

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

9
2023



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



Животноводство

Современное состояние
и перспективы развития отрасли

13

Ветеринария

Анализ эпизоотии бешенства
в ЦФО России за 2018–2022 годы

26

Садоводство

Оценка сортов яблони летнего срока
созревания по биохимическому
составу и урожайности плодов

139

КормВет **экспо** 2023

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

24 - 26 ОКТЯБРЯ

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2

ПРОВОДИТСЯ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МИНСЕЛЬХОЗ
РОССИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
КОРМОВОЙ СОЮЗ



РОССЕЛЬХОЗНАДЗОР



FEEDVET-EXPO.RU

НАС ВЫБИРАЮТ ПРОФЕССИОНАЛЫ!

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

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



Отдел продаж в г. Алексеевке

Тел.: +7 (47234) 4-59-62

E-mail: opmsd@efko.ru

Отдел продаж в г. Воронеже

Тел.: +7 (473) 206-67-48

E-mail: opvmsd@efko.ru

**Отдел по развитию продаж
в г. Воронеже**

E-mail: orpmsd@efko.ru



ПРОДАЖА ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАСЛИЧНЫХ, ЭКСПОРТ

ШРОТ

СОЕВЫЙ (высокопротеиновый),
РАПСОВЫЙ, ПОДСОЛНЕЧНЫЙ

ЗАЩИЩЁННЫЙ ПРОТЕИН

СОЕВЫЙ, ПОДСОЛНЕЧНЫЙ

МАСЛО

СОЕВОЕ, РАПСОВОЕ, ПОДСОЛНЕЧНОЕ

ЖИР

КОРМОВАЯ ДОБАВКА:
Жир модифицированный ULTRA FEED F

КОРМОВОЙ КОНЦЕНТРАТ:
Защищённый жир EXTRA FEED F

КАЛЬЦИЕВЫЕ СОЛИ

Кальциевые соли жирных кислот CALCI FEED MAX
(для КРС)

СОЕВАЯ ОБОЛОЧКА

9 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 374, номер 9, 2023

Volume 374, number 9, 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. 7
Телефон 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 20.09.2023
Дата выхода в свет 29.09.2023

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,
e-mail: 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 Джаванмард, доктор ветеринарной медицины, Иранская научно-исследовательская организация по науке и технологиям, г. Тегеран, Иран

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Некрасов Р.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, 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.

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

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

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

АГРОНОМИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

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

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

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

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

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

Кузьменко В.В., доктор экономических наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия.

Попова Е.В., доктор экономических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия.

Рахметова Р.У., доктор экономических наук, профессор, университет Туран, г. Астана, Казахстан.

9 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 374, номер 9, 2023
Volume 374, number 9, 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, st. Marxistskaya, 3 build. 7

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

E-mail: agrovetpress@inbox.ru

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

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

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

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

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

The circulation of 5000 copies.

Signed in print 20.09.2023
Release date 29.09.2023

The journal is printed in the printing house of United Printing Complex LLC:
7, bld 2, fl. 2, room I, Derbenevskaya embankment,
Moscow 115114.
Tel. +7 (499) 130-60-19,
e-mail: info@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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

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

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

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

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

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

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

AGRONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Kalmykova E.V., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective 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..... 8

СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ

Три вопроса эксперту. Десиканты и особенности их применения.....	9
АПК РФ: правовые проблемы и их решения.....	10
Экспорт российского зерна в текущем году может превысить рекордные значения прошлого сезона	12
Животноводство в России: современное состояние и перспективы развития	13
РЕСПОЛ — эффективное решение при бронхопневмонии молодняка.....	14
Сохранение отечественного генофонда сельскохозяйственных — в числе ключевых задач российского животноводства	16
Кормовые комплексы «ФЕЛУЦЕН»: решение проблемы микроэлементозов у овец.....	17
ФАРМАТАН ЖИДКИЙ — природная защита от кишечных инфекций и стрессов у моногастрических животных	18
«ДОЗА-АГРО» — 90 лет промышленного успеха	20
СМОК — линейка низкотемпературных генераторов, как новый подход для проведения дезинфекции и дезинсекции объектов ветнадзора	22
Крупнейшую за Уралом лабораторию для выявления особо опасных заболеваний животных откроют в Новосибирске	24

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Анисина О.В., Пухова Н.М., Богомолова О.А., Конкина С.В., Паршикова А.В., Филимонова А.Д. Анализ эпизоотии бешенства в Центральном федеральном округе России за 2018–2022 годы	26
Галеева А.Г., Насыров Ш.М., Кашеваров Г.С., Ефимова М.А., Алеева З.З., Арутюнян Г.С., Ярулина Г.М., Ахмадеев Р.М., Сальников В.В. Иммунохроматографическая тест-система для экспресс-диагностики бешенства.....	32
Зырянова И.М. Выделение геномной ДНК из куриных яичных белков.....	38
Фаткуллин Р.Р., Белокозов А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А. Способ повышения сохранности и продуктивных качеств молодняка КРС	43
Мишуров А.В., Романов В.Н., Довыденкова М.В. Иммунный и антиоксидантный статус организма ягнят при использовании бурых водорослей <i>Fucus vesiculosus</i>	47
Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Калиткина К.А., Дубровина А.С., Пономарева Е.С., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н. Экспрессия ключевых генов в слепой кишке у кур линий CM5 и CM9 мясного кросса «Смена 9» на фоне замены рыбной муки.....	52
Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра	59
Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Технологические параметры выработки мягкого сыра в зависимости от линейного происхождения коров.....	64

АГРОНОМИЯ

Тиранов А.Б., Григорьев А.В. Влияние микробиологических и минеральных удобрений на продуктивность кормового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы	69
Фокин С.А., Куркова И.В. Влияние применения жидких удобрений на качественные показатели зерна сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1	74
Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В. Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края	79
Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Селекционная оценка сортообразцов гречихи посевной, полученных с использованием ионов меди и цинка	84
Фокина Е.М., Разанцев Д.Р., Беляева Г.Н. Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои.....	90
Лукьянчук Л.М., Бутовец Е.С. Реакция сортов сои на погодные условия Приморского края	96
Рябцев А.А. Эффективность гербицидов нового поколения в снижении засоренности посевов ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи	101
Платонов А.В., Рассохина И.И., Лаптев Г.Ю., Хоштария Е.Е. Действие препарата, созданного на основе бактерий <i>Lactobacillus buchneri</i> , на продуктивность травосмеси клевера и тимopheевки.....	105
Острошенко В.Ю. Влияние стимуляторов роста на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной (белокорой).....	110
Шищенко Е.В. и др. Оздоровление перспективных сортов картофеля с применением комбинированной терапии в культуре <i>in vitro</i>	116
Ким И.В., Клыков А.Г. Лежкоспособность сортов картофеля различных групп спелости в условиях юга Дальнего Востока	120
Фисенко П.В., Мацишина Н.В., Попова Ю.С., Волков Д.И., Хорушева Т.И., Ермак М.В., Собко О.А. Изучение устойчивости сортов картофеля к <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary, <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.), <i>Globodera pallida</i> (Stone), <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber), PVY, PVX в Приморском крае.....	126
Богдан П.М., Красковская Н.А., Даниленко И.Н. Оценка коллекции инбредных линий кукурузы Приморской селекции.....	133
Галашева А.М., Макакина М.А., Красова Н.Г., Ветрова О.А., Галашев М.И. Оценка сортов яблони летнего срока созревания по биохимическому составу и урожайности плодов.....	139
Волкова В.В., Щегринцев Н.В. Онтогенез <i>Victoria cruziana</i> A.D. Orb. в условиях оранжереи Ставропольского ботанического сада	145

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Довлатов И.М., Комков И.В., Алипичев А.Ю., Благов Д.А., Юрочка С.С. Анализ предлагаемых технических решений для поддержания микроклимата животноводческих помещений	149
Попов Д.М., Кравченко С.Н., Санкина О.В. Разработка системы мониторинга технологического оборудования мясоперерабатывающего предприятия	156
Плечков Е.М., Перов Г.А., Соловьев С.В. Инновационная технология сушки семян мелкосемянных культур.....	161
Танашкина Т.В., Осипенко Э.Ю., Танашкин А.С., Семенюта А.А., Лях В.А. Содержание полифенольных соединений в траве гречихи посевной в зависимости от агротехнических и абиотических факторов и оценка возможности ее использования в пищевых технологиях.....	166
Разгонова М.П., Сабитов А.Ш., Сенотрусова Т.А., Ли Н.Г., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Петруша Е.Н., Тихонова Н.Г. <i>Lonicera caerulea</i> L. Сравнительное метаболомное исследование полифенольного состава методом tandemной масс-спектрометрии четырех сортов дальневосточной жимолости.....	171
Резниченко И.Ю., Егушова Е.А., Захаренко М.А. Разработка и исследование качественных характеристик галет специализированного назначения	179
Чеснокова Н.Ю., Кузнецова А.А., Левочкина Л.В., Тарабаев М.А. Свойства и применение беталаинового красителя, выделенного из районированного сорта свеклы столовой.....	185
Кравченко С.Н., Попов Д.М., Санкин А.С., Кузнецов Н.В. Технология переработки ягод черники в концентрированные экстракты.....	191

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Видякин А.В., Лебедь В.А. Статистический прогноз развития зернового производства в Кемеровской области	196
--	-----



CONTENTS

NEWS 8

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Three questions for an expert. Три вопроса эксперта. Desikants and features of their applications	9
Agroindustrial complex of Russia	10
Russian grain exports this year may exceed last season's record values	12
Animal husbandry in RF	13
RESPOL is an effective solution for bronchopneumonia of young cash	14
Preservation of the domestic gene pool farm animals is among the key tasks of the Russian animal husbandry	16
Feed complexes "FELUTSEN": solving the problem of sheep's microelementoses	17
FARMATAN LIQUID — natural protection from intestinal infections and stresses in monogastric animals	18
"DOZA-AGRO" — 90 years of industrial success	20
SMOK — line of low temperature generators as a new approach for disinfection of veterinary objects	22
The largest laboratory beyond the Urals for identifying particularly dangerous animal diseases will open in Novosibirsk	24

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Anisina O.V., Pukhova N.M., Bogomolova O.A., Konkina S.V., Parshikova A.V., Filimonova A.D. Analysis of the rabies epizootic in the Central Federal Region of Russia in 2018–2022	26
Galeeva A.G., Nasyrov Sh.M., Kashevarov G.S., Efimova M.A., Aleeva Z.Z., Arutyunyan G.S., Yarullina G.M., Akhmadeev R.M., Salnikov V.V. Immunochromatographic test-system for express diagnostics of rabies	32
Zyrianova I.M. Chicken nuclear DNA in chicken egg whites	38
Fatullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A. A way to improve the safety and productive qualities of young cattle	43
Mishurov A.V., Romanov V.N., Dovydenkova M.V. Immune and antioxidant status of the body of lambs using brown algae <i>Fucus vesiculosus</i>	47
Yildirim E.A., Ilna L.A., Laptev G.Y., Filippova V.A., Dubrovina A.V., Turina D.G., Kalitkina K.A., Dubrovina A.S., Ponomareva E.S., Fisinin V.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N. Expression of key genes in the caecum in CM5 and CM9 chickens of the meat cross «Smena 9» against the background of the replacement of fishmeal	52
Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Study of the influence of dairy raw materials by seasons of the year on technological parameters in the production of soft cheese	59
Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Technological parameters for the production of soft cheese depending on the linear origin of cows	64

AGRONOMY

Tiranov A.B et al. The effect of microbiological and mineral fertilizers on the productivity of fodder crop rotation and the fertility of sod-podzolic soil	69
Fokin S.A., Kurkova I.V. Influence of the use of liquid fertilizers on the quality indicators of grain of the spring wheat variety DalGAU 1	74
Kuzmenko N.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Konovalova I.V. Productivity of soft and hard spring wheat varieties under the conditions of Primorsky Krai	79
Barsukova E.N., Klykov A.G., Chaikina E.L. Breeding evaluation of the common buckwheat accessions (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) obtained with the use of copper and zinc ions	84
Fokina E.M., Razantsvey D.R., Belyaeva G.N. The results of the study of multiple selections in a breeding nursery when creating new soybean varieties	90
Lukyanichuk L.M., Butovets E.S. Response of soybean varieties to weather conditions in Primorsky Krai	96
Ryabtsev A.A. The effectiveness of new generation herbicides in reducing the contamination of spring rape crops in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe	101
Platonov A.V., Rassokhina I.I., Laptev G.Yu., Khoshitariya E.E. Effect of preparation based on the bacteria <i>Lactobacillus buchneri</i> on the productivity of clover and timothy mixture	105
Ostroschenko V.Yu. Influence of growth stimulants on the biometric indicators of four-year old Khingam fir (white-bark) seedlings	110
Shishchenko E.V., Barsukova E.N., Kim I.V., Sobko O.A., Chibizova A.S. Virus elimination in promising potato varieties with the use of a combined therapy <i>in vitro</i>	116
Kim I.V., Klykov A.G. The storability of potato varieties from different maturity groups under the conditions of the south of the Far East	120
Fisenko P.V., Matsishina N.V., Popova Yu.S., Volkov D.I., Khoruzheva T.I., Ermak M.V., Sobko O.A. Study of the structure of potato varieties to <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary, <i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.), <i>Globodera pallida</i> (Stone), <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber), PVY, PVX in Primorsky Krai	126
Bogdan P.M., Kraskovskaya N.A., Danilenko I.N. Evaluating the collection of maize inbred lines originating from Primorsky Krai	133
Galasheva A.M., Makarkina M.A., Krasova N.G., Vetrova O.A., Galashev M.I. The assessment of summer apple cultivars for biochemical fruit composition and productivity	139
Volkova V.V., Shchegrinets N.V. Ontogenesis <i>Victoria cruziana</i> A.D. Orb. in the greenhouse of the Stavropol Botanical Garden	145

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Dovlatov I.M., Komkov I.V., Alipichev A.Yu., Blagov D.A., Yurochka S.S. Analysis of proposed technical solutions for maintaining the microclimate of livestock buildings	149
Popov D.M., Kravchenko S.N., Sankina O.V. Development of a monitoring system for technological equipment of a meat processing plant	156
Puchkov E.M., Perov G.A., Soloviyov S.V. Innovative technology of drying seeds of small-seeded crops	161
Tanashkina T.V., Osipenko E.Yu., Tanashkin A.S., Semenyuta A.A., Lyakh V.A. The content of polyphenolic compounds in buckwheat grass depending on agrotechnical and abiotic factors and the assessment of the possibility of its use in food technologies	166
Razgonova M.P. et al. <i>Lonicera caerulea</i> L. Comparative metabolomic study of polyphenolic composition by tandem mass spectrometry of four varieties of Far Eastern honeysuckle	171
Razgonova M.P., Sabitov A.S., Senotrusova T.A., Lee N.G., Murzina O.G., Rusakova E.A., Petrusheva E.N., Tikhonova N.G. Development and study of the qualitative characteristics of biscuits for specialized purposes	179
Chesnokova N.Yu., Kuznetsova A.A., Levochkina L.V., Tarabaev M.A. Properties and application of betalaine dye isolated from regional beet variety	185
Kravchenko S.N., Popov D. M., Sankin A.S., Kuznetsov N.V. Technology for processing blueberries into concentrated extracts	191

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Vidyakin A.V., Lebed V.A. Statistical forecast of the grain production development in Kemerovo region	196
---	-----





ТОВАРООБОРОТ ПРОДОВОЛЬСТВИЯ МЕЖДУ РОССИЕЙ И АФРИКОЙ ВЫРОС НА 60%

Экспорт продовольствия из России в страны Африки в I полугодии 2023 года вырос практически в два раза, объем поставок отечественной продукции АПК за данный период составил порядка 3,3 млрд долл., сообщил министр сельского хозяйства РФ Дмитрий Патрушев в рамках форума «Россия — Африка».

Ключевой позицией является пшеница, ее экспорт на континент увеличился почти в три раза и достиг рекордного значения (около 9 млн т), при этом торговый потенциал далеко не исчерпан, и поставки продолжают расти, отметил глава Минсельхоза. По его данным, позитивная динамика наблюдается и в части импорта из африканских стран (за первые шесть месяцев он вырос на 10%).

В целом товарооборот продовольствия между Россией и странами Африки вырос на 60% и достиг порядка 4,5 млрд долл., резюмировал Дмитрий Патрушев. В планах — и далее развивать торговлю с государствами континента по всему спектру аграрной продукции, заключил он.

(Источник: официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ)

НОВЫЙ СОРТ СОИ ТРИАДА ВКЛЮЧЕН В ГОСРЕЕСТР СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ

В 2023 году в Государственный реестр селекционных достижений включен новый сорт сои Триада селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК.

Сорт имеет уникальную комбинацию признаков: засухо- и холодоустойчивость, слабая реакция на неоптимальные длины дня. Объединение в одном геноме таких признаков в комплексе с высокой урожайностью — задача крайне сложная. Ступенчатая гибридизация с участием источников отдельных хозяйственно ценных признаков позволила впервые получить гибридную популяцию сои с комплексом искомых свойств. Высота Триады — 100–115 см (во влажные годы и на географических широтах 48–50° она может вырасти до 135 см). Нижние бобы при оптимальной густоте стояния растений (350–450 тыс. раст/га) расположены на высоте 14–16 см от поверхности почвы. Вегетационный период Триады — 112–116 дней, потенциальная урожайность — 53 ц/га. Ее засухоустойчивость обеспечена за счет более глубокой корневой системы и повышенной сосущей силы корней.

Новый сорт сои в условиях Краснодарского края устойчив к пепельной гнили, аскохитозу и фузариозу. Его физиолого-генетические особенности позволяют проводить посев на три-четыре недели раньше оптимальных сроков.

(Источник: официальный сайт ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК)

В АЛТАЙСКОМ КРАЕ ВВОДИТСЯ РЕЖИМ ЧС ИЗ-ЗА ЗАСУХИ

На всей территории Алтайского края решено ввести режим ЧС из-за засухи, сообщил в своем телеграм-канале губернатор Виктор Томенко. Он отметил, что засушливая погода, установившаяся в регионе с апреля по август, привела к сложной обстановке на полях. Суховей, почвенная и атмосферная засуха отразятся на урожае и заготовке кормов. Режим ЧС позволит смягчить последствия засухи для хозяйств. Речь идет о выплатах в рамках договоров страхования урожая и возможности пролонгации кредитов, пояснил чиновник.

«Поручил краевому Минсельхозу и главам всех муниципальных образований продолжать вести системный мониторинг ситуации, — отметил Виктор Томенко. — Где это потребуется, будем вводить дополнительные меры поддержки. Погодные условия не в первый раз испытывают нас на прочность. Опыт работы в самых сложных ситуациях есть. Эта ситуация остается на моем личном контроле».



В МОНОТЕРАПИИ

• При лечении легких форм мастита (скрытый, серозный)

- заменяет интрацистернальные препараты и традиционные мази
- эффективность лечения 90–100%
- сокращает срок лечения
- уменьшает затраты на лечение

• При физиологических отеках

противомаститный препарат

ИНТРАСАН

для наружного применения



Нет периода ожидания по молоку и мясу



Уникальный состав



Высокая безопасность



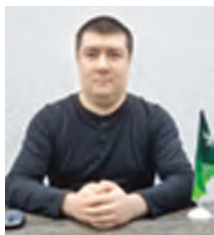
Клинически доказанная эффективность

В КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ

При лечении тяжелых форм мастита

- повышает эффективность любой схемы лечения
- сокращает срок лечения
- препятствует развитию устойчивости микроорганизмов к антибиотикам
- снижает риск потери продуктивности

ДЕСИКАНТЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ



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 Карайванов — о десикантах и особенностях их применения.



ШАНС
группа компаний

1 Что такое десикация и для чего она применяется?

Десикация — это технологический процесс, направленный на ускорение созревания растений и облегчения их уборки.

К дополнительным преимуществам десикации относятся:

- возможность планирования сроков уборки;
- остановка развития болезней;
- выравнивание созревания культур при неравномерности развития в поле;
- уничтожение сорных растений, осложняющих уборку и повышающих влажность зерна.

2 Расскажите подробнее о препаратах для десикации.

Препараты, используемые для десикации в России, выпускаются на основе таких действующих веществ, как глифосат, глюфосинат аммония, карфентразон-этил, дикват.

Рассмотрим подробнее каждое из них.

Глифосат

На данный момент глифосат для десикации в России запрещен. По своей сути он не является десикантом, так как десиканты воздействуют только на вегетативную массу, а не на семена.

Преимущества: уничтожение корневищ многолетних сорняков, отсутствие последствия. Недостатки: низкая скорость воздействия на растения, при неблагоприятных погодных условиях время, необходимое для подсушивания растений, может составлять три недели и более; растения, находящиеся в стрессе, менее чувствительны к глифосату; воздействие на семена. Есть данные, приведенные институтом льна, о снижении всхожести семян после применения глифосата. Также после десикации возможно появление остатков препарата в зерне. Исследование, проведенное американской Рабочей группой по охране окружающей среды в 2018 году, показало, что глифосат присутствует во всех 43 проверенных образцах продуктов, изготовленных из традиционно выращенного овса, что привело к отказу от закупки зерна, выращенного с применением глифосата рядом крупнейших компаний; из-за длительного периода просушки сложнее выстроить уборочную кампанию.

Глюфосинат аммония

На рынке РФ на данный момент имеются три препарата на основе глюфосината.

Работает быстрее глифосата, но медленнее диквата (в среднем 1,5–2 недели).

Преимущества: не повреждает семена и не накапливается в них; с ростом температуры растет эффективность. Недостатки: продолжительное время работы (дольше, чем у диквата, на 30%); стоимость гектарной обработки гораздо выше, чем у диквата; при температуре ниже +15 °C падает эффективность работы; не уничтожает корневища многолетних сорняков.

Карфентразон-этил

Применяется как гербицид для борьбы с однолетними двудольными сорняками в посевах зерновых культур.

На сегодняшний день на рынке имеются три препарата с данным действующим веществом, зарегистрированные как гербициды на зерновые и как десиканты.

Преимущества: не имеет последствий; не повреждает семена и не накапливается в них. Недостатки: механизм действия, характерный для гербицидов, а не для десикантов (медленная работа препарата по сравнению с дикватом и глюфосинатом); скорость десикации и эффективность зависят от активности вегетации растений; продолжительное время работы (дольше, чем у диквата, на 30–40%); не уничтожает корневища многолетних сорняков.

