.G., Nikitin I.A., Velina D.A., Ponomarev E.E., Khayrullin M.F., Moskvina Yu.V. Development of technology for production of marshmallow with enhanced nutritional value. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2022; 84(3): 40–46 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-3-40-46>
- Kusova I.U., Bondarenko Yu.V., Dysheikova M.M., Nikitenko A.Yu. Use of natural sugar substitute in the production of marsh mash. *Agro-industrial Technologies of Central Russia*. 2023; (1): 39–44 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vevblg>
- Dolmatova I.A., Zaitseva T.N., Kuznetsova E.A., Issayeva K.S. The results of studies of the influence of temperature and density on the stability of marshmallow. *Agrarian science*. 2023; (5): 98–102. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-98-102>
- Kazantsev E.V., Kondratiev N.B., Rudenko O.S., Petrova N.A., Belova I.A. Formation of a foamy structure of confectionery pastille products. *Food systems*. 2022; 5(1): 64–69 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2022-5-1-64-69>
- Isrigova T.A. et al. Development of pastila production technology from fruits and berries. *Daghestan GAU Proceedings*. 2022; (1): 25–30 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/gndybo>
- Kondratiev N.B., Bazhenova A.E., Kazantsev E.V., Osipov M.V., Petrova N.A. Improving the preservation of glazed confectionery products of a foamy structure. *Izvestia of Higher Educational Institutions. Food technology*. 2022; (4): 47–50 (In Russian). <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.4.8>

11. Мазукабзова Э.В. Научно обоснованное применение порошка малины для повышения пищевой ценности глазури. *Ползуновский вестник*. 2022; 1(4): 68–77. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.008>
12. Шахова А.О. Преимущество использования заменителей масла какао. *Пищевые инновации в биотехнологии. Сборник тезисов VI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Кемерово: Кемеровский государственный университет. 2018; 2: 154–156. <https://www.elibrary.ru/xpmqsl>
13. Баженова А.Е., Руденко О.С., Пестерев М.А., Линовская Н.В., Кондратьев Н.Б. Прогнозирование сохранности глазированных кондитерских изделий по содержанию липолитических микроорганизмов. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2021; (5–6): 85–91. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.5-6.16>
14. Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Баженова А.Е., Пестерев М.А. Оценка факторов, влияющих на риск микробиологической порчи пряников с начинкой. *Пищевая промышленность*. 2019; (12): 21–26. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10201>
15. Kumar A., Mukhia S., Kumar N., Acharya V., Kumar S., Kumar R. A Broad Temperature Active Lipase Purified From a Psychrotrophic Bacterium of Sikkim Himalaya With Potential Application in Detergent Formulation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020; 8: 642. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00642>
16. Hasan F., Shah A.A., Hameed A. Methods for detection and characterization of lipases: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*. 2009; 27(6): 782–798. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.06.001>
17. Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Пестерев М.А., Баженова А.Е., Линовская Н.В. Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019; 81(4): 62–70. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70>
18. Нельсон Д.Л., Кокс М.М. Основы биохимии Ленинджера. 4-е изд. Москва: Лаборатория знаний. 2020; 1: 704. ISBN 978-5-00101-246-7
19. Шchetинина Е.М., Гаврилова Н.Б., Шchetинин М.П., Чернополская Н.Л., Майоров А.А. Влияние вида упаковки на качество и срок годности полутвердого козьего сыра. *Сыроделие и маслоделие*. 2022; (6): 24–27. <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-6-24-27>
20. Дружечкова Е.Н., Величко Н.А. Влияние вида упаковки на потребительские свойства мясных изделий. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (12): 215–221. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-215-221>
21. Федотова О.Б., Пряничникова Н.С. Исследование изменения структуры полиэтиленового слоя упаковки, контактирующего с пищевым продуктом, при воздействии ультрафиолетового излучения. *Пищевые системы*. 2021; 4(1): 56–61. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-56-61>
22. Кондратьев Н.Б., Казанцев Е.В., Осипов М.В., Руденко О.С., Белова И.А. Прогнозирование срока годности зефира, глазированного шоколадной и кондитерской глазурью. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2022; (6): 68–72. <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.6.15>
23. Кондратьев Н.Б. Повышение сохранности кондитерских изделий. М.: Перо. 2015; 249. ISBN 978-5-906847-62-1
24. Кондратьев Н.Б. и др. Процессы миграции влаги и жира в кондитерских изделиях. М.: ДеЛи. 2023; 167.