Дикват

Десикант и гербицид сплошного действия. Обладает самой высокой скоростью работы среди всех десикантов, зарегистрированных в РФ. Из-за высокой скорости сушки и хорошей эффективности является наиболее популярным десикантом. Благодаря скорости действия позволяет оптимизировать уборку.

Преимущества: быстрое действие препарата (через неделю можно приступать к уборке); высокие дождестойкость и эффективность (независимо от погодных условий); за счет быстрой сушки растений останавливает развитие болезней; улучшает качество получаемой продукции; не дает остатков в получаемой продукции, не снижает качества посевного материала при применении по рекомендованным производителем регламентам. Недостатки: не уничтожает корневища многолетних сорняков.

3 Возможны ли ошибки при работе с десикантами? На что следует обратить внимание аграриям?

Десикация — это выгодная процедура, существенно облегчающая жизнь фермерам, позволяющая сократить потери урожая и, соответственно, получить больше прибыли. Но стоит обратить внимание на то, что при неправильном выборе десикантов, ошибках при подготовке и проведении процедуры можно получить негативные последствия, поэтому следует изучить все особенности процесса, придерживаться рекомендаций компаний — производителей десикантов и соблюдать сроки обработки. От лица ГК «Шанс» желаю аграриям выбрать правильный десикант и успешно провести уборочную кампанию.

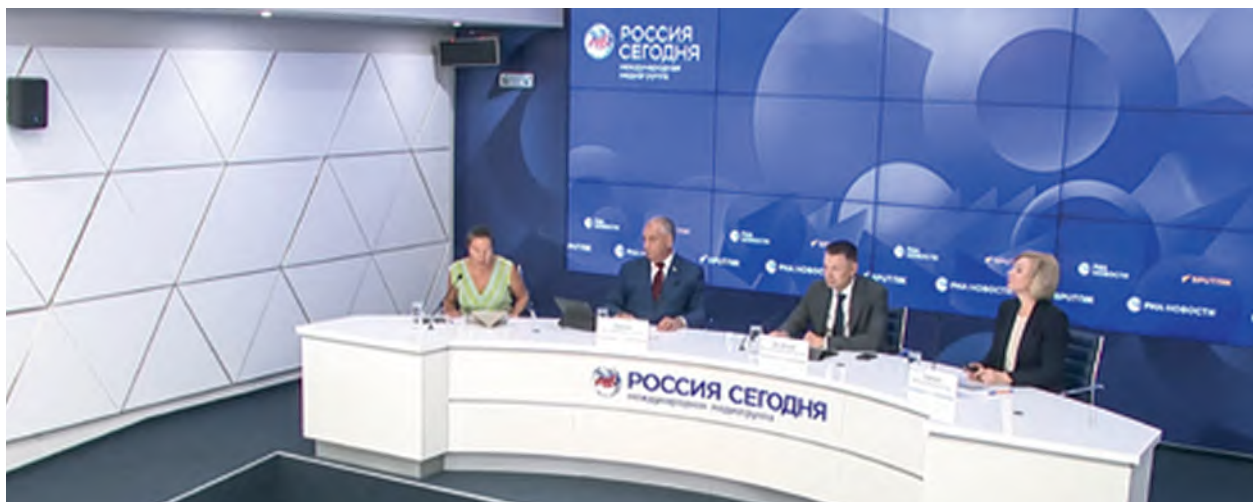
В следующем номере — основные болезни озимых культур осеннего и зимнего периодов и способы сократить потери урожайности из-за этих болезней.

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.

АПК РОССИИ: ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ

Итоги работы Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию в период весенней сессии обсудили участники пресс-конференции, прошедшей 26.07.2023 в пресс-центре МИА «Россия сегодня».



В ходе весенней сессии сенаторы рассмотрели 23 федеральных закона в сфере АПК, из них 6 — законодательные инициативы парламентариев, а 3 — разработаны с их участием, сообщил председатель Комитета Александр Двойных. «Многие вопросы мы смогли решить, при этом не планируем срезать острых углов — есть еще законопроекты, работа над которыми ведется и которые могли быть приняты в весеннюю сессию, но всё еще находятся на стадии законопроектов», — сказал он. Сенатор уточнил, что в указанный период, в частности, были приняты законы в сфере мелиорации, крайне важные для АПК России, и инициатива, которая, по его словам, заканчивает формировать каркас системы органической продукции — направления, имеющего значительный экспортный потенциал. Он напомнил, что в июле Правительство РФ утвердило Стратегию развития производства органической продукции до 2030 года. Таким образом, данная тема полностью обеспечена законодательно, отметил парламентарий.

Спикер заострил внимание на резонансной теме добычи водных биоресурсов. Он уточнил, что в дополнение к закону о втором этапе инвестиционных квот принята новелла, которая предусматривает защиту интересов добросовестных арендаторов рыболовящих участков, позволяя им без конкурсных процедур продлевать договоры на РЛУ. Это делает отрасль более стабильной, создает условия для привлечения инвестиций. Причем важно качество как самих принимаемых законов, так и подзаконной базы, отметил сенатор. Он сообщил, что работать над актами в развитие закона о рыболовных участках будет образованная в 2022 году межведомственная рабочая группа. «Мы с Минсельхозом России договорились ее не расформировывать», — сказал сенатор. Он отметил, что данное правовое новшество (изменения о перезакреплении участков для промысла без торгов) решит целый ряд задач. Стабильность в отрасли и последовательность действий, как показывает практика, дают зачастую более значимый экономический эффект, чем жесткая фискальная политика или

создание постоянной конкуренции, пояснил Александр Двойных. «Я считаю, что эффект мы увидим достаточно скоро», — заметил он. Законодатель также отметил необходимость развития береговой рыбопереработки, в том числе потому, что она стимулирует создание рабочих мест для местного населения.

«В ходе весенней сессии отдельная работа велась по семеноводству», — сказал сенатор. Он сообщил о выездном заседании Комитета в Тюмени, где парламентарии совместно с представителями Министерства сельского хозяйства РФ обсудили подходы к изменениям в Федеральную целевую программу научно-технического развития сельского хозяйства (ФНТП). Кроме того, спикер рассказал о работе над законопроектом по сбыту фермерской продукции, направленным на развитие малых сельскохозяйственных предприятий. Наши мелкие хозяйства производят 55% внутреннего валового сельскохозяйственного продукта, то есть больше, чем агрохолдинги, уточнил он. Малые формы хозяйствования имеют в РФ колоссальный потенциал, резюмировал сенатор. Он также отметил, что сегодня в сфере сельского хозяйства и в блоке экологии идет активная работа по цифровизации различных процессов, в связи с этим в период сессии был принят ряд законов, связанных с созданием информационных систем и баз. Кроме того, законодатель сообщил, что в течение первых шести месяцев текущего года было принято 32 федеральных закона по экологической и природоохранной тематике (из них 2 готовились непосредственно сенаторами и 2 — с их участием). Он отметил растущий интерес населения к экологическому туризму, для которого была создана законодательная база. «В крупных агломерациях имеется большой запрос на строительство парков именно в лесных зонах. Есть прекрасные примеры, когда такие парки становятся (без ущерба для лесных зон) крайне востребованными. Это особенно актуально для Москвы, Московской и Ленинградской областей», — заключил сенатор.

Ю.Г. Седова

ЗОЛОТАЯ | 20 ОСЕНЬ | 23



Министерство
сельского хозяйства
Российской Федерации

XXV РОССИЙСКАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

4-7 октября

РГАУ-МСХА
им. К. А. Тимирязева

КОНТАКТЫ:

Адрес выставки:
РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева,
127434, город Москва,
ул. Тимирязевская, 49

Тел. +7 (495) 240-92-26

www.russianagroweek.ru
info@russianagroweek.ru

ЭКСПОРТ РОССИЙСКОГО ЗЕРНА В ТЕКУЩЕМ ГОДУ МОЖЕТ ПРЕВЫСИТЬ РЕКОРДНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРОШЛОГО СЕЗОНА

Актуальную ситуацию в зерновой отрасли и прогнозы сбора урожая обсудили участники пресс-конференции президента Российского зернового союза (РЗС) Аркадия Злочевского, прошедшей 05.09.2023 в МИА «Россия сегодня».

Российская Федерация в этом сельскохозяйственном году (01.07.2023–30.06.2024) сможет превысить рекорд по экспорту зерна в 60 млн т прошлого сезона, сообщил президент РЗС Аркадий Злочевский в ходе пресс-конференции. «Видимо, изменения климата позитивно сказываются для России: у нас продолжают хорошие виды на урожай, — отметил он. — Если ранее я говорил, что нас ожидает второй или третий в историческом разрезе урожай зерна, то сейчас уже видно, что именно второй. Все аналитики подняли свои прогнозы и говорят, что он будет порядка 140 миллионов тонн». По словам эксперта, поднялся также уровень прогнозов по урожаю пшеницы. «Весной мы ожидали, что в текущем году будет собрано 86–89 миллионов тонн, а сейчас — уже 91–92 миллиона», — сказал он. Таким образом, общее количество ресурсов позволяет нашей стране (с учетом того, что переходящие запасы находятся на исторически рекордном уровне) экспортировать зерна даже больше, чем в прошлом сезоне, уточнил спикер. «Темпы по отгрузкам сейчас опять же находятся на абсолютно рекордных уровнях. Мы вывезли с начала этого сезона (за два месяца) 13 миллионов тонн (это один из рекордов, прежний — 11 миллионов за два месяца), в августе экспортировали 7,7 миллиона — тоже абсолютный рекорд месячного вывоза. Так что сплошные рекорды в экспорте! Наше зерно востребованно», — резюмировал Аркадий Злочевский.

Эксперт, в частности, сообщил, что отечественным сельхозтоваропроизводителям удалось открыть новые рынки в Латинской Америке благодаря созданию логистической схемы для поставок российского зерна. Он отметил, что данные поставки основаны на встречной загрузке балкеров, перевозящих российскую пшеницу, соей, которая доставляется в порт Калининград, где имеется терминал «Содружество Соя», в объеме порядка 3 млн т в год. «Логистика перестала быть критичной, поскольку это встречная загрузка, нет порожнего пробега, поэтому поставки стали возможными», — пояснил глава РЗС.

Спикер заострил внимание на необходимости сохранения и рационального использования почвенных ресурсов. «На территории Российской Федерации расположено, по различным оценкам, от 45 до 50% мировых запасов черноземов. Это наиболее плодородная пашня. Такой почвы (по запасу питательных веществ) ни у одной страны в мире нет, но мы эти богатства растрачиваем крайне неразумно», сказал он. Эксперт пояснил,



что с каждым урожаем из почвы выносятся значительное количество элементов питания, причем их объем напрямую зависит от урожайности культуры. «Сейчас у нас значительно выросла урожайность, текущий показатель — порядка 31 центнера с гектара, а в прошлом году, напомним, было почти на 10 центнеров с гектара больше — 40». При этом питательных веществ в почву вносится в три раза меньше необходимого уровня восполнения, а между тем их запас не вечен, его следует восполнять, отметил глава РЗС.

Эксперт сделал акцент на проблемах с приобретением сельскохозяйственной техники: «У нас сильно упали закупки техники, практически в два раза. Новая техника не покупается. Просто потому, что ее не на что покупать». По данным спикера, на текущий момент несколько лучше обстоит ситуация только с навесным оборудованием, так как оно относится к дешевым видам техники (падение составило около 20%). «Стремительно растут издержки при осуществлении производственных процессов. В частности, топливо за год выросло на 70–80%, а цены на технику за последние полтора года — в два раза. Наиболее низкий рост (20 с небольшим процентов) — на средства защиты растений. Есть некоторые тренды, которые говорят о том, что цены “уперлись” в потолок покупательной способности, и им дальше просто некуда расти. Так произошло, например, с удобрениями. На них цены за последние два года “скакнули” более чем в два раза, но сейчас (после роста в 100 с лишним процентов) они уже откатились обратно на 30%, потому что нет спроса», — заключил Аркадий Злочевский.

Ю.Г. Седова

ЖИВОТНОВОДСТВО В РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В ходе ежегодного форума «Цифровизация сельского хозяйства» состоялось обсуждение российского опыта, возможностей и рисков развития отрасли в новых геополитических условиях. Мероприятие прошло в гибридном формате 20 июня в Москве. Организаторами форума выступили Ассоциация интернета вещей и Фонд развития интернет-инициатив при поддержке АНО «Цифровая экономика».

В ходе конференции председатель совета — директор Молочного союза России Людмила Маницкая отметила, что одной из основных проблем отрасли молочного животноводства, требующих системного подхода, является снижение поголовья крупного рогатого скота (КРС). По ее данным, в последнее время ежегодно теряется порядка 300 тыс. голов, среди которых не менее 100 тыс. — дойного стада. При этом всего общее поголовье дойного стада в стране в прошлом году составляло 7,7 млн голов. В числе наиболее существенных причин сокращения поголовья спикер выделила удорожание кормов, зарегулированность, низкую инвестиционную привлекательность отрасли. Она сообщила и о сокращении нормы потребления молока в РФ, отметив, что при норме 325 кг на человека в России до 2022 года потреблялось 240 кг, а в 2022–2023 годах это количество снизилось до 165 кг. Для решения данных проблем отрасли необходимы стабильность, усиленная господдержка и повышение инвестпривлекательности, резюмировала эксперт.

По мнению руководителя Национальной мясной ассоциации Сергея Юшина, на текущий момент животноводческая отрасль в целом чувствует себя лучше многих других отраслей экономики. Спикер напомнил о достигнутых в прошлом году рекордных показателях: по производству мяса — 11 700 тыс. т, по потреблению — 79 кг, по экспорту — около 690 тыс. т (вместе с субпродуктами и мясoproдуктами), добавив, что объем импорта мяса в 2022 году был самым низким за последние два десятилетия. «Мы фактически вышли на лидирующие места, поднялись в рейтинге по свинине и индейке», — сказал он. В числе ключевых трендов, определяющих состояние отрасли

на ближайшую перспективу, Сергей Юшин отметил усиление внешнего давления и кадрового дефицита. Он сделал акцент на необходимости экспортной поддержки. Ее сокращение стало бы существенным тормозом для развития отрасли, пояснил руководитель НМА.

На сегодняшний день экспорт является важным направлением для отрасли. За первые шесть месяцев 2023 года он вырос на 35–40% (тогда как по итогам 2022 года поставки свинины на зарубежные рынки снизились на 10%), отметил генеральный директор Национального союза свиноводов Юрий Ковалев. «Эти данные могут еще немного скорректироваться», — добавил он. Спикер сообщил, что к числу ведущих направлений для экспорта российской свинины относится рынок Республики Беларусь: в прошлом году поставки в эту страну увеличились примерно в 2,5 раза, заняв почти весь объем импорта. Страны ЕАЭС для России — один из главных экспортных каналов, отметил он. «Практически восстановились и поставки во Вьетнам, что позволяет нам надеяться. С экспортом в этом году мы вновь выйдем на цифры 200–220 тысяч тонн», — сказал эксперт. — Это очень большое подспорье для разгрузки внутреннего рынка». Он сообщил, что рост объемов производства свинины, по оценке НСС, в I полугодии 2023 года сохранился, хотя идет несколько меньшими темпами (не 7%, а 5,4%). «Цифры, которые я представляю, — наши оценочные прогнозы I полугодия», — уточнил глава Союза. Продолжили снижаться цены на свинину (за первые полгода они упали еще на 5%, что для отрасли при таком приросте производства — удовлетворительный результат), при этом продолжает сокращаться разница в стоимости птицы и свинины, цены на которые в течение последнего месяца практически сравнялись, отметил он.

«Мы приближаемся к ситуации, наблюдающейся во всех странах с развитым животноводством», — сказал спикер. — Цена на мясо птицы и красное мясо свинины сильно различаться не будет — около 10–15%. Главная задача, стоящая перед отраслью, — войти в топ-5 мировых экспортеров свинины (сегодня Россия входит в топ-5 производителей и десятку экспортеров). Для этого необходимо открытие рынка Китая и Филиппин для отечественной свинины, заключил эксперт.

Ю.Г. Седова



РЕСПОЛ — ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПРИ БРОНХОПНЕВМОНИИ МОЛОДНЯКА

Основная задача животноводства — выращивание здорового молодняка. Важными факторами успешности любого предприятия являются эффективные ветеринарные мероприятия и контроль заболеваемости в стаде. Среди болезней молодняка лидирует бронхопневмония телят, наносящая огромный ущерб животноводству. Всплеск заболеваемости приходится на холодное и сырое время года. Специалисты отмечают, что за последние годы проблема «помолодела», болезнь регистрируется у телят уже с трехнедельного возраста.

Бронхопневмония, в том числе вызванная *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Histophilus somni*, *Mycoplasma bovis*, *M. Haemolytica* — заболевание факторное, то есть возникает при воздействии патогенов и неблагоприятных внешних факторов: сырого холодного воздуха, повышенного содержания аммиака в воздухе и др. Как правило, бактериальная инфекция развивается как вторичная на фоне первичной вирусной инфекции (вирусной диареи КРС, парагриппа-3, рино-, адено-, коронавируса).

При лечении бронхопневмонии, учитывая многофакторность, необходимо выбирать антибактериальный препарат с максимально широким спектром действия, охватывающим всех основных бактериальных возбудителей респираторных заболеваний. Таким является РЕСПОЛ — универсальный антибактериальный препарат для лечения инфекционных заболеваний молодняка с пролонгированным действием

В РЕСПОЛ в качестве действующего вещества входит 30% флорфеникола. Флорфеникол обладает широким спектром антибактериального действия в отношении аэробных и анаэробных, грамположительных и грамотрицательных бактерий, в том числе *Actinobacillus pleuropneumoniae*, *Pasteurella multocida*, *Mannheimia haemolytica*, *Bordetella bronchiseptica*, *Haemophilus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus suis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Fusobacterium necrophorum*, *Moraxella bovis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Micrococcus spp.*, а также микоплазм.

Преимущества РЕСПОЛА

- Максимальные концентрации в сыворотке крови уже через 30 мин. после введения препарата.
- Терапевтические концентрации сохраняются в тканях в течение 48 ч.
- Курс лечения — 1–2 инъекции.
- РЕСПОЛ действует на все основные виды бактерий, вызывающих бронхопневмонию.

Терапевтическая эффективность РЕСПОЛА была подтверждена в ходе многочисленных клинических испытаний в хозяйствах Владимирской, Смоленской, Московской областей.

Всего было отобрано более 120 голов телят в возрасте от 1 до 3 месяцев с клиническими признаками бронхопневмонии. Телятам опытных групп ($n = 67$) вводили препарат РЕСПОЛ в дозировке 1 мл на 15 кг

массы животных (двукратно) с интервалом 48 ч. В контрольных группах ($n = 61$) применяли препарат на основе амоксициллина 10% с клавулановой кислотой.

По результатам проведенных исследований установлено, что сроки выздоровления и эффективность лечения в группах различались (рис. 1).

Рис. 1. Эффективность схем лечения бронхопневмонии



РЕСПОЛ — настоящий универсальный антибиотик, подходит как для лечения крупного рогатого скота, так и для свиней, безболезненный при введении, прекрасно переносится и идеально вписывается в технологический процесс на животноводческом предприятии.

Ведущий ветеринарный врач ООО «Новая Группа»
О.В. Давыденкова

ООО «Новая Группа»
141700, Московская обл.,
г. Долгопрудный, ул. Виноградная, д. 13
www.groupnew.ru
Тел. +7 (495) 221-01-58

ДВОЙНОЙ УДАР ПРИ ИНФЕКЦИИ

- ✓ БЫСТРОЕ КУПИРОВАНИЕ
ВСПЫШЕК ЗАБОЛЕВАНИЙ
- ✓ СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ ЛЕЧЕНИЯ
- ✓ ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПАДЕЖА
- ✓ СОКРАЩЕНИЕ ЗАТРАТ
НА ЛЕЧЕНИЕ И ТРУДОЗАТРАТ



РЕСПОЛ
раствор для инъекций



УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЙ ПРЕПАРАТ ДЛЯ
ЛЕЧЕНИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
МОЛОДНЯКА С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ДЕЙСТВИЕМ

ФЛОРФЕНИКОЛ 30%

- ШИРОКИЙ АНТИМИКРОБНЫЙ СПЕКТР
- КОРОТКИЙ КУРС ЛЕЧЕНИЯ
- ВЫГОДНАЯ ЦЕНА ЗА КУРС ЛЕЧЕНИЯ



СОВРЕМЕННОЕ НЕСТЕРОИДНОЕ
ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО, ПОВЫШАЮЩЕЕ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ АНТИБИОТИКОТЕРАПИИ

ФЛУКСА

раствор для инъекций



ФЛУНИКСИН 5%

- МОЩНЫЙ ОБЕЗБОЛИВАЮЩИЙ
И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ
- БЫСТРОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ
- ПРОЛОНГИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ — **24 ЧАСА**



НОВАЯ ГРУППА

141700, Московская область,
г. Долгопрудный, ул. Виноградная, д. 13
Телефон: +7 (495) 221-01-58
www.groupnew.ru

СОХРАНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ГЕНОФОНДА СЕЛЬХОЗЖИВОТНЫХ — В ЧИСЛЕ КЛЮЧЕВЫХ ЗАДАЧ РОССИЙСКОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Ведущие эксперты обсудили актуальные проблемы и перспективы развития генофонда сельхозживотных в России в рамках круглого стола на тему «О сохранении и разведении отечественных пород сельскохозяйственных животных», прошедшего в верхней палате российского парламента. Мероприятие, организованное Комитетом Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, провел заместитель председателя Комитета Егор Борисов.

В ходе дискуссии было отмечено, что доктриной продовольственной безопасности России предусмотрено развитие племенного животноводства. Как сообщил зампред Комитета СФ ФС РФ по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Егор Борисов, в нашей стране сформирована племенная база животноводства по большинству разводимых видов, пород, типов и кроссов линий сельскохозяйственных животных. «В РФ уникальная племенная база (огромное породное разнообразие) сельхозживотных, — сказал он. — При этом особый интерес представляют отечественные породы». По мнению парламентария, в России сложилась непростая ситуация с их сохранением и разведением. Доминирование небольшого числа зарубежных пород может не только привести к зависимости от импорта селекционных достижений, но и оказать негативное влияние на развитие российских селекционных школ. Помимо этого, могут быть утеряны ценные породы. Так, по данным законодателя, в Государственном реестре по состоянию на 01.01.2023 зарегистрировано 27 пород молочного и молочно-мясного крупного рогатого скота (КРС) (на долю отечественных локальных пород приходится менее 3% от общей численности сельхозживотных). Такое положение дел свидетельствует о необходимости разработки и реализации комплекса мер по сохранению и развитию национального генофонда, резюмировал сенатор.

Заместитель директора департамента животноводства и племенного дела Министерства сельского хозяйства РФ Галина Сафина отметила, что Россия еще остается выдающейся, уникальной страной по видовому и породному разнообразию сельскохозяйственных животных. По ее данным, по 13 направлениям животноводства (в том числе птицеводству, свиноводству, молочно-молочному скотоводству, мясному скотоводству, коневодству, овцеводству, козоводству, яководству и пчеловодству) имеются племенные стада. «В пересчете на условные головы маток это 1,8 миллиона, — уточнила спикер. — Этого удельного веса нам достаточно, для того чтобы обеспечивать собственное воспроизводство в нашей стране и комплектовать товарную часть для производства непосредственно сельхозпродукции».

Несмотря на лидирующее положение РФ в мире по видовому и породному разнообразию сельскохозяйственных животных, мировая проблема снижения породного разнообразия за счет сокращения и исчезновения редких, малочисленных пород касается нашей страны в полной мере, отметила генеральный директор Национальной ассоциации по сохранению и развитию генофондных пород сельскохозяйственных животных д. с.-х. н. Елена Колдаева. В своей презентации она привела данные Продовольственной и сельскохозяй-



ственной организации Объединенных Наций (ФАО), по которым почти ежемесячно исчезает одна порода. Это происходит потому, пояснила спикер, что в современном сельском хозяйстве востребованы узкоспециализированные (так называемые заводские или коммерческие) породы, обладающие высокой продуктивностью, например молочностью. Елена Колдаева сообщила, что в настоящее время в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 47 видов сельскохозяйственных животных 438 пород. Созданию столь многочисленных пород по большинству видов сельхозживотных, безусловно, способствовала огромная территория нашей страны с большим разнообразием климатических, ландшафтных и других условий, отметила она.

По словам эксперта, сейчас в Госреестре селекционных достижений зарегистрировано 23 породы КРС молочного направления, из них 14 — отечественных. «Если посмотреть статус сохранности пород, то у нас только две породы имеют уязвимый статус (менее 10 тыс. голов). Это черно-пестрая и холмогорская. Ненадежный статус (менее 5000 голов) тоже у двух пород — ярославской и красной степной, угрожающий (менее 1000 голов) — у суксунской, истобенской, бестужевской, сычевской, красной горбатовской, костромской и кавказской бурой пород. Критический статус (менее 100 голов) имеют якутский и горный скот Дагестана, тагильская и суксунская породы. Печальная ситуация усугубляется еще и тем, что по некоторым породам у нас практически нет живых быков. Тем не менее хочу отметить, что работа, которую в последние годы проводит ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ имени Л.К.Эрнста» совместно с Головным центром по воспроизводству сельскохозяйственных животных, существенно сдвинула эту ситуацию в положительную сторону», — заключила Елена Колдаева.

Ю.Г. Седова

КОРМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ «ФЕЛУЦЕН»: РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ У ОВЕЦ

Обеспечение продовольственной безопасности России и экспорт качественной животноводческой продукции невозможны без развития овцеводства. При наличии пастбищ и минимальном использовании зерновых кормов можно получать баранину с низкой себестоимостью. Необходимый фактор успеха — сохранение здорового поголовья в условиях интенсификации производства.

Повышение потребительского спроса на баранину создает предпосылки для интенсификации овцеводства. Этого невозможно добиться без использования специализированных мясных пород и раскрытия их генетического потенциала, повышения плодovitости овцематок, увеличения скорости роста молодняка.

Максимальное повышение продуктивности всегда сопровождается метаболической переориентацией организма животных и ведет (при отсутствии помощи) к развитию болезней обмена веществ.

На сегодняшний день болезни нарушений минерального обмена недостаточно изучены, а важность микроэлементов часто недооценена. При этом микроэлементы — обязательный, незаменимый участник жизненно важных процессов. Например, магний активирует около 300 ферментов, незаменим в синтезе жирных кислот, окислительном декарбоксилировании цитрата в цикле Кребса. Этот элемент задействован в механизме нервно-мышечной передачи импульса и функционировании центральной нервной системы.

Магний участвует в терморегуляции организма, обмене кальция, натрия, аскорбиновой кислоты, фосфора, незаменим в формировании иммунного ответа.

Йод накапливается тиреоидным эпителием щитовидной железы. Под влиянием фермента тиреоидпероксидазы йодид включается в основной белок щитовидной железы — тиреоглобулин. Гормоны щитовидной железы жизненно необходимы для поддержания нормального обмена веществ во всех клетках организма. Йодная недостаточность у овец сопровождается появлением зоба, отставанием в росте, внутриутробной гибелью плодов или смертью новорожденных ягнят.

Селен необходим для антиоксидантной защиты организма, контроля уровня активных форм кислорода, свободных радикалов и молекулярных продуктов обмена. При его дефиците ягнята отстают в росте, у взрослых овец нарушается репродуктивная функция, развивается «беломышечная болезнь», что приводит к выбраковке мяса.

Иными словами, все усилия по созданию оптимальных условий содержания, введению в рацион дополнительных источников энергии, протеина, витаминов и так далее будут сведены на нет дефицитом элементов, дозы которых исчисляются 3–4 знаками после запятой (например, суточная потребность взрослой овцы в селене — 0,001 мг!).

Основной причиной микроэлементозов животных является их недостаток в кормах. Доказано, что для природных пастбищ большинства территорий России характерен дефицит меди, йода, кобальта, хрома, селена. Уровень и доступность микроэлементов зависят и от технологии заготовки и хранения кормов, структуры рациона. Например, заболевание овец энзоотической атаксией развивается при содержании меди в траве менее 4,6 мг/кг на фоне превышения молибдена и сульфатов в 4–6 раз.

Сбалансировать уровень микроэлементов в рационе можно использованием отдельных элементов в виде солей, но из-за малых дозировок (например, доза селенита натрия — 2 г на 1 т корма) равномерное введение препарата в большой объем корма проблематично.

Оптимальным решением может стать применение готовых, профессионально сбалансированных кормодобавок. Отлично зарекомендовал себя в промышленном овцеводстве кормовой комплекс «Фелуцен Энергетический О-2-2 для овец, коз, ягнят, козлят». Это незаменимый продукт кормокоррекции, в составе которого содержатся: медь, цинк, кобальт, йод, селен, марганец, кальций, фосфор, сера, магний; витамины A, D, E; растительный протеин, жиры. Постоянное введение в рацион данного кормового продукта предотвращает микроэлементозы, увеличивает продуктивность овец, на 3–4 недели сокращает период откорма, способствует правильному течению суягности.

Баланс микронутриентов в рационе имеет огромное значение для профилактики такой важной проблемы, как гельминтозы у овец. Опыт показывает: качественные корма, обогащенные витаминно-минеральными комплексами, настолько повышают иммунитет и устойчивость к инфекциям, что вакцинации и специальных мер по дегельминтизации обычно не требуется.

Своевременное удовлетворение потребностей овец в микроэлементах при сбалансированности рационов по остальным питательным веществам делает возможным полное раскрытие генетического потенциала и достижение ягнятами потребительских кондиций к 8–9-месячному возрасту с оптимальными затратами кормов.

К.А. Якунин,

кандидат ветеринарных наук



Тел. «отзывчивой линии» 8 (800) 200-38-88
(звонок по России — бесплатный)
agrovit87.ru, prok.ru

ФАРМАТАН ЖИДКИЙ — ПРИРОДНАЯ ЗАЩИТА ОТ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ И СТРЕССОВ У МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Кишечник является главным органом иммунной системы, в котором собрано 80% иммунных клеток всего организма. Его состояние определяет здоровье и продуктивные качества животных. Проблема кишечных инфекций остается сегодня актуальной как для крупных промышленных предприятий, так и для фермерских хозяйств. Использование антибактериальных препаратов не всегда помогает решить проблему, а иногда и вовсе не дает должного результата.

Из-за того, что патогенные бактерии со временем вырабатывают устойчивость к антибиотикам, их применение становится бесполезным. Также антибиотики подавляют действие полезной микрофлоры — лакто- и бифидобактерий, нарушая тем самым баланс микрофлоры. Это приводит к дисбиотическим изменениям. Поэтому сегодня многие производители пытаются найти эффективные средства, способные защитить кишечник от инфекций и добиться высоких показателей продуктивности.

Словенский завод «Танин Севница», который представляет в России и странах СНГ компания ООО «СИВЕТРА-АГРО», уже много десятков лет выпускает натуральные лечебно-профилактические кормовые добавки на основе экстракта древесины сладкого каштана для всех видов животных, птицы и объектов аквакультуры. Именно в древесине сладкого каштана содержится максимальная концентрация эллаготанинов (гидролизующихся танинов), обладающих высокой антибактериальной активностью и, в отличие от другой группы танинов (конденсированных), не имеющих антипитательных свойств.

Эллаготанины защищают дерево от патогенных бактерий, микроорганизмов, насекомых, грибов. Такую же защитную функцию они выполняют в организме животных и людей. Эволюционный механизм, выработанный самой природой, позволяет эллаготанинам ингибировать только патогенную микрофлору — *E. coli*, *Salmonella sp.*, *Campylobacter*, *Clostridium perfringens* и др., не угнетая действие полезной. Благодаря своим природным свойствам эллаготанины выступают альтернативой антибиотикам и, в отличие от последних, не вызывают резистентности даже при длительном использовании.

Особое место в обширной номенклатуре продуктов завода «Танин Севница» занимает кормовая добавка для моногастричных животных ФАРМАТАН ЖИДКИЙ, основным ингредиентом которой является жидкий экстракт каштана с содержанием в нем эллаготанинов (74%). Это единственная кормовая добавка в линейке, которая вводится через систему поения.

Для усиления действия эллаготанинов в состав ФАРМАТАНА ЖИДКОГО дополнительно введе-

ны монобутирин (глицериды масляной кислоты) и лимонная кислота.

За счет активных компонентов ФАРМАТАН ЖИДКИЙ обладает ярко выраженным антибактериальным действием. Кроме этого, спазмолитическое действие эллаготанинов предотвращает потерю воды через слизистые оболочки, улучшая тем самым консистенцию помета и снижая риск обезвоживания. Антиоксидантная активность эллаготанинов, заключающаяся в поглощении свободных радикалов, позволяет снизить последствия различных стрессов. Образующийся на поверхности кишечника таниновый слой позволяет уменьшить вред, наносимый кокцидиями, и усилить тем самым антикокцидную программу предприятия.

Глицериды масляной кислоты развивают эпителиальный слой кишечника, способствуя росту ворсинок и улучшению процессов пищеварения и усвоения питательных веществ.

Лимонная кислота снижает значения pH в ЖКТ, регулирует баланс микрофлоры кишечника и обеспечивает равновесие в кишечной флоре.

Кормовая добавка ФАРМАТАН ЖИДКИЙ является натуральным лечебно-профилактическим препаратом и применяется как антистрессовое и антидиарейное средство в критические периоды выращивания животных и птицы (до и после вакцинации, при смене рациона, переводе в другие технологические цеха, резком ухудшении производственных показателей и др.), а также для профилактики и лечения кишечных инфекций (колибактериоза, клостридиозов, сальмонеллеза и др.). Применение добавки позволяет исключить использование антибактериальных препаратов, в том числе используемых через воду.

Дозировка выпойки ФАРМАТАНА ЖИДКОГО свиньям, кроликам, телятам и сельскохозяйственной птице составляет 1–3 мл/л воды в течение 5–10 дней (в зависимости от ветеринарной обстановки и цели использования).

Практическое использование ФАРМАТАНА ЖИДКОГО показало его высокую результативность в решении и профилактике различных ветеринарных проблем, увеличении сохранности поголовья, повышении показателей продуктивности и качества продукции.

СИВЕТРА-АГРО
кормовые добавки для с/х животных и птицы



Лечебно-профилактические кормовые добавки на основе эллаготанинов сладкого каштана

farmatan®

Наши решения – Ваш успех!

Tan in
SEVNICA

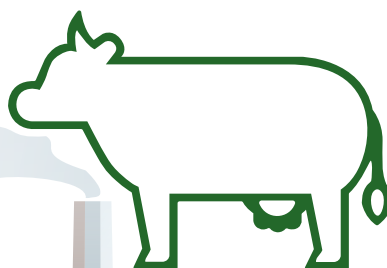
Обладают антибактериальными, антипротозойными, антидиарейными, антиоксидантными, противовоспалительными свойствами.
Улучшают производственные показатели.

Природная альтернатива антибиотикам!



для свиней
ИНТЕСТАН
АЦИДАД СУХОЙ
ФАРМАТАН ГЕЛЬ
ФАРМАТАН ЖИДКИЙ
ФАРМАТАН П
ФАРМАТАН ТО

для жвачных
ФАРМАТАН П
ФАРМАТАН ТМ
ФАРМАТАН ГЕЛЬ



для аквакультуры
АКВАТАН



для птицы
БУТИТАН
ФАРМАТАН ЖИДКИЙ
ФАРМАТАН П
ФАРМАТАН ТО



СИВЕТРА-АГРО

кормовые добавки для с/х животных и птицы

www.sivetra-agro.ru office@sivetra-agro.ru

Тел.: +7 499 653-59-43

Естественный путь к здоровью и высокой продуктивности!

«ДОЗА-АГРО» — 90 ЛЕТ ПРОМЫШЛЕННОГО УСПЕХА

История предприятия началась в 1931 году с создания машинно-тракторной станции. Сегодня производственный комплекс «Доза-Агро» — это современный машиностроительный завод, имеющий в своем арсенале передовое оборудование и высококвалифицированные кадры. Производственные площади завода составляют 15 тыс. м², современного складского комплекса — 3000 м². На предприятии трудятся 220 высокопрофессиональных сотрудников. Накопленный опыт и мощная производственная база позволяют компании «Доза-Агро» реализовывать проекты любого уровня сложности и масштаба.

Объединяя новейшие разработки и лучшие технологические решения предыдущих поколений, а также учитывая современные требования, специалисты компании «Доза-Агро» разработали типовые проекты комбикормовых заводов «Премиум», «Профи», «Мастер», «Оптимум» производительностью 1–20 т/ч.

Все заводы «Доза-Агро» в базовой комплектации оснащены автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУТП) на базе программного обеспечения MasterPRO. Интеграция с «1С» позволяет удаленно контролировать расход сырья и объемы готовой продукции, а также передавать получаемые данные в режиме реального времени в соответствующие службы предприятия.

Наличие типовых технологических решений позволяет подготовить по разумной цене и с минимальными сроками индивидуальные предложения для каждого клиента в соответствии с его потребностями и ожиданиями.

Комбикормовые заводы «Доза-Агро»

«Премиум»



- Производительность:** 5, 10, 15 и 20 т/ч
- **Хранение основных компонентов** — элеватор.
 - **Тип загрузки основных компонентов** — транспортная система с элеватора.
 - **Количество компонентов: основных** — до 10, макро — до 12, микро — до 16.
 - **Тип отгрузки готовой продукции** — бункеры на проездной эстакаде.

«Профи»



- Производительность:** 3, 5, 10, 15 и 20 т/ч
- **Хранение основных компонентов** — силосы демпферные.
 - **Тип загрузки основных компонентов** — механизированная завальная яма.
 - **Количество компонентов: основных** — до 10, макро — до 12, микро — до 16.
 - **Тип отгрузки готовой продукции** — бункеры на проездной эстакаде.

«Мастер»



- Производительность:** 3 и 5 т/ч
- **Хранение основных компонентов** — напольный склад.
 - **Тип загрузки основных компонентов** — погрузчик с напольного склада хранения.
 - **Количество компонентов: основных** — до 6, макро — до 6, микро — до 12.
 - **Тип отгрузки готовой продукции** — шнек в автотранспорт.

«Оптимум»



- Производительность:** 1, 2, 3 и 5 т/ч
- **Хранение основных компонентов** — напольный склад.
 - **Тип загрузки основных компонентов** — пневматическая дробилка с напольного склада хранения.
 - **Количество компонентов: основных** — до 6, макро — до 6, микро — до 8.
 - **Тип отгрузки готовой продукции** — шнек в автотранспорт.

Умные комбикормовые заводы «Оптимум»

В последнее время растет потребность в качественных многокомпонентных комбикормах. Основопологающими факторами для сельхозорганизаций при выборе технологии кормопроизводства стали высокая степень смешивания, полная автоматизация учета и управления, минимальное количество обслуживающего персонала. Исходя из этих требований, специалистами компании «Доза-Агро» разработан модельный ряд комбикормового завода «Оптимум» производительностью 1–3 и 5 т/ч для выпуска высококачественных комбикормов для всех групп животных.

Отличительная особенность заводов «Оптимум» — использование лучших технологических решений предыдущих поколений, в частности использование пневматической дробилки для загрузки компонентов. В базовой версии «Оптимум» заложено 8 циклов смешивания в час, что является оптимальным в технологии кормопроизводства. Процесс накопления и дозирования компонентов полностью автоматизирован. Управление всеми процессами происходит с помощью программного обеспечения, разработанного специалистами «Доза-Агро». Комплекс интегрирован с программой «1С», что позволяет управлять всеми технологическими процессами и контролировать расход сырья и объемы готовой продукции удаленно в режиме реального времени. Базовая версия завода «Оптимум» оснащена звуковой и световой сигнализацией, а также пневматической системой сводообрушения, исключающей «зависание» тяжелосыпучих продуктов, таких как жмых и овес. Смешивание компонентов комбикорма производится в горизонтальном смесителе, который обеспечивает до 98% однородности, что подтверждено научными исследованиями. Многочисленные дополнительные опции позволяют скомплектовать завод «Оптимум» под любую задачу — как по количеству компонентов, так и по способу фасовки и отгрузки готовой продукции. Окупаемость завода — 12–14 месяцев, что делает «Оптимум» лучшим решением по соотношению «цена — потребительские свойства».

К преимуществам можно отнести максимальную заводскую готовность комплекса. Оборудование поступает на объект в виде модулей с понятной и достаточной документацией. Для монтажа не требуется выполнение строительных работ, как правило, всё оборудование комплекса вписывается в существующие помещения. Для сборки комбикормового завода «Оптимум» достаточно трех слесарей со средней квалификацией. Пусконаладку и настройку автоматики специалисты «Доза-Агро» проводят удаленно, что позволяет ввести объект в эксплуатацию в минимальные сроки. «Доза-Агро» выполняет полный комплекс услуг по организации процесса кормопроизводства, в том числе подбор рецептуры и настройку процессов в соответствии с поставленными задачами.

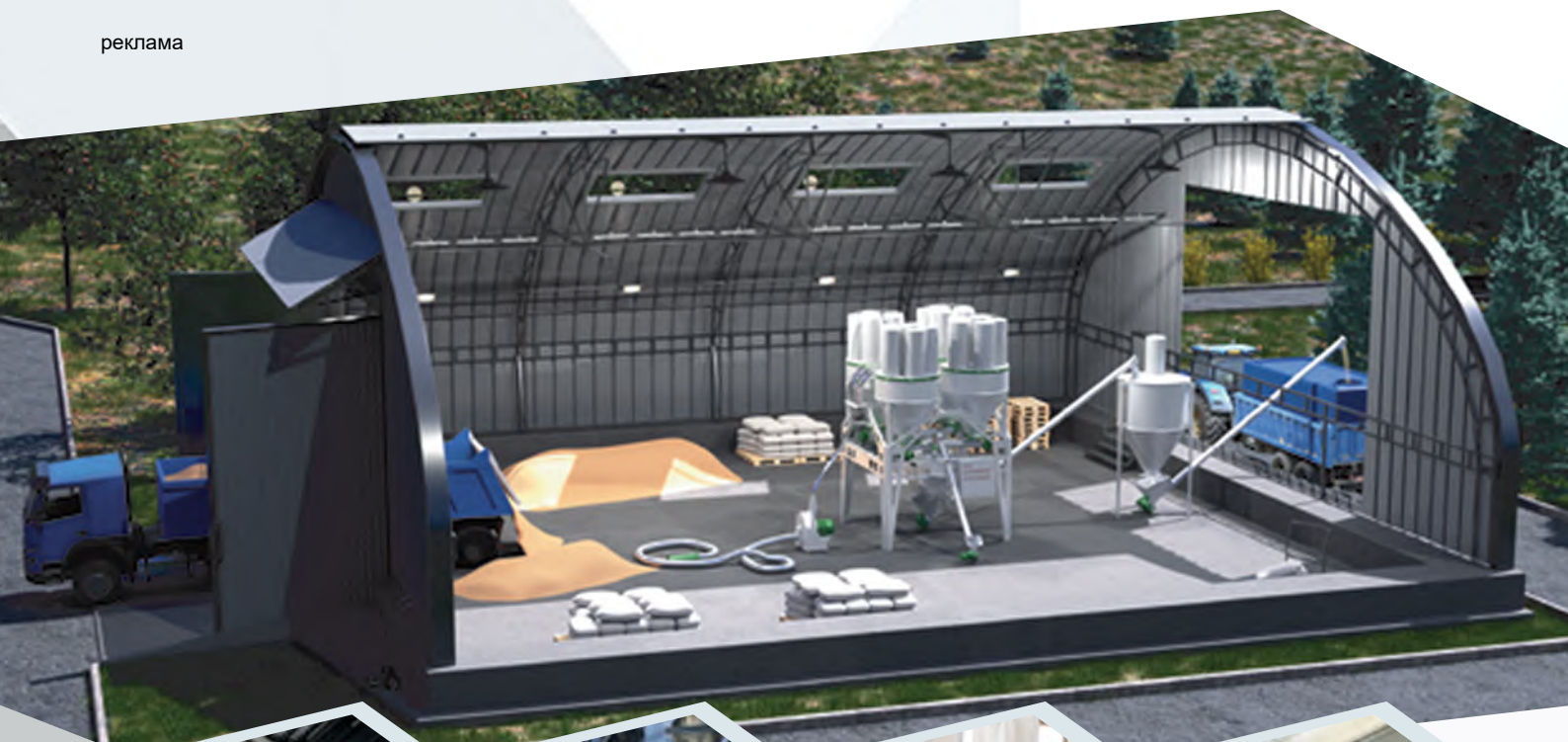
Для эксплуатации и технического обслуживания завода «Оптимум» требуются специалисты среднего уровня квалификации, что крайне важно для сельхозпредприятий. Плановый срок эксплуатации комплекса — 8 лет.