ОБ АВТОРАХ

Алла Евгеньевна Баженова

научный сотрудник
bajenova.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской академии наук,
ул. Электrozаводская, 20, Москва, 107023, Россия

11. Mazukabzova E.V. Scientifically substantiated application of rasp-berry powder to increase the nutritional value of glaze. *Polzunovskiy Vestnik*. 2022; 1(4): 68–77 (In Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.008>
12. Shakhova A.O. Advantages of using cocoa butter substitutes. *Food innovations in biotechnology. Collection of abstracts of the VI International Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists*. Kemerovo: Kemerovo State University. 2018; 2: 154–156 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xpmqsl>
13. Bazhenova A.E., Rudenko O.S., Pesterev M.A., Linovskaya N.V., Kondratiev N.B. Prediction of the safety of glazed confectionery products by the content of lipolytic microorganisms. *Izvestia of Higher Educational Institutions. Food technology*. 2021; (5–6): 85–91 (In Russian). <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.5-6.16>
14. Rudenko O.S., Kondratiev N.B., Osipov M.V., Bazhenova A.E., Pesterev M.A. Assessment of factors influencing the risk of microbiological spoilage of gingerbread with filling. *Food Processing Industry*. 2019; (12): 21–26 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10201>
15. Kumar A., Mukhia S., Kumar N., Acharya V., Kumar S., Kumar R. A Broad Temperature Active Lipase Purified From a Psychrotrophic Bacterium of Sikkim Himalaya With Potential Application in Detergent Formulation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2020; 8: 642. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00642>
16. Hasan F., Shah A.A., Hameed A. Methods for detection and characterization of lipases: A comprehensive review. *Biotechnology Advances*. 2009; 27(6): 782–798. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.06.001>
17. Rudenko O.S., Kondratiev N.B., Pesterev M.A., Bazhenova A.E., Linovskaya N.V. Correlation of lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric type fats. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019; 81(4): 62–70 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-4-62-70>
18. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. 4th ed. New York: W.H. Freeman and Company. 2004; 1100. ISBN 978-0716743392
19. Shchetinina E.M., Gavrilova N.B., Shchetinin M.P., Chernopolskaya N.L., Maiorov A.A. The influence of the type of packaging on the quality and shelf life of semi-hard goat cheese. *Cheesemaking and Buttermaking*. 2022; (6): 24–27 (In Russian). <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2022-6-24-27>
20. Druzhechkova E.N., Velichko N.A. The influence of the type of packaging on the consumer properties of meat products. *Bulletin of KrasGAU*. 2020; (12): 215–221 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-12-215-221>
21. Fedotova O.B., Pryanichnikova N.S. Investigation of changes in the structure of the polyethylene layer of packaging in contact with food when exposed to ultraviolet radiation. *Food systems*. 2021; 4(1): 56–61 (In Russian). <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-1-56-61>
22. Kondratiev N.B., Kazantsev E.V., Osipov M.V., Rudenko O.S., Belova I.A. Forecasting the shelf life of marshmallows glazed with chocolate and confectionery glaze. *Izvestia of Higher Educational Institutions. Food technology*. 2022; (6): 68–72 (In Russian). <http://doi.org/10.26297/0579-3009.2022.6.15>
23. Kondratiev N.B. Improving the safety of confectionery products. Moscow: Pero. 2015; 249 (In Russian). ISBN 978-5-906847-62-1
24. Kondratiev N.B. et al. Processes of moisture and fat migration in confectionery. Moscow: DeLi. 2023; 167 (In Russian).

ABOUT THE AUTHORS

Alla Evgenievna Bazhenova

Research Associate
bajenova.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

The All-Russian Scientific Research Institute of the Confectionery Industry is a branch of the V.M. Gorbato Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences,
20 Elektrozavodskaya Str., Moscow, 107023, Russia

ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

МВС: ЗЕРНО-КОМБИКОРМА-ВЕТЕРИНАРИЯ - 2024



19-21 ИЮНЯ

МОСКВА, ВДНХ, ПАВИЛЬОН № 75



СПЕЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



МИНСЕЛЬХОЗ РОССИИ



РОССИЙСКИЙ
ЗЕРНОВОЙ СОЮЗ



АССОЦИАЦИЯ
«РОСРЫБХОЗ»



СОЮЗ
КОМБИКОРМЩИКОВ



СОЮЗРОССАХАР



НАЦИОНАЛЬНАЯ
ВЕТЕРИНАРНАЯ
АССОЦИАЦИЯ



АССОЦИАЦИЯ ПТИЦЕВОДОВ
СТРАН ЕВРАЗИЙСКОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА



СПЗ СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ
ЗООБИЗНЕСА



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБИОПРОМ»



АССОЦИАЦИЯ
«ВЕТБЕЗОПАСНОСТЬ»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СОЮЗ
СВИНОВОДОВ



РОСПТИЦЕСОЮЗ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР
МОСКОВСКАЯ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВКИ: ООО «ЭМ-ВИ-СИ»



ТЕЛ.: (495) 755-50-35, 755-50-38
E-MAIL: INFO@EXPOKHLEB.COM
WWW.MVCEXPO.RU



16+

Реклама

Agros 2024 expo

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

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

24-26 ЯНВАРЯ | МОСКВА | КРОКУС ЭКСПО

ВЕДУЩИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ:

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

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 350 ЛУЧШИХ СПИКЕРОВ:

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



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

Дмитрий Матвеев, Президент ГК «Кабош»

СОВМЕСТНО С

Картофель и Овощи
2024 агротехэкспо

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



Генеральный
партнер выставки



Партнёр раздела "Ветеринарные препараты,
инструменты и оборудование"



Партнёр раздела
"Кормовые решения"



Организатор: ООО «Агрос Экспо»

Тел./WhatsApp: +7 (495) 128 29 59

E-Mail: agros@agros-expo.com