Умные комбикормовые

заводы «Оптимум»

1, 2, 3, 5 т/ч

реклама



Автоматизированная
отгрузка



Ввод жидких
компонентов



Ввод микро-
и макродобавок



Гранулирование

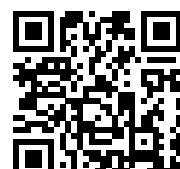
г. Нижний Новгород, шоссе Жиркомбината, д. 20

Линии, оборудование, запчасти
8 800 200 24 76
office@dozaagro.ru

Комбикормовые и семенные заводы
8 800 551 54 50
office@dozamix.com

www.dozaagro.com

Служба сервиса
8 800 200 85 90
service@dozaagro.ru



СМОК — ЛИНЕЙКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ КАК НОВЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ И ДЕЗИНСЕКЦИИ ОБЪЕКТОВ ВЕТНАДЗОРА

В промежутках между циклами выращивания животных и птицы после этапа механической уборки для проведения дезинфекции чаще всего используют спрееры, или генераторы горячего и холодного тумана. Генераторы — эффективный инструмент. Мелкодисперсное распыление действующих веществ позволяет качественно обрабатывать все поверхности. Но этот способ не всегда срабатывает, если мы имеем дело со старыми помещениями, большим количеством оборудования в нем или с высокой влажностью.

Водяное облако аэрозоля крайне неустойчиво, мелкие частицы раствора собираются в крупные капли и быстро падают на землю. В результате труднодоступные места остаются необработанными, и именно там со временем скапливается большое количество патогенов. Кроме того, небольшие фермерские и частные хозяйства не в состоянии купить дорогостоящее оборудование и обслуживать его, повышая затраты на электроэнергию. Альтернативным и иногда дополнительным способом дезинфекции и дезинсекции является применение дымогенераторов.

Генератор дыма (или дымовая шашка) — это устройство для образования дыма или аэрозоля, имитирующего дым. Обычно — жестяная банка, которая содержит спрессованную форму с фитилем. Может содержать различные действующие вещества (ДВ) или смесь с разными ДВ, что зависит от предназначения: для дезинфекции, инсекто-акарицидных, фунгицидных или комплексных обработок.

Компания «Агроветзащита» разработала три вида шашек, которые отличаются от обычных тем, что это низкотемпературные генераторы.

Что такое низкотемпературный генератор дыма? В нем экзотермическое разложение реагентов используется для образования безопасных для окружающей среды азота и углекислого газа, которые служат носителями ДВ. В процессе работы изделия происходит возгонка ДВ в виде аэрозоля, за время экспозиции — конденсация аэрозоля и полное покрытие ДВ всей поверхности обрабатываемого объекта. В генераторе дыма подъем температуры значительно меньше, чем в пиротехнических изделиях (обычных шашках), так как нет процесса классического горения. Средство проникает в труднодоступные места и подходит для различных помещений, оборудования и транспорта. Не вызывает коррозию металлических изделий и конструкций. Не требует специальных правил провоза и хранения.

- «Смок® Фунги» — низкотемпературный генератор фунгицидного дыма. Предназначен для противогрибковой дезинфекции объектов ветнадзора, инкубаторов и так далее. Действующим веществом, оказывающим фунгицидный эффект, является энилконазол. Механизм действия энилконазола заключается в избирательном ингибировании биосинтеза эргостерина в клеточной стенке, что приводит к изменению проницаемости и дальнейшей гибели грибка. Преимуществом энилконазола является не только фунгистатическое и фунгицидное, но и спороцидное действие. Это позволяет бороться с распространением грибковых заболеваний на птицефабриках гораздо эффективнее. Обладает широким спектром противогрибкового действия, включая *Aspergillus spp.*, *Microsporium spp.*, *Trichophyton spp.* Экспозиция составляет (в зависимости от профиля поверхности — гладкие или шероховатые) от 4 до 12 часов. Выпускают генераторы в металлических банках, рассчитанных на 25 м³, 50 м³, 100 м³ и 500 м³ помещения.

Действующее вещество генератора «Смок® Инсект» — цифлутрин 5 г, 10 г и 40 г. Цифлутрин обладает контактным инсектицидным и репеллентным действием в отношении мух, клопов, тараканов, блох, вшей, иксодовых, саркоптоидных и гамазовых клещей (включая *Dermanyssus gallinae*), жуков-чернотелок, пухопероедов, слепней, оводов, мошек, комаров, ос, муравьев, комплекса амбарных вредителей — амбарного долгоносика, рисовки, хлебного точильщика, суринамского мукоеда, хрущака, зерновой моли, а также вредителей растений. Экспозиция составляет 1 час для летающих насекомых и 2–4 часа для ползающих насекомых и клещей. Шашки можно применять в условиях теплиц, в том числе на основе поликарбоната, пленки, стекла, они не портят оборудование и покрывные материалы. Выпускают генераторы в металлических банках, рассчитанных на 50 м³, 100 м³ и 500 м³ обрабатываемого помещения.

«Смок® Антисепт» применяют для антибактериальной, противогрибковой и противовирусной дезинфекции. 2-бензил-4-хлорфенол, входящий в состав «Смок® Антисепт», обладает широким спектром дезинфицирующего действия в отношении:

- грамотрицательных и грамположительных бактерий, в том числе *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa*;
- плесневых и дрожжеподобных грибов, в том числе *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*, *Cladosporium spp.*, *Candida albicans*;
- вирусов, в том числе вирусов гриппа птиц.

Экспозиция составляет от 4 до 12 часов. Выпускают генераторы в металлических банках, рассчитанных на 50 м³, 100 м³ и 200 м³ обрабатываемого помещения.

Обработку всеми видами ДВ «Смок» проводят в отсутствие животных и птиц в следующей последовательности:

- помещение очищается (механическая уборка, мойка);
- затем оно герметично изолируется, выключается вентиляция;
- генераторы дыма подбираются в зависимости от обрабатываемой площади и равномерно размещаются на ней;
- открывается крышка генератора и зажигается запал (фитиль);
- все покидают помещение, которое выдерживается закрытым всё время, как указано в инструкции (экспозиция);
- открываются окна и двери, включается вентиляция;
- запускаются животные (или птицы).

Так происходит обработка с помощью низкотемпературных генераторов дыма, преимущество которых — легкая, безопасная эксплуатация, отсутствие особых способов провоза и хранения, возможность применения в любых помещениях, исключение рисков порчи оборудования и покрывных материалов.

Титов В.А.,
руководитель отдела технической поддержки
и маркетинга Департамента продаж товаров
для продуктивных животных ООО «АВЗ С-П», г. Москва

Линейка «СМОК» низкотемпературных генераторов дыма

Безопасны

Не являются
пиротехническим
изделием!

Не портят
оборудование
и инвентарь

Сочетаются с другими
средствами для гигиены
помещений

СМОК® ФУНГИ

СМОК® АНТИСЕПТ

СМОК® ИНСЕКТ



Применяют для **противогрибковой дезинфекции**:

- помещений, транспортных средств, кормоцехов, зернохранилищ, подстилки,
- инкубаторов, выводных шкафов, кормушек, клеток, гнёзд, поилок,
- инженерных коммуникаций в птицеводческих и животноводческих помещениях, обсеменённых грибами, включая *Aspergillus spp.*, *Trichophyton verrucosum*, *T. mentagrophytes*, *T. equinum*, *Microsporum canis*, *M. gypsum*.



в зависимости от фасовки
один генератор дыма рассчитан
на 25, 50, 100 или 500 м³
объёма помещения



Применяют для **антибактериальной, противогрибковой и противовирусной дезинфекции**:

- животноводческих и птицеводческих помещений,
- складов и хранилищ,
- транспортных средств,
- инвентаря для ухода за животными,
- ёмкостей для хранения, раздачи и транспортировки кормов,
- клеток и оборудования, инкубаторов и выводных шкафов, кормокухонь, боен и др.



в зависимости от фасовки
один генератор дыма рассчитан
на 50, 100 или 200 м³
объёма помещения



Применяют для **уничтожения насекомых, клещей и их личинок** в:

- животноводческих и птицеводческих помещениях,
- незагруженных складских помещениях и хранилищах,
- пустых теплицах, оранжереях, парниках.



в зависимости от фасовки
один генератор дыма рассчитан
на 50, 100 или 500 м³
объёма помещения

КРУПНЕЙШУЮ ЗА УРАЛОМ ЛАБОРАТОРИЮ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ОСОБО ОПАСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЖИВОТНЫХ ОТКРОЮТ В НОВОСИБИРСКЕ

В ходе пресс-конференции «Продовольственная и ветеринарная безопасность Новосибирской области в 2023 году», приуроченной ко Дню ветеринарного работника России, состоялось обсуждение актуальных вопросов обеспечения эпизоотической, пищевой и биобезопасности на территории региона. В мероприятии, прошедшем в Информационном агентстве ТАСС (Новосибирск) 30 августа, приняли участие руководитель Управления Россельхознадзора по Новосибирской и Томской областям Александр Баев, директор Новосибирского филиала ФГБУ «ВНИИЗЖ» Анжелика Новикова и представители Управления ветеринарии Новосибирской области.

Поставки более 7000 т продукции животного происхождения проконтролировали в 2023 году инспекторы отдела надзора Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Новосибирской области, сообщил Александр Баев. Это на 1000 т больше, чем в прошлом году, отметил руководитель Управления Россельхознадзора по Новосибирской и Томской областям. Регион экспортирует такие виды продукции, как яйцо, мороженое, рыба, мясо птицы, корма и кормовые добавки, уточнил он. «Мы фиксируем рост экспортируемой продукции ежегодно. Например, наши птицефабрики (в данном случае Ново-Барышевская) пару лет назад начинали экспортировать пищевое яйцо с одного миллиона штук, а сегодня в Монголию поставлено уже более 20 миллионов пищевого яйца. То есть спрос достаточно большой», — рассказал спикер. Из продукции растительного происхождения экспортировано 640 тыс. т (зерновых и зернобобовых культур). В частности, впервые с территории области осуществлен экспорт рапсового жмыха. Более 20 т направлено в Монголию, отметил он. По данным руководителя Управления, география экспорта региона охватывает Китай, Монголию, Японию, ряд стран ЕС и СНГ. «Есть интерес в ОАЭ, Корею и Саудовской Аравии на нашу продукцию животного происхождения, молочную продукцию, поэтому у АПК Новосибирской области очень хорошие перспективы», — резюмировал он.

На данный момент региону удастся оставаться благополучным по большинству заболеваний животных, отметил заместитель начальника Управления ветеринарии Новосибирской области Владимир Гоппе. «Исключением остается бешенство — природно-очаговое заболевание. В этом году 20 случаев допустили, несмотря на то что проводим раскладку вакцины для диких плотоядных», — сказал он. Ранее по этому заболеванию в области фиксировалось до 160 случаев ежегодно, уточнил спикер. Госветслужба круглосуточно осуществляет оценку безопасности пищевых продуктов животного происхождения посредством проведения ветеринарно-санитарной экспертизы и определения пригодности продуктов для пищевых целей. За 6 месяцев 2023 года проведено 18 446 ветеринарно-санитарных экспертиз продовольственного сырья и пищевых продуктов,



сообщил он. «По результатам проверок оформляются электронные ветеринарные сертификаты», — пояснил замглавы Управления. По его данным, на территории Новосибирской области свою деятельность осуществляют 20 государственных ветеринарных лабораторий, которые имеют лицензии на выполнение работ с микроорганизмами II–IV и III–IV групп патогенности.

В октябре текущего года в Дзержинском районе Новосибирска будет открыта крупнейшая за Уралом лаборатория с высокоточным современным оборудованием для выявления особо опасных болезней животных (соответственно, II–IV группы патогенности), сообщила директор Новосибирского филиала ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» Анжелика Новикова. «На днях ждем поставку этого оборудования», — сказала она. Запуск новой лаборатории позволит увеличить количество и качество лабораторных исследований, а также сократить сроки испытания образцов, расширить перечень определяемых показателей, создать дополнительные рабочие места, пояснила эксперт. Спикер заострила внимание на росте обращений в Новосибирский филиал ФГБУ «ВНИИЗЖ», связанном, по ее мнению, с увеличением производственной мощности агропромышленного комплекса региона. Так, за I полугодие 2023 года в лаборатории центра уже обратились 2700 предприятий, тогда как в 2022-м с центром работали около 2000 заказчиков, отметила Анжелика Новикова.

Ю.Г. Седова



XXXII МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЕТЕРИНАРНЫЙ КОНГРЕСС MVC 2024



10-12 АПРЕЛЯ 2024

Конгресс-холл
Крокус Экспо.
Москва

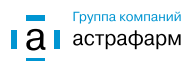
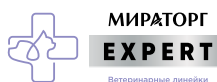
ОБУЧЕНИЕ
ОТДЫХ
ОБЩЕНИЕ



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



Реклама



УДК 619:578.824.11

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-26-31

**О.В. Анисина¹,
Н.М. Пухова¹,
О.А. Богомолова¹, ✉
С.В. Конкина¹,
А.В. Паршикова²,
А.Д. Филимонова²**

¹ *Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, Лосино-Петровский, Московская обл., Россия*

² *Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук», Москва, Россия*

✉ noo_vnitibp@mail.ru

Поступила в редакцию:
28.07.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-26-31

**Olga V. Anisina¹,
Nina M. Pukhova¹,
Olesya A. Bogomolova¹, ✉
Sofya V. Konkina¹,
Anna V. Parshikova²,
Angelina D. Filimonova²**

¹ *All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, Losino-Petrovsky, Moscow Region, Russia*

² *All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scriabin and Y.R. Kovalenko (Federal Scientific Center), Moscow, Russia*

✉ noo_vnitibp@mail.ru

Received by the editorial office:
28.07.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Анализ эпизоотии бешенства в Центральном федеральном округе России за 2018–2022 годы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время в России сохраняется сложная эпизоотическая ситуация по бешенству. Ежегодно во многих субъектах РФ регистрируются очаги бешенства, причем наибольшее количество случаев приходится на Центральный и Приволжский федеральные округа, на территории которых почти десятилетие сохраняется высокий уровень индекса эпизодичности (0,99 и 0,978 соответственно).

Методы. Цель исследования — в пространственно-временном анализе результатов развития эпизоотического процесса и выявления основных причин возникновения очагов бешенства в Центральном федеральном округе (ЦФО) Российской Федерации за последние пять лет (2018–2022 гг.). В работе использованы информация об эпизоотической ситуации бешенства в официальных отчетах (ФГБУ «Центр ветеринарии» Минсельхоза России), данные из опубликованных научных источников и результаты собственных исследований. Анализ развития эпизоотии в ЦФО проводили описательно и ретроспективно.

Результаты. Стойкое эпизоотическое неблагополучие в ЦФО подтверждено ежегодным выявлением случаев бешенства во всех субъектах округа. Установлено, что формирование очагов вируса бешенства обусловлено наличием благоприятных ландшафтных и природно-климатических условий для поддержания высокой численности диких животных, основного резервуара и источника бешенства и периодическими заносами инфекции из сопредельных регионов. Распространение бешенства в ЦФО в основном зависит от контроля численности безнадзорных животных и регулярности профилактической вакцинации диких и домашних плотоядных.

Ключевые слова: бешенство, эпизоотия, дикие, домашние и безнадзорные животные, динамика заболеваемости, ретроспективный анализ

Для цитирования: Анисина О.В., Пухова Н.М., Богомолова О.А., Конкина С.В., Паршикова А.В., Филимонова А.Д. Анализ эпизоотии бешенства в Центральном федеральном округе России за 2018–2022 годы. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 26–31. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-26-31>

© Анисина О.В., Пухова Н.М., Богомолова О.А., Конкина С.В., Паршикова А.В., Филимонова А.Д.

Analysis of the rabies epizootic in the Central Federal District of Russia in 2018–2022

ABSTRACT

Relevance. At present, a complex epizootic situation with rabies persists in Russia. Every year, foci of rabies are registered in many subjects of the Russian Federation, with the largest number of cases occurring in the Central and Volga Federal Districts, on the territory of which a high level of the episodic index has been maintained for almost a decade (0.99 and 0.978, respectively).

Methods. The purpose of the study was to spatiotemporally analyze the results of the development of the epizootic process and identify the main causes of rabies outbreaks in the Central Federal District (CFD) of the Russian Federation over the past five years (2018–2022). The work used information on the epizootic situation of rabies in official reports (FGBU «Center for Veterinary Medicine» of the Ministry of Agriculture of Russia), data from published scientific sources and the results of our own research. Analysis of the development of epizootics in the CFD was carried out descriptively and retrospectively.

Results. Persistent epizootic trouble in the CFD is confirmed by the annual detection of cases of rabies in all subjects of the district. It has been established that the formation of rabies virus foci is due to the presence of favorable landscape and natural and climatic conditions for maintaining a high number of wild animals, the main reservoir and source of rabies, and periodic introductions of infection from adjacent regions. The spread of rabies in the CFD mainly depends on the control of the number of neglected animals and on the regularity of preventive vaccination of wild and domestic carnivores.

Key words: rabies, epizootic, wild, domestic and neglected animals, incidence dynamics, retrospective analysis

For citation: Anisina O.V., Pukhova N.M., Bogomolova O.A., Konkina S.V., Parshikova A.V., Filimonova A.D. Analysis of the rabies epizootic in the Central Federal Region of Russia in 2018–2022. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 26–31 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-26-31>

© Anisina O.V., Pukhova N.M., Bogomolova O.A., Konkina S.V., Parshikova A.V., Filimonova A.D.

Введение/Introduction

Бешенство — одна из самых опасных вирусных зооантропонозных инфекций, которая поражает всех теплокровных животных, в том числе человека, и создает экологические, эпизоотологические, эпидемиологические и экономические проблемы почти во всех странах мира. Практически ни одна страна не защищена от бешенства, пока существуют в природе резервуар и источник возбудителя. Этому способствуют полипатогенность и постоянная трансформация вируса. Жесткие, высоко затратные меры, применяемые в Европе в течение 20 лет, позволили оздоровить значительную часть континента от бешенства. В настоящее время усилия этих стран направлены на элиминацию инфекции на территориях стран Восточной Европы, где происходят единичные случаи заболевания диких животных, для обеспечения защиты всего континента от завозных случаев¹.

С учетом резервуара возбудителя Международной классификацией болезней² (МКБ-10) определены три вида диагноза бешенства: лесное (код A82.0), городское (код A82.1) и неуточненное (код A82.9). На территории России регистрируются очаги лесного бешенства, в которых вирус поддерживается в популяции диких животных (рыжая лисица, енотовидная собака и др.), городского бешенства (вирус поддерживается в популяции бродячих собак, реже кошек), полярного (или арктического) бешенства (вирус циркулирует в популяции песцов).

В последние годы в ряде регионов страны сложились особые социально-экономические и природно-географические условия, в которых дикие животные, подвергаясь мощному антропогенному прессингу, совершают активные естественные и вынужденные миграции (до 50 км), ареалы их распространения не только сближаются, но и постоянно пересекаются. За счет расширения зоны техногенного влияния на природу дикие животные вынуждены обитать «рядом с человеком», что провоцирует циркуляцию вируса бешенства между дикими и домашними животными. Стало вполне закономерным появление на окраинах населенных пунктов, территориях садоводческих участков и вблизи животноводческих ферм заболевших бешенством и потерявших осторожность лисиц. Высокая восприимчивость к вирусу бешенства, склонность к миграциям, повышенная агрессивность при заболевании в сочетании с высокой плотностью популяций диких плотоядных и быстрой сменой поколений обеспечивают непрерывность эпизоотического процесса в очагах [1].

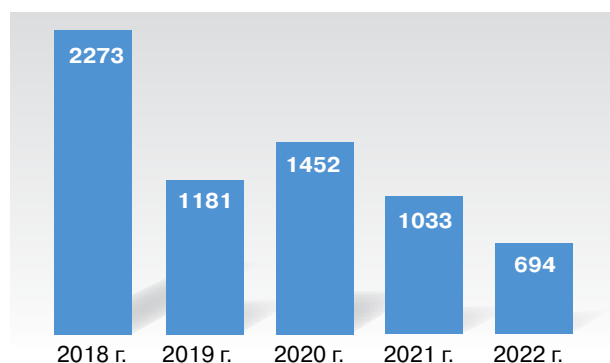
С другой стороны, охватившая многие города России «зоомания» и при этом безответственность и безразличность владельцев домашних животных за поведение и судьбу питомцев привели к бесконтрольному прогрессированию увеличению популяции безнадзорных собак и кошек — как в сельской местности, так и в городах.

Безнадзорные животные становятся резервуаром бешенства городского типа в антропогенных циклах и основной мишенью бешенства лесного типа в природных циклах, а также вектором передачи инфекции человеку. Они приобретают значение важного фактора эпидемиологического риска и должны стать наиболее контролируемым объектом надзора [2].

Начиная с 2012 года на территории России происходил заметный подъем заболеваемости бешенством животных, увеличилось число неблагополучных пунктов

Рис. 1. Количество очагов бешенства на территории РФ с 2018 по 2022 г.

Fig. 1 The number of rabies outbreaks in the territory of the Russian Federation from 2018 to 2022



и возросло абсолютное количество очагов среди диких и домашних плотоядных. Роль домашних животных как переносчиков рабической инфекции из природных очагов в антропогенные условия в первую очередь усугубилась за счет вовлечения в процесс безнадзорных животных [3]. Несмотря на проводимые усилия по борьбе с бешенством, ограничить распространение рабической инфекции и полностью ликвидировать на территории конкретных субъектов РФ до сих пор не удалось. Только в 2018 г. стала появляться тенденция к снижению активности эпизоотии, и в 2022 г. заболеваемость бешенством сократилась в три с лишним раза (рис. 1). Однако из общей положительной динамики исключением оказался 2020 г., когда произошло резкое увеличение числа неблагополучных пунктов (1452) и пали от бешенства 1579 животных [4].

Статистический анализ заболеваемости бешенством животных по федеральным округам показал, что на общие показатели в 2020 г. повлияли высокие результаты, полученные из ЦФО и Приволжского федерального округа (ПФО) (603 и 505 случаев соответственно), что составило более 70% от всех случаев в Российской Федерации.

Цель работы — пространственно-временной анализ эпизоотологических и эпидемиологических результатов мониторинга бешенства животных и выявление основных причин возникновения очагов инфекции на территории ЦФО³ за последние пять лет (2018–2022).

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследования был выбран ЦФО, являющийся самым нестабильным по бешенству регионом уже многие годы. Анализ эпизоотической ситуации проводили согласно современному административно-территориальному делению РФ. ЦФО расположен на западе европейской части Российской Федерации (в зоне смешанных лесов). Климат на всей территории округа умеренно континентальный, средняя температура зависит от широт и колеблется: минус 7–14 °С в январе и плюс 16–22 °С в июле. По данным зоологов, на территории ЦФО имеется самая высокая по стране плотность лисиц, что является главным условием активизации эпизоотического процесса. Ситуация усугубляется еще и тем, что на территории округа расположена одна треть особо охраняемых территорий страны местного

¹ Rabies bulletin Europe // WHO. 2013; 37: 2.

² Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Электронный справочник МКБ-10. 1990–2023.

³ <https://russiaregions.ru/cfo/?ysclid=llcn7mpfl400571600>

и регионального значения, в том числе 12 заповедников и 8 национальных парков. Охотиться можно далеко не во всех заповедниках, что затрудняет поддержание необходимого уровня лесных хищников. В последние годы в связи с сильным развитием Центральной России сокращаются флора и фауна, лесные пожары уничтожают зеленые насаждения, особенно пострадали Рязанская и Тверская области. Это способствовало активизации лесных хищников, природные очаги «лисьего» бешенства стали занимать обширные относительно ровные лесостепные пространства.

Исследования осуществляли в формате систематического анализа, объектом которого являлись официальные данные ежегодных государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации»⁴, информационных бюллетеней Роспотребнадзора⁵, ФГБУ «Центр ветеринарии»⁶, баз данных научных отечественных и зарубежных изданий по бешенству и результаты собственных исследований.

Анализ развития эпизоотии в ЦФО проводили описательно и ретроспективно (2018–2022 гг.).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

С 1995 по 2014 год в России происходил периодический подъем эпизоотии бешенства с расширением ареала, причем наибольшее количество неблагополучных очагов регистрировалось в центре европейской части страны [5]. По данным эпизоотологических исследований, в центре РФ шанс заражения при контакте с инфицированным животным составлял 1:4. ВОЗ отнесла Российскую Федерацию к группе стран со средним уровнем риска заражения человека бешенством [6]. Несмотря на предпринимаемые усилия по борьбе с инфекцией среди животных, случаи заражения и смерти от бешенства людей отмечались ежегодно, за антирабической помощью обращались от 350 до 450 тыс. человек [7].

В 2020 году эпидемическая обстановка в РФ всё еще оценивалась как напряженная [8]. В государственные лаборатории поступило более 11 тыс. патологических материалов для исследования на бешенство, и было получено 1517 положительных результатов.

Площади энзоотических территорий нашей страны огромны и сильно различаются по степени риска возникновения и распространения бешенства животных (рис. 2).

Рис. 2. Распространение бешенства животных на территории федеральных округов РФ в 2021 г. [9]

Fig. 2. The spread of rabies of animals in the federal districts of the Russian Federation in 2021 [9]



ЦФО, располагаясь на небольшой (по сравнению с другими округами) территории, является крупнейшим в России по количеству населения и числу субъектов Федерации. На западе ЦФО граничит с Республикой Беларусь, на юго-западе — с Украиной, на юго-востоке — с ПФО. Все три региона являются неблагоприятными по бешенству.

В Республике Беларусь в течение длительного времени протекает эпизоотия бешенства природного типа. По результатам эпидемиологического анализа особенностей бешенства за 2013–2018 гг., было установлено, что при отсутствии случаев заболеваний людей частота обращения населения за антирабической медицинской помощью вследствие контакта с животными была стабильно высокой — в среднем 18–20 тыс. ежегодно, из них 400–700 человек после контакта с бешеными животными. В 2018 году количество обращений увеличилось в 1,3 раза (по сравнению с предыдущим годом). В 2020 году был зарегистрирован рост бешенства животных на 31,5% и составил 748 случаев (438 — диких, 194 — домашних, 116 — сельскохозяйственных), обращаемость населения после контакта с бешеными животными составила 0,14 на 1000 населения [10]. Наибольшее количество случаев (199) выявлено в Могилевской области, территория которой имеет с Россией более протяженную границу. В начале 2021 года в Беларуси был разработан «Комплексный план мероприятий в 2021–2025 гг. по профилактике заболеваний бешенством среди диких и домашних животных».

Бешенство на Украине (с учетом случаев среди людей, диких и домашних животных) является эндемическим заболеванием. Украина считается единственной территорией в Европе, где ежегодно регистрируются около 1600 случаев бешенства у животных и спорадические случаи у людей. Коллективом авторов в 2019 г. были опубликованы результаты анализа эпизоотологической и эпидемиологической обстановки по бешенству на территории Украины за 1999–2018 гг. Отмечено, что высокая напряженность эпизоотической ситуации по бешенству наблюдается в восточном, северном и центральном регионах Украины, низкая — в западном [11]. С 1970 года на Украине лисицы стали лидерами в эпизоотическом процессе, его дальнейшее развитие стало протекать с цикличностью, характерной для лисьих эпизоотий. Заболеваемость лисиц резко увеличилась. Например, в 2007 г. (по сравнению с 1995-м) почти в 20 раз. Во всех областях численность лисиц уже не поддерживалась на безопасном уровне, а колебалась в пределах трех-пяти особей на 1 га. Начатая в 2001 г. пероральная вакцинация до настоящего времени проводится не в полном объеме [12]. Борьба с заболеваемостью основного источника инфицирования людей, домашних животных проводится главным образом профилактическими прививками. В стране уже давно перестали регистрировать собак, а поскольку нет регистрации, нет и регистрационного сбора — самой результативной меры по сокращению численности собак [13].

ПФО занимает стабильно неблагоприятную по бешенству территорию, где с 2014 г. наблюдается максимальная интенсивность эпизоотии среди диких плотоядных животных. В 2020 году из 1930 исследованных образцов 505 оказались положительными (50% от домашних животных, 30% — от диких, 13% — от сельскохозяйственных). Наибольшее количество случаев бешенства

⁴ https://www.rosпотребнадзор.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=25076

⁵ <https://rospn.gov.ru>

⁶ <https://центр-ветеринарии.рф/o-nas/informatsiya/epizooticheskaya-obstanovka>

животных было в Саратовской (143) и Пензенской (114) областях. В 2021 году в ПФО сложилась еще более сложная ситуация — 32% положительных случаев бешенства от всех результатов по стране, причем наибольшее количество в Саратовской (96), Пензенской (57) и Нижегородской (56) областях. Из 2133 исследованных образцов 385 были положительными [14].

Ежегодный эпизоотический мониторинг бешенства и принимаемые профилактические и оперативные мероприятия в возникающих очагах инфекции, которые ведутся на всей территории РФ, не смогли улучшить сложившуюся на территории ЦФО ситуацию по бешенству, которая сохранялась на очень высоком уровне до 2018 г. В 2019 году бешенство у животных регистрировали во всех субъектах региона, но общее количество заболевших животных снизилось в 2,6 раза (по сравнению с предыдущим годом).

В 2020 году произошел резкий подъем случаев заболевания животных по всей стране, особенно в ЦФО и ПФО. Бешенство в ЦФО регистрировалось по всему округу, в ветеринарные лаборатории поступило 4377 проб патологического материала, наибольшее количество положительных случаев выявили в Московской (94), Владимирской (61), Тамбовской (60), Тверской (57), Ярославской (56) областях.

В 2021–2022 годах ситуация по бешенству в стране стала стабилизироваться, число случаев бешенства животных в 2021 г. (относительно предыдущих лет) в ряде регионов (Белгородская, Курская, Московская, Орловская и Тульская области) сократилось в 4–9 раз (табл. 1).

В 2021 году в целом по округу зафиксировали 258 случаев заболеваний животных: по 1–5 в Курской, Орловской, Тульской областях и г. Москве, максимальное число (41) — в Смоленской области⁷. Исследования показали, что в течение последних пяти лет (2018–2022 гг.) количество заболевших животных в ЦФО составило в среднем по годам $38,1 \pm 6,8\%$ от общих показателей по стране.

Динамика распределения случаев бешенства по видам животных в ЦФО за исследуемый период приведена в таблице 2. Показано, что в 2020 г. количество случаев бешенства среди диких и домашних животных увеличилось на 16,3% и 16,1% соответственно, сельскохозяйственных животных — почти в два раза (по сравнению с предыдущим годом).

Высокие показатели бешенства домашних животных (289) в ЦФО за 2020 г. объединили 172 случая заболевания собак, 117 — кошек, в том числе безнадзорных 18 и 20 соответственно. Можно сделать вывод, что в регионе недостаточно активно проводилась пропаганда о вакцинации домашних и безнадзорных животных и доли иммунизированных животных не хватило для контроля и искоренения собачьего бешенства. Но уже в 2021 г., благодаря вступившим в силу с 1 марта 2021 года «Ветеринарным правилам осуществления профилактических, диагностических и иных мероприятий», утв. Приказом Минсельхоза России 25.11.2020 № 705 (действуют до 1 марта 2027 года), оперативности проведения противоэпизоотических мероприятий в возникающих очагах инфекции и своевременного обеспечения Государственной ветеринарной службы лекарственными препаратами и диагностическими средствами в запланированных объемах, на территории всех субъектов ЦФО было обеспечено поддержание стабильной

Таблица 1. Сравнительный анализ случаев заболевания животных на территории ЦФО относительно общих показателей в РФ в 2018–2022 гг.

Table 1. Comparative analysis of cases of animal disease in the territory of the Central Federal District regarding general indicators in the Russian Federation in 2018–2022.

Год	Общее кол-во заболевших животных		%
	РФ	ЦФО	
2018	2566	1350	52,6
2019	1274	514	40,3
2020	1579	607	38,4
2021	1199	258	21,5
2022	732	277	37,8
<i>M ± m</i>			38,1 ± 6,8%

Таблица 2. Динамика выявления случаев бешенства по видам животных в ЦФО в 2018–2022 гг.

Table 2. The dynamics of detecting cases of rabies by animal species in the Central Federal District in 2018–2022

Тип животных	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Дикие	533	252	293	105	126
Домашние	726	249	289	139	125
Сельскохозяйственные	89	13	25	14	24
Верблюды	2	–	–	–	–
Олени	–	–	–	–	2

эпизоотической ситуации. Резко снизилось количество зафиксированных случаев бешенства животных (почти на 17% от среднего уровня). В Курской, Орловской и Тульской областях этот показатель сократился в десятки раз, что может быть также связано с особенностями динамики эпизоотического процесса, недостатками в организации эпизоотологического мониторинга и лабораторной диагностики бешенства у животных в сельской местности.

Среди домашних животных заражение вирусом, как правило, заканчивается их гибелью. При лесной форме возбудитель циркулирует среди диких плотоядных по типу природно-очаговой инфекции. Хотя эпизоотии бешенства поддерживаются в настоящий период, главным образом, дикими животными, человеку угрожают прежде всего собаки и кошки. За исследуемый период на территории ЦФО от бешенства пострадали несколько человек, основной причиной гибели людей являлось несвоевременное обращение за медицинской помощью после получения травм от животных, что свидетельствует об отсутствии достаточных знаний об опасном и смертельном вирусе бешенства [15, 16].

В ЦФО, как и по всей России, организована работа ветеринарных служб, которые проводят регулярный мониторинг заболеваемости бешенством животных. Для иммунизации диких и бродячих плотоядных в Российской Федерации зарегистрированы и применяются оральные вакцины: «Рабистав» (ФКП «Ставропольская биофабрика», Россия), «Рабивак-О/333» (ОАО «Покровский завод биопрепаратов», Россия), «Синраб» (ФГБУ «ВНИИЗЖ», Россия), «Оралрабивак» (ФКП «Щелковский биокombинат», Россия). Ежегодно проводится антирабическая вакцинация домашних и сельскохозяйственных животных. В РФ зарегистрированы отечественные и зарубежные антирабические моновакцины и комплексные препараты [17].

Долгое время Московскую область относили к стационарно неблагополучным по бешенству регионам ЦФО [18]. В 2018 году был зарегистрирован 191 случай

⁷ Обзор эпизоотолого-эпидемиологической ситуации по бешенству в Российской Федерации в 2020–2021 гг. и I полугодии 2022 г.

заболевания животных (84 — домашних, 106 — диких, 1 — КРС), в 2019 г. их количество снизилось до 107, в 2020-м — до 95, в 2021-м и 2022-м — до 20. Наблюдалась явная тенденция к снижению напряженности бешенства в области. Этому способствовала в первую очередь активная иммунизация животных, являющихся резервуаром, источником и распространителем вируса бешенства, а также контроль безнадзорных животных (в 2021–2022 гг. было зарегистрировано по одному случаю бешенства у бездомных собак).

В таблице 3 приведены данные по вакцинации животных в Московской области за прошедшие четыре года (2018–2021 гг.).

В результате оперативности проведения противоэпизоотических мероприятий в возникающих очагах и плановой вакцинации животных от вируса бешенства, а также своевременного обеспечения Государственной ветеринарной службой лекарственными препаратами и диагностическими средствами в требуемых объемах возможно обеспечить поддержание стабильной эпизоотической ситуации на территории ЦФО и всей Российской Федерации.

Выводы/Conclusion

Анализ эпизоотии бешенства в ЦФО России за 2018–2022 гг. показал, что сложившаяся в округе неблагоприятная обстановка по бешенству зависит от действия сложно регулируемых климатогеографических

Таблица 3. Масштабы вакцинации животных от бешенства в Московской области в 2018–2021 гг.

Table 3. Scale of animal vaccination from rabies in the Moscow region in 2018–2021

Вакцинация	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Парентеральная (домашние и с/х животные, гол.)	550 000	580 440	603 590	649 075
Оральная (дикие и безнадзорные, кол-во приманок)	1 715 000	1 500 000	1 500 000	1 600 000
Вынужденная (в очагах бешенства, гол.)	4655	4641	5113	562

и экологических факторов и эффективности принимаемых конкретных мер по контролю инфекции в региональных и общегосударственных масштабах.

Для повышения эффективности борьбы с бешенством необходим ежегодный мониторинг эпизоотической ситуации на территории ЦФО и в трансграничных регионах со сходными благоприятными условиями для распространения бешенства как в нашей стране, так и за рубежом. Дальнейшая стратегия борьбы с бешенством должна выстраиваться на основе совместных программ, включающих регистрацию (нотификацию) инцидентности эпизоотий, обязательный административный учет, контроль, идентификацию и регламентацию численности домашних, бездомных и диких плотоядных и проведение обязательной вакцинопрофилактики целевых животных.

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

- Макаров В.В. Бешенство. *Российский ветеринарный журнал*. 2017; (1): 27–34. <https://elibrary.ru/xyxqwl>
- Пухова Н.М., Самуйленко А.Я., Еремеч Н.К., Барсуков Ю.И., Захарченко О.А. Способы борьбы с бешенством плотоядных животных. *Ветеринария и кормление*. 2014; (4): 48–50. <https://elibrary.ru/tgdgwd>
- Михайлова В.В., Скворцова А.Н., Шишкин М.С., Лобова Т.П., Киселев В.Л. Эпизоотическая ситуация по бешенству в Российской Федерации с 2010 по 2019 г. *Кролиководство и звероводство*. 2020; (3): 30–34. <https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10304>
- Полещук Е.М., Сидоров Г.Н., Нашатырева Д.Н., Градобоева Е.А., Пакскина Н.Д., Попова И.В. Бешенство в Российской Федерации. *Информационно-аналитический бюллетень*. Омск: КАН. 2019; 110. ISBN 978-5-907156-15-9 <https://elibrary.ru/bouwsw>
- Макаров В.В., Сухарев О.И., Гулюкин А.М., Боев Б.В. Бешенство в Восточной Европе: актуальный вектор развития эпизоотического процесса. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2008; (4): 58–60. <https://elibrary.ru/juyfcj>
- Макаров В.В., Барсуков О.Ю., Барсуков Ю.И., Домский Ю.А. Экодинамика бешенства. *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. 2023; (1): 12–19. <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-1-12-19>
- Картава С.А., Раичич С.Р., Симонова Е.Г. Бешенство в Российской Федерации: современная ситуация и эпидемиологические риски. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2016; (4): 4–8. <https://elibrary.ru/wwwczv>
- Михайлова В.В., Лобова Т.П., Шишкина М.С., Скворцова А.Н., Варенцова А.А. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации в 2020 году. *Аграрная наука*. 2021; (7–8): 52–58. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-52-58>
- Шишкина М.С., Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации в 2021 году. *Аграрная наука*. 2022; (10): 38–43. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-38-43>
- Ханенко О.Н., Коломиец Н.Д., Тонко О.В. Современные тенденции в эпидемиологии бешенства в Республике Беларусь. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2020; 19(5): 41–48. <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2020-19-5-41-48>
- Корниенко Л.Е. и др. Эпизоотологические и эпидемиологические аспекты бешенства на Украине за 1999–2018 гг. *Ветеринария, технологии и природоохранное хозяйство*. 2019; (3): 90–109. <https://doi.org/10.31890/vtp.2019.03.14>

REFERENCES

- Makarov V.V. Rabies. *Russian Veterinary Journal*. 2017; (1): 27–34 (In Russian). <https://elibrary.ru/xyxqwl>
- Pukhova N.M., Samuylenko A.Ya., Eremets N.K., Barsukov Yu.I., Zakharchenko O.A. Ways to combat rabies in carnivores. *Veterinaria i kormlenie*. 2014; (4): 48–50 (In Russian). <https://elibrary.ru/tgdgwd>
- Mikhailova V.V., Skvortsova A.N., Shishkina M.S., Lobova T.P., Kiselev V.L. Epizootic situation on rabies in the Russian Federation from 2010 to 2019. *Krolikovodstvo i zverovodstvo*. 2020; (3): 30–34 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10304>
- Poleshchuk E.M., Sidorov G.N., Nashatyreva D.N., Gradoboeva E.A., Paksina N.D., Popova I.V. Rabies in the Russian Federation. *Information-analytical bulletin*. Omsk: KAN. 2019; 110 (In Russian). ISBN 978-5-907156-15-9 <https://elibrary.ru/bouwsw>
- Makarov V.V., Sukharev O.I., Gulyukin A.M., Boev B.V. Rabies in Eastern Europe: acute vector of epizootic process development. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2008; (4): 58–60 (In Russian). <https://elibrary.ru/juyfcj>
- Makarov V.V., Barsukov O.Yu., Barsukov Yu.I., Domskey Yu.A. Actual Questions of Veterinary Biology. 2023; (1): 12–19 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2074-5036-2023-1-12-19>
- Kartavaya S.A., Raichich S.R., Simonova E.G. Rabies in the Russian Federation: the current situation and epidemiological risks. *Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items*. 2016; (4): 4–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/wwwczv>
- Mikhailova V.V., Lobova T.P., Shishkina M.S., Skvortsova A.N., Varentsova A.A. Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2020. *Agrarian science*. 2021; (7–8): 52–58 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-52-58>
- Shishkina M.S., Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N. Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2021. *Agrarian science*. 2022; (10): 38–43 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-38-43>
- Hanenko O.N., Kolomiets N.D., Tonko O.V. Current Trends in Epidemiology of Rabies in Belarus. *Epidemiology and Vaccination Prevention*. 2020; 19(5): 41–48 (In Russian). <https://doi.org/10.31631/2073-3046-2020-19-5-41-48>
- Kornienko L.E. et al. Epizootological and epidemiological aspects for rabies in Ukraine for the period from 1999 to 2018. *Veterinary science, technologies of animal husbandry and nature management*. 2019; (3): 90–109 (In Russian). <https://doi.org/10.31890/vtp.2019.03.14>

12. Makovska I.F., Nedosekov V.V., Kornienko L.Yu., Novokhatny Yu.O., Nebogatkin I.V., Yustyniuk V.Yu. Retrospective study of rabies epidemiology on Ukraine (1950–2019). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020; 8(1): 36–49. <https://doi.org/10.32819/2020.81007>

13. Антонова Л.А., Маковская И.Ф., Крупинина Т.М. История борьбы с бешенством на Украине со времен Пастера до наших дней. *Актуальна інфектологія*. 2021; 9(1): 11–21. <https://doi.org/10.22141/2312-413X.9.1.2021.228821>

14. Шишкина М.С., Лобова Т.П., Михайлова В.В., Скворцова А.Н., Варенцова А.А. Анализ результатов эпизоотического мониторинга бешенства в Российской Федерации в 2020 году. *Аграрная наука*. 2021; (7–8): 52–58. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-52-58>

15. Зайкова О.Н. и др. Сравнительный молекулярно-генетический анализ изолятов вируса бешенства в РФ: роль кошек. *Ветеринария*. 2020; (3): 21–28. <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.3.21-28>

16. Симонова Е.Г., Сабурова С.А., Левина К.Ю., Шабейкин А.А., Раичич С.Р., Ладный В.И. Современная ситуация и основные направления борьбы и профилактики бешенства в Российской Федерации. *Лечащий врач*. 2019; (6): 74. <https://doi.org/10.26295/OS.2019.72.95.016>

17. Елаков А.Л. Антирабические вакцины, применяемые в Российской Федерации, и перспективы их совершенствования. *Вопросы вирусологии*. 2022; 67(2): 107–114. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-102>

18. Орлова Н.Е., Пономарева М.Е., Леонтьев Л.Б., Леонтьева И.Л. Анализ эпизоотической ситуации по бешенству в Московской области за 2020–2021 гг. *Вестник АПК Ставрополя*. 2022; (4): 20–24. <https://elibrary.ru/djvixf>

12. Makovska I.F., Nedosekov V.V., Kornienko L.Yu., Novokhatny Yu.O., Nebogatkin I.V., Yustyniuk V.Yu. Retrospective study of rabies epidemiology on Ukraine (1950–2019). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2020; 8(1): 36–49. <https://doi.org/10.32819/2020.81007>

13. Antonova L.A., Makovska I.F., Krupinina T.M. The history of rabies control on Ukraine from the time of Pasteur to the present day. *Actual Infectology*. 2021; 9(1): 6–16 (In Russian). <https://doi.org/10.22141/2312-413X.9.1.2021.228821>

14. Shishkina M.S., Lobova T.P., Mikhailova V.V., Skvortsova A.N., Varentsova A.A. Analysis of the results of epizootic monitoring of rabies in the Russian Federation in 2020. *Agrarian science*. 2021; (7–8): 52–58 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-52-58>

15. Zaykova O.N. et al. A comparative molecular-genetic analysis of rabies virus in Russian Federation: rabies in cats. *Veterinary Medicine*. 2020; (3): 21–28 (In Russian). <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.3.21-28>

16. Simonova E.G., Saburova S.A., Levina K.Yu., Shabaykin A.A., Raichich S.R., Ladnyi V.I. The modern situation and the main directions of fighting and prevention of rabies in the Russian Federation. *Lechaschi Vrach*. 2019; (6): 74 (In Russian). <https://doi.org/10.26295/OS.2019.72.95.016>

17. Elakov A.L. Anti-rabies vaccines applied in the Russian Federation and perspectives for their improvement. *Problems of Virology*. 2022; 67(2): 107–114 (In Russian). <https://doi.org/10.36233/0507-4088-102>

18. Orlova N.E., Ponomareva M.E., Leontiev L.B., Leontyeva I.L. Analysis of the epizootic situation on rabies in the Moscow region for 2020–2021. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2022; (4): 20–24 (In Russian). <https://elibrary.ru/djvixf>

ОБ АВТОРАХ

Ольга Владимировна Анисина¹,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунологии
Anisina-olga@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5167-3385>

Нина Михайловна Пухова¹,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии и вирусологии
pnm45@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4907-031X>

Олеся Анатольевна Богомолова¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммунологии
noo_vnitibp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6442-226X>

Софья Владимировна Конкина¹,

инженер-исследователь лаборатории иммунологии
Sofi.konkina@yandex.ru

Анна Владимировна Паршикова²,

научный сотрудник лаборатории эпизоотологии
admin@viev.ru
<https://orcid.org/0000-0061-9263>

Ангелина Дмитриевна Филимонова²,

младший научный сотрудник лаборатории эпизоотологии
admin@viev.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

¹ Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, пос. Биокомбината, 17, г. о. Лосино-Петровский, 141142, Россия

² 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

ABOUT THE AUTHORS

Olga Vladimirovna Anisina¹,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher Laboratory of Immunology
Anisina-olga@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5167-3385>

Nina Mikhailovna Pukhova¹,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher Laboratory of Molecular Biology and Virology
pnm45@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4907-031X>

Olesya Anatolyevna Bogomolova¹,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher Laboratory of Immunology
noo_vnitibp@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6442-226X>

Sofya Vladimirovna Konkina¹,

Research Engineer Laboratory of Immunology
Sofi.konkina@yandex.ru

Anna Vladimirovna Parshikova²,

Researcher Laboratory of Epizootology
admin@viev.ru
<https://orcid.org/0000-0061-9263>

Angelina Dmitrievna Filimonova²,

Junior Researcher Laboratory of Epizootology
admin@viev.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4357-9310>

¹ All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, 17 Biokombinat village, Losino-Petrovsky urban district, Moscow, 141142, Russia

² All-Russian Research Institute of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Skryabin and Y.R. Kovalenko of the RAS, 24 Ryazan prospect, Moscow, 109428, Russia

А.Г. Галеева¹ ✉,
Ш.М. Насыров¹,
Г.С. Кашеваров¹,
М.А. Ефимова^{1,2},
З.З. Алеева¹,
Г.С. Арутюнян¹,
Г.М. Яруллина¹,
Р.М. Ахмадеев¹,
В.В. Сальников³

¹ Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Россия

² Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, Казань, Россия

³ Казанский институт биохимии и биофизики — обособленное подразделение ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

✉ antonina-95@yandex.ru

Поступила в редакцию:
11.05.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-32-37

Antonina G. Galeeva¹ ✉,
Shamil M. Nasyrov¹,
Gleb S. Kashevarov¹,
Marina A. Efimova^{1,2},
Zamiliya Z. Aleeva¹,
Guzaliya S. Arutyunyan¹,
Gelfirya M. Yarullina¹,
Rafail M. Akhmadeev¹,
Vadim V. Salnikov³

¹ Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia

² Kazan state academy of veterinary medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

³ Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics is a separate subdivision of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

✉ antonina-95@yandex.ru

Received by the editorial office:
11.05.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Иммунохроматографическая тест-система для экспресс-диагностики бешенства

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Бешенство (лат. *rabies*) входит в группу трансмиссивных вирусных зооантропонозов, глобально влияющих на здравоохранение и общественную экономику. В Российской Федерации, согласно ГОСТ 26075-2013, для диагностики бешенства приоритетен метод вирусовыделения с последующей детекцией методом флуоресцирующих антител (МФА), однако призыв Всемирной организации здравоохранения к отказу от исследований с применением животных делает актуальными дальнейшую разработку и совершенствование диагностических методов *in vitro*.

Цель исследования. Конструирование тест-системы на основе иммунохроматографического анализа (ИХА) для экспресс-диагностики бешенства.

Методы. Наночастицы коллоидного золота (НЧКЗ) с оптимальным диаметром (25–30 нм) были синтезированы посредством цитратного восстановления золотохлористоводородной кислоты и морфометрически охарактеризованы по результатам просвечивающей электронной микроскопии. Конъюгация НЧКЗ с антирабическими антителами осуществлена методом нековалентной сшивки, в результате чего были получены стабильные конъюгаты с коэффициентом иммобилизации $91,8 \pm 1,7\%$.

Результаты. Применялась классическая схема прямого (сэндвичного) ИХА, при котором жидкая фаза (образец, содержащий искомый антиген) связывается с мечеными специфическими антителами и в процессе миграции по твердой фазе образует в тестовой зоне окрашенный комплекс с нанесенными специфическими антителами («сэндвич» НЧКЗ-антитело — антиген — антитело). Постановка ИХА осуществлялась с положительными, отрицательными и гетерологичными антигенами. Итоговые данные исследования образцов методом ИХА находились в прямой корреляции с результатами иммуноферментного анализа (ИФА) и МФА и демонстрировали 100%-ную специфичность. Представленные данные подтверждают функциональность ИХА для детекции антигена вируса бешенства в патологическом материале.

Ключевые слова: бешенство, серологическая диагностика, экспресс-диагностика, иммунохроматографический анализ, гликопротеин вируса бешенства

Для цитирования: Галеева А.Г. и др. Иммунохроматографическая тест-система для экспресс-диагностики бешенства. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 32–37. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-32-37>

© Галеева А.Г., Насыров Ш.М., Кашеваров Г.С., Ефимова М.А., Алеева З.З., Арутюнян Г.С., Яруллина Г.М., Ахмадеев Р.М., Сальников В.В.

Immunochromatographic test-system for express diagnostics of rabies

ABSTRACT

Relevance. Rabies is included in the group of transmissible viral zoonoses that globally affect public health and the public economy. In Russian Federation, according to the State Standard 26075-2013, the method of virus isolation is a priority for the diagnosis of rabies, followed by detection by the method of fluorescent antibodies (MFA), however, the call of the World Health Organization to abandon research using animals makes it relevant to further develop and improve diagnostic methods *in vitro*.

The purpose of the study. Designing a test system based on immunochromatographic analysis (IHA) for rapid diagnosis of rabies.

Methods. Colloidal gold nanoparticles (CGN) with an optimal diameter (25–30 nm) were synthesized by citrate reduction of chloroauric acid and morphometrically characterized by the results of transmission electron microscopy. The conjugation of CGN with anti-rabies antibodies was carried out by non-covalent cross-linking, as a result of which stable conjugates were obtained with an immobilization coefficient of $91.8 \pm 1.7\%$.

Results. The classical scheme of direct (sandwich) was used IHA, in which the liquid phase (a sample containing the desired antigen) binds to labeled specific antibodies and, during migration through the solid phase, forms a colored complex with applied specific antibodies in the test zone («sandwich» NCHKZ-antibody — antigen — antibody). ICA was performed with positive, negative and heterologous antigens. The results of the study of samples by ICA were in direct correlation with the results of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and MFA and demonstrated 100% specificity. The presented data confirm the functionality of ICA for the detection of rabies virus antigen in pathological material.

Key words: rabies, serological diagnostics, express diagnostics, immunochromatographic assay, rabies virus glycoprotein

For citation: Galeeva A.G. et al. Immunochromatographic test-system for express diagnostics of rabies. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 36–37 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-32-37>

© Galeeva A.G., Nasyrov Sh.M., Kashevarov G.S., Efimova M.A., Aleeva Z.Z., Arutyunyan G.S., Yarullina G.M., Akhmadeev R.M., Salnikov V.V.

Введение/Introduction

Бешенство (лат. *rabies*) входит в группу трансмиссивных вирусных зооантропонозов, глобально влияющих на здравоохранение и общественную экономику [1]. Несмотря на низкие показатели заболеваемости людей гидрофобией в Российской Федерации (до 10 человек в год), в среднем около 400 тыс. подвергаются нападению подозрительных по заболеванию животных [2, 3], что свидетельствует о сохранении напряженной эпизоотолого-эпидемиологической ситуации на территории ряда регионов страны.

Согласно ГОСТ 26075-2013¹, для диагностики бешенства приоритетны МФА на культуре клеток, ИФА, реакция диффузной преципитации (РДП), полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР). «Золотым стандартом» является биологическая проба на белых мышцах с последующей индикацией вирусного антигена в МФА [4], однако метод, несмотря на свою достоверность и чувствительность, требует использования животных и характеризуется длительными сроками получения результата [5]. Наблюдается тенденция к отказу от исследований с применением животных делает актуальными дальнейшую разработку и совершенствование диагностических методов *in vitro*. Одним из перспективных экспресс-методов является иммунохроматографический анализ (ИХА), обладающий рядом преимуществ: низкой стоимостью, простотой проведения анализа, стабильностью при транспортировке без холодильной цепи, что делает его идеальным вариантом для первичной диагностики персоналом, не имеющим специальной квалификации [6, 7]. В ряде стран Азии и Африки, эндемичных по бешенству, тест-системы на основе ИХА широко используются для первичного мониторинга бешенства [7–9].

ИХА основан на движении элюента вдоль мембраны (метод бокового потока), которая сопровождается образованием на разных ее участках специфических иммунокомплексов, детектируемых в виде окрашенных полос. Для формирования визуального сигнала в тестах используются ферментные, латексные и металлические метки, наиболее распространенными среди которых являются наночастицы коллоидного золота (НЧКЗ). Метки на основе коллоидного золота в настоящее время широко применяются для индикации антигенов возбудителей бактериальных, вирусных, паразитарных и грибковых заболеваний, токсинов, растительных антигенов, а также для дот-блот гибридизации [10].

Цель исследования — конструирование иммунохроматографической тест-системы для экспресс-диагностики бешенства.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проведены в лаборатории вирусных антропозоонозов ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности» («ФЦТРБ-ВНИВИ», Казань, Россия) в 2022–2023 гг.

Выделение гликопротеина вируса бешенства. Вирус бешенства (штамм «Овечий» ВГНКИ, коллекция ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ») с инфекционным титром ($6,23 \pm 0,1$) lg LD₅₀/0,03 мл культивировали на клетках почки

сирийского хомячка (БНК-21/13) при множественности инфицирования (МОИ) 0,01. Через 72 ч. культивирования клеточные монослои подвергали трехкратному криолизу, клеточный дебрис осаждали при 4000 g в течение 30 мин., после чего осветленный супернатант ультрацентрифугировали при 30 000 g в течение 4 ч. на центрифуге Optima XE-100 (Beckman Coulter, США). Вторичный супернатант подвергали очистке методом гель-фильтрации с поэтапным контролем очистки вируса посредством аналитического disc-электрофореза и вестерн-блоттинга [11].

Получение антирабических глобулинов. За основу выделения γ-глобулиновой фракции из пула сывороток овец, иммунизированных рабическим гликопротеином, был взят классический метод переосаждения раствором сульфата аммония (5,9 М, pH 5,4) из расчета 50% конечного насыщения [12]. Процедура переосаждения глобулинов проводили трижды, при каждом цикле исходный объем растворяемого осадка после центрифугирования при 5000 g уменьшали на 25%. Осадок промывали в растворе 2,78 М сульфата аммония, после чего проводили исчерпывающий диализ против 0,025 М трис-HCl буфера (pH 7,8). Конечные глобулиновые фракции подвергались концентрированию в закрытых диализных мешках при отрицательном давлении (-500 мБар) и хроматографической очистке на ДЭАЭ-целлюлозе со скоростью элюции 0,7 мл/мин. Специфичность полученных глобулинов определяли методом стрипового вестерн-блота с использованием контрольного антигена вируса бешенства.

Синтез наночастиц коллоидного золота. Наночастицы коллоидного золота (НЧКЗ) с диаметром 25–30 нм получали из золотохлористоводородной кислоты (ЗХВК) модифицированным методом цитратного синтеза по Френсу², при этом объемы 1%-ного раствора ЗХВК и 1%-ного раствора цитрата натрия составляли 0,58 мл и 0,72 мл соответственно (на 50 мл золя). После синтеза золь охлаждали до комнатной температуры и доводили pH до 9,0 при помощи 0,2 М K₂CO₃. Гомогенность золя и размерность НЧКЗ контролировали микроскопически.

Просвечивающая электронная микроскопия. Образцы золя золота наносили на медные сетки с подложкой из пиолоформа и высушивали. Съемку НЧКЗ осуществляли в просвечивающем электронном микроскопе JEM-100CX (JEOL Ltd., Япония) на увеличении 50 тыс. при ускоряющем напряжении 80 кВ. Измерения НЧКЗ проводили в программе ImageJ/FIJI³ [13].

Измеряли все частицы, индивидуально обнаруживаемые в зрительном поле, при условии, что граница частицы просматривается по всему периметру и не формирует слитный силуэт с соседней частицей. Дополнительно рассчитывали коэффициент округлости частиц по формуле:

$$C = 4 \pi \times \left(\frac{S}{P} \right)^2,$$

где C — коэффициент округлости, S — площадь, P — периметр.

Конъюгация наночастиц коллоидного золота с глобулинами. Предварительную характеристику связывания НЧКЗ с антителами определяли по стабилизации конъюгатов в солевом растворе согласно Сотникову и соавт.⁴.

¹ ГОСТ 26075-2013 Межгосударственный стандарт. Животные. Методы лабораторной диагностики бешенства.

² Богачева Н.В., Смирнова Д.Н., Дармов И.В., Крупина К.А. Патент RU 2644466 C2. Способ получения наночастиц коллоидного золота диаметром 25–30 нм. Опубликовано 12.02.2018.

³ <https://fiji.sc/> Fiji разрабатывается участниками со всего мира и финансируется из различных источников. Он поддерживается группой Eliceiri/LOCi в Университете Висконсин-Мэдисон, группой Jug в Human Technopole в Милане и лабораторией Tomancak в MPI-CBG в Дрездене.

Стабилизирующую концентрацию определяли как концентрацию белка в точке выхода на плато флокуляционной кривой с превышением значения концентрации на 10% [14]. Далее к 10 мл золя золота (pH 9,0–9,5) добавляли по каплям раствор белка с выбранной концентрацией и инкубировали в течение 30 мин. при комнатной температуре с периодическим перемешиванием. По завершении конъюгации к смеси для блокирования несвязавшихся сайтов НЧКЗ и стабилизации препарата добавляли 0,25 мл 4%-ного раствора ПЭГ-20000 и БСА до конечной концентрации 0,25%. Для отделения несвязавшихся антител конъюгат осаждали в течение 30 мин. при 8000 g при +4 °C. Осадок ресуспендировали в 1 мл ФБР и хранили при +4 °C с добавлением NaN_3 . Для оценки эффективности иммобилизации глобулинов на НЧКЗ 200 мкл калибровочных растворов белка добавляли к 200 мкл НЧКЗ и инкубировали 1 час при комнатной температуре, после чего центрифугировали при 12 000 g. Количество свободных IgG в надосадке оценивали методом количественного НИФА.

Сборка мультимембранного композита и постановка иммунохроматографического анализа. Для проведения ИХА в прямом (сэндвичном) варианте был собран мультимембранный композит из мембран MDI Easypack (MDI, Индия) в следующем порядке: на аналитической мембране CNPF-SN12-L2-P25 со скоростью потока 2 см/мин, закрепленной на пластиковой подложке, формировали тестовую (антирабические глобулины барана) и контрольную (афинно-очищенные антиидовые антитела кролика против барана (ООО «Имтек», Россия) зоны. К нижнему краю подложки крепили мембрану для образца GFB-R4 и стекловолоконную подложку PT-R5, пропитанную нанозолотым конъюгатом и высушенную в течение 20 ч. при комнатной температуре, к верхнему краю — адсорбирующую мембрану AP080. Собранные композиты размещали в пластиковых микроассетах, после чего осуществляли постановку ИХА путем нанесения в соответствующую зону анализируемого образца в объеме 100 мкл. Результаты регистрировали визуально в течение 3 мин.

Валидация результатов. О специфичности ИХА судили по количеству совпадений отрицательных результатов (в процентном отношении) тестирования 20 образцов стандартной диагностической панели с результатами их исследования в непрямом ИФА и РИФ. Для оценки специфичности в исследуемую панель были включены 10 образцов, в которых вирусный антиген не был выявлен ни одним из вышеперечисленных методов, а также 10 образцов, полученных из головного мозга мышей, экспериментально зараженных эпизоотическим

штаммом вируса болезни Ауески «Арский» (инфекционный титр $3,0 \pm 0,2 \text{ Ig LD}_{50} / 0,03 \text{ мл}$).

Статистический анализ. Обработку первичных данных и статистические тесты проводили с использованием пакетов программ MS Excel и Statistica 6.0 (StatSoft, США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Характеристики синтезированных наночастиц коллоидного золота. Имеются сведения, что основными недостатками большинства методов, основанных на химическом восстановлении ЗХВК, являются широкий диапазон размерностей частиц и ограниченная стабильность золей [10], однако метод Френса позволяет получить относительно монодисперсные НЧКЗ диаметром 10–60 нм. Выбор определенного расчетного диаметра НЧКЗ был сделан исходя из того, что он существенно влияет на эффективность мечения. Так, наиболее распространенными в биотехнологическом применении являются НЧКЗ диаметром 20–40 нм.

На первом этапе исследований была синтезирована и морфометрически охарактеризована экспериментальная партия золей золота, параметры НЧКЗ в которых указаны в таблице 1 и на рисунке 1.

Из таблицы 1 видно, что цитратный синтез по протоколу получения НЧКЗ с прогнозируемым диаметром 25–30 нм позволяет получить НЧКЗ с фактическим диаметром $26,5 \pm 3,5$ (95% CI 26,0–26,9), а основное количество частиц попадает в размерный класс 25–30 нм (рис. 1), что позволяет определить их как кондиционные и пригодные для дальнейшей конъюгации с антителами. Согласно данным электронной микроскопии, полученные частицы относительно однородны по размеру

Рис. 1. Распределение НЧКЗ по размерным классам

Fig. 1. Distribution of CGN by size classes

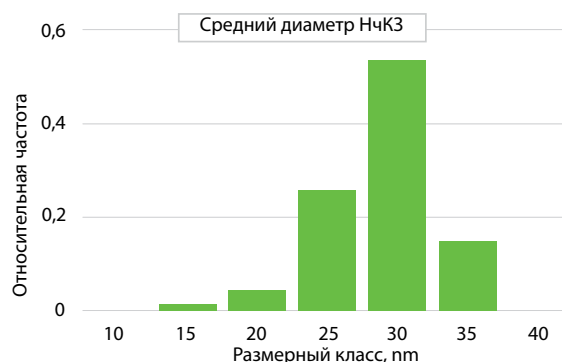


Таблица 1. Размерные характеристики синтезированных НЧКЗ (на основании 325 промеров)

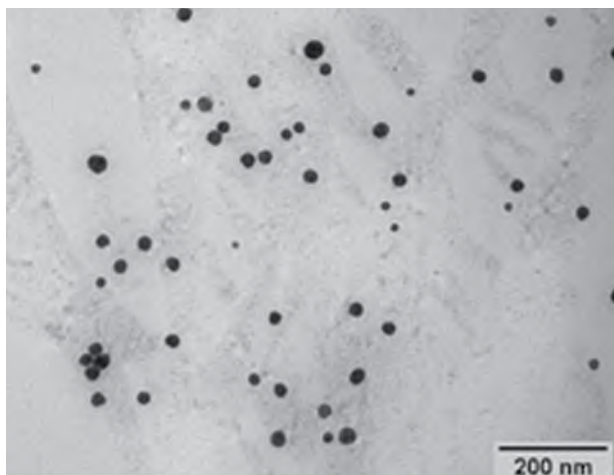
Table 1. Dimensional characteristics of the synthesized CGN (based on 325 measurements)

Показатель	Значение ($M \pm m$)	95%-ный доверительный интервал
Калиперометрический диаметр, нм	$27,9 \pm 4,1$	27,4–28,3
Калиперометрический диаметр (малый), нм	$25,1 \pm 3,8$	24,6–25,5
Среднее малых и больших диаметров, нм	$26,5 \pm 3,5$	26,0–26,9
Площадь, нм^2	$540,4 \pm 151,8$	523,8–556,9
Периметр, нм	$100,2 \pm 15,8$	98,5–101,9
Коэффициент округлости	$0,7 \pm 0,1$	0,7–0,7

⁴ Sotnikov D.V., Radchenko A.S., Zherdev A.V., Dzantiev B.B. Determination of the composition and functional activity of the conjugates of colloidal gold and antibodies. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*. 2016; 11(3): 169–179. <https://www.elibrary.ru/xfozcf>

Рис. 2. Микрофотография лабораторного образца НЧКЗ (просвечивающий электронный микроскоп JEM-100CX (JEOL Ltd., Япония))

Fig. 2. Micrograph of CGN laboratory sample (transmission electron microscope «JEM-100CX» («JEOL Ltd.», Japan))



и форме и не образуют конгломератов, что свидетельствует об их стабильности (рис. 2).

Получение конъюгатов наночастиц коллоидного золота с антирабическими антителами. Конъюгирование НЧКЗ с белками — сложный многофакторный процесс; протоколы получения подобных конъюгатов основываются преимущественно на эмпирических представлениях, противоречиво характеризующих процесс иммобилизации. Известно, что оптимальный состав конъюгата антител с НЧКЗ, обладающего максимальной аффинностью взаимодействия в иммунохимических реакциях, зависит от индивидуальных особенностей иммобилизуемого глобулинового препарата [15, 16]. Так, на втором этапе исследований была осуществлена иммобилизация антирабических антител на поверхности НЧКЗ методом прямой (нековалентной) сорбции. Применяемый лабораторный образец антирабического иммуноглобулина имел активность (предельный титр) в непрямом ИФА — 1:20480, в реакции нейтрализации флуоресцирующими антителами (модификация FAVN) — $(8,2 \pm 0,7)$ МЕ/мл, а также не проявлял кросс-реактивности с гетерологичными антигенами. Количественные характеристики процесса иммобилизации представлены в таблице 2.

Постановка иммунохроматографического анализа. Проведение ИХ-серодиагностики может быть реализовано в нескольких вариантах, которые отличаются

Таблица 2. Количественные характеристики процесса иммобилизации антирабических антител на НЧКЗ
Table 2. Quantitative characteristics of the process of immobilization of anti-rabies antibodies on CGN

Наименование показателя	Значение
«Золотое число» (минимальная стабилизирующая концентрация белка по флоккуляционной кривой), мкг/мл	$15,4 \pm 0,2$
Концентрация вносимого белка при конъюгации, мкг/мл	$60,2 \pm 0,9$
Концентрация белка в надосадке после конъюгации, мкг/мл	$4,9 \pm 0,2$
Коэффициент иммобилизации, %	$91,8 \pm 1,7$

Таблица 3. Результаты тестирования образцов методами ИХА, ИФА и МФА

Table 3. Results of testing samples by ICA, ELISA and MFA

Образец	Результаты тестирования		
	ИХА (наличие окрашенного комплекса в тестовой зоне)	Оптическая плотность (ОП) в ИФА, опт. ед. (ОЕ)	МФА (по 4-крестовой системе)
1	+	$0,959 \pm 0,051$	4+
2	+	$1,068 \pm 0,099$	4+
3	+	$0,767 \pm 0,043$	3+
4	+	$0,812 \pm 0,071$	3+
5	+	$1,233 \pm 0,112$	4+
6	+	$0,933 \pm 0,032$	4+
7	+	$0,634 \pm 0,021$	3+
8	+	$0,431 \pm 0,019$	2+
9	+	$0,514 \pm 0,037$	3+
10	–	$0,232 \pm 0,019$	+
11	–	$0,059 \pm 0,009$	–

порядком образования иммунокомплексов на мембранах, а следовательно, и составом НЧКЗ-меченого комплекса [14]. В исследовании применялась классическая схема прямого (сэндвичного) ИХА, при котором жидкая фаза (образец, содержащий искомым антиген) связывается с мечеными специфическими антителами и в процессе миграции по твердой фазе образует в тестовой зоне окрашенный комплекс с нанесенными специфическими антителами («сэндвич» НЧКЗ-антитело — антиген — антитело). Результаты сравнительного тестирования образцов стандартной диагностической панели методами ИХА, ИФА и МФА представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что при исследовании 9 из 10 заведомо положительных (в ИФА и МФА) образцов методом ИХА результаты демонстрировали высокую корреляцию (во всех случаях в тестовых зонах мембран наблюдалось формирование иммунокомплекса в виде дискретных полос разной степени насыщенности). Наиболее яркие (сопоставимые с окрашиванием контрольной зоны) тестовые полосы формировались при исследовании явно положительных образцов, для которых характерна ОП в ИФА в диапазоне $0,412$ – $1,345$ ОЕ, а также флуоресценция специфических комплексов в МФА, оцениваемая не менее чем в три креста (3+). Внешний вид иммунохроматографической тест-системы (на примере результата реакции с положительным образцом) представлен на рисунке 3.

Рис. 3. Внешний вид иммунохроматографической тест-системы (на примере результата реакции с положительным образцом № 7 из диагностической панели)

Fig. 3. External view of the immunochromatographic test system (on the example of the reaction result of positive sample No. 7 from the diagnostic panel)



образцом № 7 из диагностической панели) представлен на рисунке 3.

Образец № 10 с ОП ($0,232 \pm 0,019$) ОЕ, соответствующей «зоне сомнительных результатов» для используемой ИФА-тест-системы, в ИХА не реагировал, что объясняется меньшим содержанием антигена, а также заведомо более высоким порогом чувствительности ИХА-теста относительно аналогичных реакций в жидкой фазе [16]. При тестировании подборки отрицательных образцов, а также гетерологичных антигенов сопоставимость результатов составила 100%, что свидетельствует об отсутствии ложноположительных реакций и кросс-реактивности.

Выводы/Conclusion

В результате исследований был сконструирован прототип иммунохроматографической тест-системы для экспресс-диагностики бешенства животных. Ее первичные испытания подтвердили функциональность

предлагаемого подхода для экспресс-индикации антигена вируса бешенства в образцах патологического материала: при исследовании образцов диагностической панели ИХА продемонстрировал прямую корреляцию с результатами ИФА и МФА, отсутствие ложноположительных реакций и кросс-реактивности. Однако образцы, характеризующиеся меньшим содержанием антигена и оптической плотностью, соответствующей зоне «сомнительных результатов» в ИФА, демонстрировали отрицательный результат в ИХА. Исходя из этого, в контексте дальнейших исследований актуальна задача снижения порога чувствительности тест-системы, которая может быть решена усилением контраста между тестовой и контрольной зонами путем взаимодействия иммунозолотого маркера с атомами серебра (silver enhancement), а также применением инструментальной регистрации результатов.

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

- Новикова Е.Н., Коба И.С., Скориков А.В. Мониторинг бешенства животных в Краснодарском крае и Российской Федерации. *Ветеринария, зоотехника и биотехнология*. 2022; (11): 69–75. <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202211009>
- Ботвинкин А.Д. и др. Возвращение бешенства после многолетнего межэпизоотического периода (Амурская область, Россия). *Ветеринария сегодня*. 2022; 11(4): 309–318. <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-4-309-318>
- Ахметзянова Н.М., Свадеб Я.С. Бешенство: на пути от эпидемии к экологической болезни. *Архитектура здоровья*. 2020; (1): 18–29. <https://www.elibrary.ru/uljcos>
- Webster L.T., Dawson, Jr. J.R. Early Diagnosis of Rabies by Mouse Inoculation. Measurement of Humoral Immunity to Rabies by Mouse Protection Test. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1935; 32(4): 570–573. <https://doi.org/10.3181/00379727-32-7767P>
- Гаврилова Ю.К., Генералов С.В., Абрамова Е.Г., Никифоров А.К. Методы *in vitro* для выявления вируса бешенства и оценка их использования в производстве антирабического иммуноглобулина. *БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение*. 2021; 21(2): 76–84. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-2-76-84>
- Peng D.P. *et al.* Comparison of a new gold-immunochromatographic assay for the detection of antibodies against avian influenza virus with hemagglutination inhibition and agar gel immunodiffusion assays. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(1–2): 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.01.022>
- Tenzin T. *et al.* Evaluation of a rapid immunochromatographic test kit to the gold standard fluorescent antibody test for diagnosis of rabies in animals in Bhutan. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 183. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02405-4>
- Kasempimolporn S., Saengseesom W., Huadsakul S., Boonchang S., Sitprija V. Evaluation of a rapid immunochromatographic test strip for detection of Rabies virus in dog saliva samples. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2011; 23(6): 1197–1201. <https://doi.org/10.1177/1040638711425576>
- Nishizono A. *et al.* A simple and rapid immunochromatographic test kit for rabies diagnosis. *Microbiology and Immunology*. 2008; 52(4): 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2008.00031.x>
- Дыкман Л.А., Хлебцов Н.Г. Золотые наночастицы в биологии и медицине: достижения последних лет и перспективы. *Acta Naturae*. 2011; 3(2): 36–58. <https://www.elibrary.ru/oxkwbj>
- Ефимова М.А., Ахмадеев Р.М., Галеева А.Г., Валеева А.Р., Мифтахов Н.Р., Мукминов М.Н., Хаертенов К.С., Шуралев Э.А. Выделение гликопротеина вируса бешенства методом трехфазной экстракции и характеристика его антигенных свойств. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2022; 1: 86–93. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2022-1-86-93>
- Efimova M.A., Shamaev N.D., Shuralev E.A., Mukhamedzhanova A.G., Khaertynov K.S. Optimization of the conditions for preparation of antirabic diagnostic globulins. *Asian Journal of Pharmaceutics*. 2018; 12(4): 1384–1389.
- Schindelin J. *et al.* Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*. 2012; 9(7): 676–682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Hermanson G.T. *Bioconjugate Techniques*. 3rd ed. New York: Academic Press. 2013; 1200. ISBN 9780123822390

REFERENCES

- Novikova E.N., Koba I.S., Skorikov A.V. Monitoring of animal rabies in the Krasnodar Territory and the Russian Federation. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2022; (11): 69–75 (In Russian). <https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202211009>
- Botvinkin A.D. *et al.* Rabies re-emergence after long-term disease freedom (Amur Oblast, Russia). *Veterinary Science Today*. 2022; 11(4): 309–318 (In Russian). <https://doi.org/10.29326/2304-196X-2022-11-4-309-318>
- Akhmetzyanova N.M., Svadeba Ya.S. Rabies: on the way from epidemic to exotic disease. *Arkhitectura zdorov'ya*. 2020; (1): 18–29 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uljcos>
- Webster L.T., Dawson, Jr. J.R. Early Diagnosis of Rabies by Mouse Inoculation. Measurement of Humoral Immunity to Rabies by Mouse Protection Test. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*. 1935; 32(4): 570–573. <https://doi.org/10.3181/00379727-32-7767P>
- Gavrilova Yu.K., Generalov S.V., Abramova E.G., Nikiforov A.K. *In vitro* methods for rabies virus detection, and evaluation of their use in the production of rabies immunoglobulin. *BIOPreparations. Prevention, Diagnosis, Treatment*. 2021; 21(2): 76–84 (In Russian). <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-2-76-84>
- Peng D.P. *et al.* Comparison of a new gold-immunochromatographic assay for the detection of antibodies against avian influenza virus with hemagglutination inhibition and agar gel immunodiffusion assays. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2007; 117(1–2): 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.01.022>
- Tenzin T. *et al.* Evaluation of a rapid immunochromatographic test kit to the gold standard fluorescent antibody test for diagnosis of rabies in animals in Bhutan. *BMC Veterinary Research*. 2020; 16: 183. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02405-4>
- Kasempimolporn S., Saengseesom W., Huadsakul S., Boonchang S., Sitprija V. Evaluation of a rapid immunochromatographic test strip for detection of Rabies virus in dog saliva samples. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 2011; 23(6): 1197–1201. <https://doi.org/10.1177/1040638711425576>
- Nishizono A. *et al.* A simple and rapid immunochromatographic test kit for rabies diagnosis. *Microbiology and Immunology*. 2008; 52(4): 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2008.00031.x>
- Dykman L.A., Khlebtsov N.G. Gold nanoparticles in biology and medicine: recent advances and prospects. *Acta Naturae*. 2011; 3(2): 34–55. <https://www.elibrary.ru/oxkwbj>
- Efimova M.A., Akhmadeev R.M., Galeeva A.G., Valeeva A.R., Miftakhov N.R., Mukminov M.N., Khaertynov K.S., Shuralev E.A. Isolation of Rabies Virus Glycoprotein Using Three-Phase Extraction and Characteristics of its Antigenic Properties. *Problems of Particularly Dangerous Diseases*. 2022; 1: 86–93 (In Russian). <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2022-1-86-93>
- Efimova M.A., Shamaev N.D., Shuralev E.A., Mukhamedzhanova A.G., Khaertynov K.S. Optimization of the conditions for preparation of antirabic diagnostic globulins. *Asian Journal of Pharmaceutics*. 2018; 12(4): 1384–1389.
- Schindelin J. *et al.* Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*. 2012; 9(7): 676–682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
- Hermanson G.T. *Bioconjugate Techniques*. 3rd ed. New York: Academic Press. 2013; 1200. ISBN 9780123822390

15. Сотников Д.В., Бызова Н.А., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б. Количественные закономерности иммобилизации антител на золотых наночастицах: изучение состава и функциональной активности. *Современная химическая физика на стыке физики, химии и биологии. Сборник тезисов Международной научной конференции*. Черноголовка: Институт проблем химической физики РАН. 2021; 283, 284. <https://www.elibrary.ru/fyiabj>

16. Ярков С.П., Третьяков С.И., Шаулина Е.К., Бровкина А.Н., Храмов Е.Н. Повышение чувствительности иммунохроматографических тестов для выявления возбудителя сибирской язвы и стафилококкового энтеротоксина типа В на основе усиления серебром и инструментальной регистрации. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2019; 21(3): 454–463. <https://www.elibrary.ru/ksfst>

ОБ АВТОРАХ

Антонина Глебовна Галеева¹,
кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник
antonina-95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>

Шамиль Минесалихович Насыров¹,
кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник
shamyl777@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9483-8383>

Глеб Сергеевич Кашеваров¹,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
kaschewarow@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4520-7596>

Марина Анатольевна Ефимова^{1, 2},
• доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник¹
• доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник²
marina-2004r@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0908-4058>

Замиля Загитовна Алеева¹,
младший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0001-6205-9460>

Гузалия Салиджановна Арутюнян¹,
младший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-9146-6855>

Гельфия Минзагитовна Яруллина¹,
младший научный сотрудник
<https://orcid.org/0000-0002-0413-5936>

Рафаил Мазитович Ахмадеев¹,
кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник
ahm_rafail@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1732-6977>

Вадим Владимирович Сальников³,
доктор биологических наук, профессор, заведующий кабинетом электронной микроскопии
salnikov_russ@yahoo.com
<http://orcid.org/0000-0002-2367-672X>

¹ Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Научный городок-2, Казань, 420075, Россия

² Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, ул. Сибирский тракт, д. 35, Казань, 420029, Россия

³ Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное подразделение ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук», ул. Лобачевского, 2, Казань, 420111, Россия

15. Sotnikov D.V., Byzova N.A., Zherdev A.V., Dzantiev B.B. Quantitative measurements of antibody immobilization on gold nanoparticles: study of composition and functional activity. *Modern chemical physics at the intersection of physics, chemistry and biology. Collection of abstracts of the International scientific conference*. Chernogolovka: Institute of Problems of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences. 2021; 283, 284 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/fyiabj>

16. Yarkov S.P., Tretyakov S.I., Shaulina E.K., Brovkina A.N., Khramov E.N. Elevation the sensitivity of immunochromatographic tests to identify the causative agent of anthrax and staphylococcal enterotoxin type B based on silver amplification and instrumental recording. *Medicine of Extreme Situations*. 2019; 21(3): 454–463 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ksfst>

ABOUT THE AUTHORS

Antonina Glebova Galeeva¹,
Candidate of Veterinary Sciences, senior researcher
antonina-95@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2650-6459>

Shamil Minesalikhovich Nasyrov¹,
Candidate of Veterinary Sciences, leading researcher
shamyl777@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9483-8383>

Gleb Sergeevich Kashevarov¹,
Candidate of Biological Sciences, senior researcher
kaschewarow@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4520-7596>

Marina Anatolyevna Efimova^{1, 2},
• Doctor of Biological Sciences, leading Researcher¹
• Doctor of Biological Sciences, Professor, leading Researcher²
marina-2004r@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0908-4058>

Zamilya Zagitovna Aleeva¹,
Junior researcher
<https://orcid.org/0000-0001-6205-9460>

Guzaliya Salidzhanovna Arutyunyan¹,
Junior researcher
<https://orcid.org/0000-0002-9146-6855>

Gelfirya Minzagitovna Yarullina¹,
Junior researcher
<https://orcid.org/0000-0002-0413-5936>

Rafail Mazitovich Akhmadeev¹,
Candidate of Veterinary Sciences, Leading researcher
ahm_rafail@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1732-6977>

Vadim Vladimirovich Salnikov³,
Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of electron microscopy Department
salnikov_russ@yahoo.com
<http://orcid.org/0000-0002-2367-672X>

¹ Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Nauchny gorodok-2, Kazan, 420075, Russia

² Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, 35 Sibirsky trakt, Kazan, 420029, Russia

³ Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics is a separate subdivision of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2 Lobachevskogo Str., Kazan, 420111, Russia

И.М. Зырянова

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

✉ mirsimzyrianova@mail.ru

Поступила в редакцию:
30.05.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-38-42

Irina M. Zyrianova

Federal Scientific Center for Animal
Husbandry named after Academy Member
L.K. Ernst, Dubrovitsy, Podolsk district,
Moscow region, Russia

✉ mirsimzyrianova@mail.ru

Received by the editorial office:
30.05.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Выделение геномной ДНК из куриных яичных белков

РЕЗЮМЕ

Яйца домашней птицы содержат высококачественные белки, жиры, витамины и минеральные вещества, что делает их незаменимым продуктом в питании человека. Яичные белки обладают исключительными пенообразующими, эмульгирующими, желеобразующими свойствами, а также свойством быстрого сворачивания при повышении температуры, что делает их особенно популярными для использования в выпечке. Накопленные до настоящего времени знания об яичных белках привели к устойчивому мнению, что в них нет ни клеток, ни ДНК. Однако это исследование демонстрирует возможность экстракции куриной геномной ДНК из белка куриных яиц. Для выделения ДНК использовали внешний жидкий белок куриного яйца и на начальном этапе прежде всего применили белковую деградацию образцов протеиназой трипсин. Количество выделенной ДНК составило от 0.3880 ± 0.0348 до 0.6380 ± 0.0545 мкг/мл образца белка. ПЦР-тест и на основе 18S рибосомальной РНК показал, что ДНК, выделенная из внешнего жидкого белка яиц, содержит геномную ДНК птиц, а клонирование и секвенирование специфического для птиц ПЦР-фрагмента показали, что эта ДНК принадлежит курам (*Gallus gallus*). Кроме того, окрашивание красителем Хекст 33342 показало наличие в образцах клеточных ядер. Таким образом, это исследование демонстрирует, что белки куриных яиц содержат куриную геномную (ядерную) ДНК и клеточные ядра, значит, и клетки.

Ключевые слова: куриные яичные белки, выделение ДНК, ПЦР-тест, 18S рибосомальная РНК, окрашивание клеточных ядер

Для цитирования: Зырянова И.М. Выделение геномной ДНК из куриных яичных белков. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 38–42. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-38-42>

© Зырянова И.М.

Chicken nuclear DNA in chicken egg whites

ABSTRACT

Poultry eggs contain high-quality proteins, fats, vitamins and minerals, which makes them an indispensable product in human nutrition. Egg whites have exceptional foaming, emulsifying, gelling, and heat setting properties, making them popular for use in baked goods. The knowledge accumulated so far about egg whites has now settled on a stable opinion that there are no cells, and no DNA, in them. However, this study demonstrates the possibility of extracting chicken genomic DNA from the outer thin whites of chicken eggs. For DNA extraction, foremost, protein degradation of the samples by trypsin was used. The amount of isolated DNA ranged from 0.3880 ± 0.0348 to 0.6380 ± 0.0545 µg/ml of the white sample. A PCR test based on 18S ribosomal DNA showed that the DNA isolated from the outer thin white contained avian genomic DNA. Furthermore, cloning and sequencing of the bird-specific PCR fragment showed that this DNA belongs to chickens (*Gallus gallus*). In addition, staining with Hoechst 33342 showed the presence of cell nuclei in the samples. Therefore, this study demonstrates that chicken egg whites contain chicken genomic (nuclear) DNA and cell nuclei (i. e., and cells).

Key words: chicken egg whites, DNA extraction, PCR test, 18S rRNA, cell nuclei staining

For citation: Zyrianova I.M. Chicken nuclear DNA in chicken egg whites. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 38–42 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-38-42>

© Zyrianova I.M.

Введение/Introduction

Куриные яйца являются популярными в питании человека, так как содержат высококачественные белки, жиры, витамины и минеральные вещества, необходимые для человеческого жизнедеятельности [1, 2]. Основными компонентами яиц являются скорлупа (8–11%), белок (56–63%) и желток (27–32%) [1, 3]. Яичный белок состоит из воды (87,9–89,4%), белков (9,7–10,6%), углеводов (0,4–0,9%), золы (0,5–0,6%) и следов липидов [3]. Основными среди белков являются овальбумин (54–66%), овотрансферрин (12–13%), овомукоид (9,5–11%), лизоцим (2,3–4,5%) и овомуцин (1,5–3,5%) [1]. К настоящему времени с развитием протеомики в яичных белках обнаружено всего 153 молекулы протеинов [4].

Яичные белки обладают быстрой свертываемостью при повышении температуры, а также имеют хорошие пенообразующие, эмульгирующие, гелеобразующие свойства, что сделало их незаменимым ингредиентом в выпечке хлебобулочных изделий [1]. Перечисленные свойства яичных белков интенсивно изучаются [5, 6]. В настоящее время всё большее внимание уделяется применению яичного белка в разработке биоматериалов, особенно медицинских [7].

Несмотря на такой интерес к яичным белкам, ничего не упоминается о попытках выявления ДНК в яичных белках. Более того, сложилось устойчивое мнение, что в яичных белках не может быть найдена ДНК. О яичной скорлупе думали схожим образом, пока не было продемонстрировано, что яичная скорлупа содержит геномную ДНК [8, 9]. Этот факт привел к мысли, что яичные белки также могут содержать геномную ДНК.

Чтобы прояснить это предположение, кратко остановимся на основных этапах формирования яйца.

Формирование яйца происходит в яйцеводе после овуляции ооцита [10, 11]. Во время созревания ооцита происходит накопление в нем желтка, который является содержимым цитоплазмы ооцита. В цитоплазме, как известно, ядерной ДНК быть не может. В желтке также отсутствуют и митохондрии, то есть митохондриальной ДНК нет, поскольку митохондрии располагаются в цитоплазматическом матриксе только вокруг ядра зародышевого диска [10, 12, 13].

Итак, после созревания и овуляции ооцит захватывается воронкой яйцевода, где и происходит оплодотворение [10, 11]. После захвата воронкой ооцит (или оплодотворенная яйцеклетка) дополнительно покрывается оболочкой, наружным перивителлиновым слоем, халазами, белком, перивителлиновым, скорлуповой оболочкой и кальцинированной оболочкой, соответственно, по мере продвижения яйцеклетки по частям яйцевода: воронка яйцевода, магнум, перешеек, матка, влагалище [10, 11, 14].

Как указывалось выше, было обнаружено, что скорлупа яиц содержит ядерную ДНК [8, 9]. Яичная скорлупа накапливается в матке яйцевода железами яичной скорлупы [11]. Синтез же яичных белков происходит в яйцеводе, но в другом его отделе — в магнуме, а именно клетками его трубчатых желез [15, 16]. Это приводит к мысли, что яичные белки накапливаются схожим образом, как и яичная скорлупа, но в другом отделе яйцевода. Подобным образом возможно и накопление ДНК в яичных белках, как это происходит в яичной скорлупе [8, 9]. Таким образом, была выдвинута гипотеза, что яичные белки должны содержать клетки и из яичных белков можно выделить ядерную (геномную) ДНК.

Важность исследования заключается в том, что подтверждение наличия в куриных белках геномной ДНК кур (а значит, и клеток) приведет к более углубленному их изучению, это повлияет на развитие использования яичных белков в 3D-технологиях, разработки биополимеров [7, 17].

Цели исследования — разработка метода выделения ДНК из куриных яичных белков и доказательство наличия в них куриной геномной ДНК.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В работе использовались яйца трех пород кур и одной коммерческой линии (всего 24 яйца). Яйца итальянской куропатчатой, пушкинской и род-айленд пород из «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» (Санкт-Петербург, Россия) собирали в течение трех дней и хранили при температуре 4–8 °С. Яйца коммерческих несушек I категории (ГОСТ 31654-2012¹) линии Ломанн ЛСЛ-Классик производства ОАО «Птицефабрика «Окская»» (г. Рязань, Россия) покупали в продовольственном магазине в пределах срока годности.

Перед использованием яйца мыли под проточной водой, потом промывали дистиллированной водой и сушили при комнатной температуре. Затем яйца дезинфицировали 70%-ным этанолом, снова высушивали при комнатной температуре и далее разбивали. Содержимое яиц (белок и желток) помещали в чашку Петри. Серологической пипеткой отбирали по 3 мл внешнего жидкого белка в стерильную пробирку, после чего добавляли трипсин (Трипсин 1:250, Sigma, США), до концентрации 0,1 г/мл в растворе Версена («ПанЭко», Россия) в количестве 2 мл. Образцы энергично перемешивали и инкубировали при 37 °С в течение 24 часов. Далее образцы центрифугировали при 9146 g (Digicen 21R, Испания) при комнатной температуре в течение 20 мин. Супернатант удаляли, а осадок растворяли в 0,1 мл фосфатно-солевого буфера pH 7,2–7,6 (PBS) («Эко-Сервис», Россия). Для выделения ДНК использовали набор Extract DNA Blood («Евроген», Россия) согласно инструкции производителя. Концентрацию и чистоту ДНК оценивали с помощью спектрофотометра NanoDrop 8000 (Thermo Scientific). Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения GraphPad (<http://www.graphpad.com>).

Для идентификации ДНК птиц и млекопитающих использовали ПЦР-тест на основе 18S рибосомальной РНК (pPHK) [18]. Амплификацию проводили с использованием ДНК-полимеразы Phusion Hot Start II High-Fidelity (Thermo Scientific). Условия амплификации: сначала делали денатурацию при 95 °С в течение 3 мин., затем проводили 40 циклов по схеме: денатурация — при 95 °С в течение 15 сек., отжиг — при 58 °С в течение 15 сек., элонгация — при 72 °С в течение 10 сек. ПЦР-фрагменты анализировали на 1,7%-ном агарозном геле с использованием буфера для электрофореза трис-ацетат-ЭДТА. Агарозный гель окрашивали бромистым этидием и анализировали с помощью системы визуализации UVITEK-Cambridge. В качестве ДНК-маркера использовали DNA Ladder длиной 100 + п.н. («Евроген», Россия).

Специфические для птиц ПЦР-фрагменты длиной 97 п. н. [18] клонировали с использованием набора для клонирования CloneJET PCR Cloning Kit (Thermo

¹ ГОСТ 31654-2012 Яйца куриные пищевые. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2012.

Scientific). Клоны были секвенированы методом Сэнгера («Евроген», Россия). Последовательности анализировали с помощью Gene Runner (версия 6.5.52) и NCBI BLAST. Для сравнения использовали последовательности 18S рибосомальной РНК (rPHK) *Gallus gallus* из GenBank: MK279380.1, MK279379.1, MK279378.1, XR_003078042.1, MG967540.1, KT445934.2, XR_006936397.1, XR_006936393.1, CP_006931663.1, CP_005840274.1, XR_005840272.1, MT889761.1, MT808178.1, HQ873432.1, FM165414.1, DQ018752.1, AF173612.1 и D38360.1.

Для окрашивания клеточных ядер использовали осадок, полученный после обработки трипсином, как описано выше, но растворенный в 0,1 мл PBS с добавлением красителя Хекста 33342 (Hoechst 33342). Далее суспензию инкубировали при комнатной температуре в течение 5–10 мин.

Хекст 33342 был приготовлен в соответствии с протоколом Thermo Scientific. После инкубации 0,02 мл суспензию наносили на предметное стекло и проводили анализ флуоресцентной микроскопии при помощи микроскопа Nikon Eclipse Ti с использованием кубического флуоресцентного фильтра Nikon Dm400 для DAPI (EX 340–380, BA 435–485).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В яичном белке можно выделить четыре различных слоя (рис. 1): внешний жидкий белок, густой белок (или внешний густой белок), внутренний жидкий белок (не показан на рис. 1) и халаза (или внутренний густой белок). Их пропорции составляют около 23,3%, 57,3%, 16,8% и 2,7% соответственно, что может варьироваться в зависимости от породы и окружающей среды [2].

Рис. 1. Разбитое куриное яйцо в чашке Петри. Фото автора
Fig. 1. A cracked chicken egg in a Petri dish. Author's photo



Таблица 1. Количество выделенной ДНК
Table 1. DNA yields

Породы и линии	Средние значения с 95%-ным доверительным интервалом	
	количество (мкг /мл наружного жидкого белка)	чистота (A260/A280)
Итальянская куропатчатая	0,6380 ± 0,0545	1,4040 ± 0,0232
Пушкинская	0,4500 ± 0,0577	1,5540 ± 0,0786
Род-Айленд	0,4700 ± 0,0577	1,4820 ± 0,0750
Ломанн ЛСЛ-Классик	0,3880 ± 0,0348	1,3920 ± 0,0904

Вязкость жидкого белка значительно меньше, чем густого, из-за меньшего содержания овомуцина — гелеобразного гликопротеина [2]. В связи с этим было решено использовать внешний жидкий белок, так как ожидалось, что его меньшие гелеобразующие свойства будут более выгодными в преодолении вязкости образцов.

Для выделения ДНК из яичного белка в первую очередь необходимо решить проблему деградации протеинов. Использовали сериновую протеиназу трипсин. Концентрацию трипсина увеличивали (постепенно) до полного визуального преодоления вязкости образцов и появления легкого осадка на дне пробирки после центрифугирования.

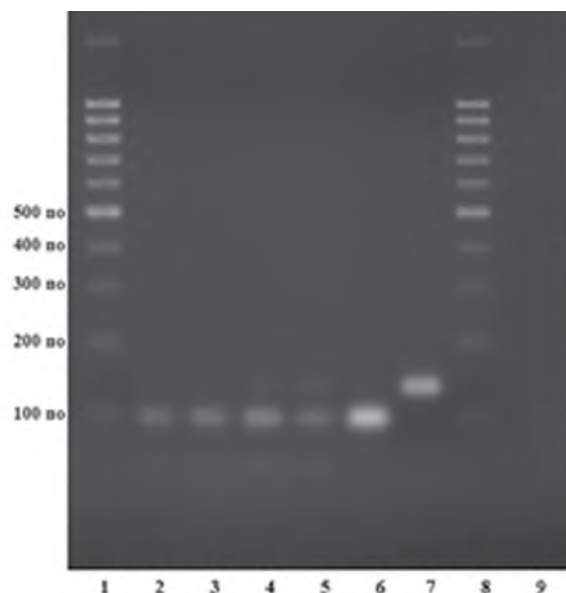
Средние значения количества выделенной ДНК приведены в таблице 1.

Непарный *t*-критерий показал статистически значимую разницу ($p < 0,05$) для итальянских куропатчатых и Ломанн ЛСЛ-Классик образцов, а также для итальянской куропатчатой и пушкинской породы образцов.

Чистота образцов ДНК в большинстве случаев оказалась невысокой (табл. 1), а их различие между собой считается статистически незначимым ($p > 0,05$; непарный *t*-критерий с доверительным интервалом 95%). Однако такой чистоты было достаточно для проведения ПЦР (рис. 2). Чистота выделенной ДНК оказалась не столь высокой, вероятно, по причине неизвестных взаимодействий ДНК с содержимым яичного белка. Также, видимо, можно улучшить метод деградации протеинов яичного белка без потери ДНК. Однако наблюдения показали, что при применении большей концентрации трипсина на этапе деградации протеинов яичного белка количество выделенной из образцов ДНК резко падает или ДНК вообще не выделяется.

Рис. 2. Электрофореграмма агарозного геля (1,7%) после ПЦР-теста на основе гена 18S рPHK разных ДНК образцов. Образцы ДНК из внешнего жидкого белка куриного яйца: 2 — итальянская куропатчатая, 3 — пушкинская, 4 — род-айленд, 5 — Ломанн ЛСЛ-Классик; положительные контрольные образцы ДНК: 6 — куриное бедро, 7 — бычья кровь [17]; 1, 8 — маркеры ДНК длины; 9 — негативный контроль ПЦР

Fig. 2. The agarose gel (1.7%) electrophoregram of PCR fragments after 18S rRNA gene testing of different total DNA samples. DNA samples are from outer thin whites of chicken eggs: 2 — Leghorn Partridge, 3 — Pushkin, 4 — Rhode Island Red, and 5 — Lohmann LSL-Classic egg whites; positive control DNA samples: 6 — chicken leg and 7 — cow blood (Zyrianova and Zaripov, 2022); 1, 8 — DNA marker; 9 — PCR negative control



Проверка образцов выделенной ДНК ПЦР-тестом на основе 18S рРНК [18] показала, что эта ДНК содержит геномную ДНК птиц (рис. 2). Необходимость доказательства, что выделенные образцы тотальной ДНК содержат птичью ДНК, очевидна, так как в контаминированных яйцах могут быть обнаружены внутренние патогены. Это могут быть бактерии, например сальмонеллы, которые считаются чуть ли не основными патогенными агентами внутренней контаминации куриных яиц [19].

Известно, что 16S рРНК является аналогом 18S рРНК прокариот. Ген 16S рРНК успешно применялся для диагностики прокариот с помощью ПЦР-тестов на основе этого гена [20], в том числе для выявления сальмонелл [21]. ПЦР-тесты на основе гена 18S рРНК не могут обнаружить прокариоты.

Таким образом, положительный результат теста, используемый в исследовании, указывает на обнаружение птичьей ДНК, тогда как отрицательный результат указывал бы на отсутствие ДНК птиц и возможность присутствия другой ДНК, включая ДНК сальмонеллы. Кроме того, не предполагается, что внутри куриных яиц может находиться какая-либо ДНК других животных, которую можно обнаружить с помощью ПЦР-тестов на основе гена 18S рРНК (например, крупного рогатого скота, овец и т. д.). Таким образом, положительный результат (присутствие ДНК птиц) использованного ПЦР-теста доказывает, что выделенные в исследовании образцы ДНК содержат птичью ДНК (рис. 2).

Хотя на рисунке 2 можно увидеть дополнительно некоторые незначительные фрагменты (что может являться контаминацией) по сравнению с контрольным образцом ДНК из бедренной части курицы коммерческой тушки [18], эксперимент четко подтверждает присутствие ядерной ДНК кур в выделенных образцах ДНК.

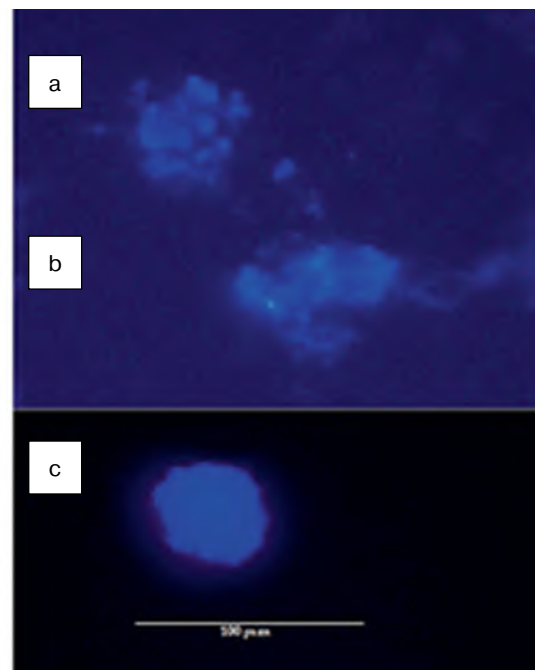
Далее специфические для птиц ПЦР-фрагменты размером 97 п. н. [18] были клонированы и секвенированы (GenBank ON005571). Анализ последовательности показал 98,97%-ную идентичность (с одной заменой С17 → Т17) с 18 последовательностями 18S рРНК гена *Gallus gallus* из GenBank. Все эти данные свидетельствуют о том, что выделенные образцы ДНК содержат геномную ДНК кур.

Кроме того, было проведено окрашивание образцов внешних жидких белков яиц красителем Хекст 33342, чтобы увидеть, содержат ли они клеточные ядра. Хекст 33342 широко используется для окрашивания именно ядерной ДНК в клетках и позволяет визуализировать ядра клеток [22]. В результате этого окрашивания в данных образцах были выявлены клеточные ядра (рис. 3). Ядра обнаружены на разных стадиях клеточного цикла: в интерфазе и в стадии митоза (рис. 3а и 3б). Кроме того, в образцах обнаружены некротические ядра (рис. 3с). Стадии ядер определяли по Crowley и др. (2016) [23].

Возможность обнаружения ядер в образцах внешних жидких белков куриных яиц является бесспорным

Рис. 3. Фотографии ядер внешнего жидкого белка после обработки трипсином и окрашивания Хекстом 33342: а — интерфазное, б — митотическое, в — некротическое

Fig. 3. Images of nuclei of outer thin whites treated with trypsin and stained by Hoechst 33342: a — interphase nucleus, b — mitotic stage nucleus, c — necrotic nucleus



доказательством наличия в них клеток. Обнаруженные в образцах некротические ядра (рис. 3с), скорее всего, образуются из-за обработки образцов трипсином или недостаточной свежести яиц.

До сих пор считалось, что наличие ДНК в птичьих яйцах возможно только в зародышевом диске [24]. Возможность выделения куриной ядерной (геномной) ДНК из куриных яичных белков позволяет по-новому взглянуть на молекулярный состав птичьих яичных белков.

Выводы/Conclusion

Таким образом, была выделена куриная геномная (ядерная) ДНК из внешних жидких белков куриных яиц. Наличие геномной ДНК птиц в выделенных образцах ДНК было подтверждено обнаружением гена 18S рРНК птиц с помощью ПЦР-теста, а секвенирование специфических для птиц ПЦР-фрагментов методом Сэнгера подтвердило, что в выделенных образцах ДНК содержится геномная ДНК кур (*Gallus gallus*). Кроме того, окрашивание образцов внешних жидких белков Хекстом 33342 выявило наличие в них клеточных ядер.

Таким образом, исследование доказывает, что в содержимом белка куриного яйца есть клеточные ядра и ядерная (геномная) ДНК, а значит, и клетки.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author bears responsibility for the work and presented data.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства по науке и высшему образованию Российской Федерации (№ 0445-2021-0005).

FUNDING

This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (No. 0445-2021-0005).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhu Y., Vanga S. K., Wang J., Raghavan V. Impact of food processing on the structural and allergenic properties of egg white. *Trends in Food Science & Technology*. 2018; 78: 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.005>

REFERENCES

1. Zhu Y., Vanga S. K., Wang J., Raghavan V. Impact of food processing on the structural and allergenic properties of egg white. *Trends in Food Science & Technology*. 2018; 78: 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.005>

2. Li-Chan E.C.Y., Kim H.-O. Structure and Chemical Compositions of Eggs. Mine Y. (ed.). Egg Bioscience and Biotechnology. John Wiley and Sons Inc. 2008; 1–96.
3. Kovacs-Nolan J., Philips M., Mine Yu. Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 53(22): 8421–8431. <https://doi.org/10.1021/jf050964f>
4. D'Ambrosio C. et al. Exploring the Chicken Egg White Proteome with Combinatorial Peptide Ligand Libraries. *Journal of Proteome Research*. 2008; 7(8): 3461–3474. <https://doi.org/10.1021/pr800193y>
5. Nasabi M., Labbafi M., Mousavi M.E., Madadlou A. Effect of salts and nonionic surfactants on thermal characteristics of egg white proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017; 102: 970–976. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.102>
6. Babaei J., Mohammadian M., Madadlou A. Gelatin as texture modifier and porogen in egg white hydrogel. *Food Chemistry*. 2019; 270: 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.109>
7. Dong X., Zhang Y.-Q. An insight on egg white: From most common functional food to biomaterial application. *Journal of Biomedical Materials Research – Part B: Applied Biomaterials*. 2021; 109(7): 1045–1058. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34768>
8. Strausberger B.M., Ashley M.V. Eggs yield nuclear DNA from egg-laying female cownbirds, their embryos and offspring. *Conservation Genetics*. 2001; 2(4): 385–390. <https://doi.org/10.1023/A:1012526315617>
9. Rikimaru K., Takahashi H.A. A simple and efficient method for extraction of PCR-amplifiable DNA from chicken eggshells. *Animal Science Journal*. 2009; 80(2): 220–223. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2008.00624.x>
10. Okumura H. Avian Egg and Egg Coat. Sasanami T. (ed.). Avian Reproduction. From Behavior to Molecules. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol. 1001. Singapore: Springer. 2017; 75–90. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3975-1_5
11. Nishio S., Okumura H., Matsuda T. Egg-Coat and *Zona Pellucida* Proteins of Chicken as a Typical Species of Aves. Litscher E.S., Wassarman P.M. (eds.). Extracellular Matrix and Egg Coats. Current Topics in Developmental Biology. Academic Press. 2018; 130: 307–329. <https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.02.008>
12. Bakst M.R., Howarth B.Jr. The Fine Structure of the Hen's Ovum at Ovulation. *Biology of Reproduction*. 1977; 17(3): 361–369. <https://doi.org/10.1095/biolreprod17.3.361>
13. Perry M.M., Gilbert A.B., Evans A.J. The structure of the germinal disc region of the hen's ovarian follicle during the rapid growth phase. *Journal of Anatomy*. 1978; 127(2): 379–392.
14. Menkhurst E., Selwood L. Vertebrate Extracellular Preovulatory and Postovulatory Egg Coats. *Biology of Reproduction*. 2008; 79(5): 790–797. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.068551>
15. Nys Yu., Guyot N. Egg formation and chemistry. Nys E., Bain M., Van Immerseel F. (eds.). Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products. Woodhead. 2011; 1: 83–132.
16. Muramatsu T., Hiramoto K., Okumura J.-i. Changes in ovalbumin and protein synthesis in vivo in the magnum of laying hens during the egg formation cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part B: Comparative Biochemistry*. 1991; 99(1): 141–146. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(91\)90019-a](https://doi.org/10.1016/0305-0491(91)90019-a)
17. Balaji P., Murugadas A., Ramkumar A., Thirumurugan R., Shanmugaapriya S., Akbarsha M.A. Characterization of Hen's Egg White To Use It as a Novel Platform To Culture Three-Dimensional Multicellular Tumor Spheroids. *ACS Omega*. 2021; 5(31): 19760–19770. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02508>
18. Zyrianova I.M., Zaripov O.G. 18S ribosomal DNA-based PCR test for avian and mammalian DNA identification in meat products. *Veterinary and Animal Science*. 2022; 15: 100234. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100234>
19. Wales A.D., Davies R.H. A critical review of *Salmonella* Typhimurium infection in laying hens. *Avian Pathology*. 2011; 40(5): 429–436. <https://doi.org/10.1080/03079457.2011.606799>
20. Wellinghausen N. et al. Diagnosis of Bacteremia in Whole-Blood Samples by Use of a Commercial Universal 16S rRNA Gene-Based PCR and Sequence Analysis. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009; 47(9): 2759–2765. <https://doi.org/10.1128/JCM.00567-09>
21. Trkov M., Avgustin G. An improved 16S rRNA based PCR method for the specific detection of *Salmonella enterica*. *International Journal of Food Microbiology*. 2003; 80(1): 67–75. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00138-1](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00138-1)
22. Chazotte B. Labeling Nuclear DNA with Hoechst 33342. *Cold Spring Harbor Protocols*. 2011; (1). <https://doi.org/10.1101/pdb.prot5557>
23. Crowley L.C., Marfell B.J., Waterhouse N.J. Analyzing Cell Death by Nuclear Staining with Hoechst 33342. *Cold Spring Harbor Protocols*. 2016; (9): pdb.prot087205. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot087205>
24. Steiner G. et al. Gender determination of fertilized unincubated chicken eggs by infrared spectroscopic imaging. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2011; 400(9): 2775–2782. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4941-3>
2. Li-Chan E.C.Y., Kim H.-O. Structure and Chemical Compositions of Eggs. Mine Y. (ed.). Egg Bioscience and Biotechnology. John Wiley and Sons Inc. 2008; 1–96.
3. Kovacs-Nolan J., Philips M., Mine Yu. Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005; 53(22): 8421–8431. <https://doi.org/10.1021/jf050964f>
4. D'Ambrosio C. et al. Exploring the Chicken Egg White Proteome with Combinatorial Peptide Ligand Libraries. *Journal of Proteome Research*. 2008; 7(8): 3461–3474. <https://doi.org/10.1021/pr800193y>
5. Nasabi M., Labbafi M., Mousavi M.E., Madadlou A. Effect of salts and nonionic surfactants on thermal characteristics of egg white proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2017; 102: 970–976. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.102>
6. Babaei J., Mohammadian M., Madadlou A. Gelatin as texture modifier and porogen in egg white hydrogel. *Food Chemistry*. 2019; 270: 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.109>
7. Dong X., Zhang Y.-Q. An insight on egg white: From most common functional food to biomaterial application. *Journal of Biomedical Materials Research – Part B: Applied Biomaterials*. 2021; 109(7): 1045–1058. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34768>
8. Strausberger B.M., Ashley M.V. Eggs yield nuclear DNA from egg-laying female cownbirds, their embryos and offspring. *Conservation Genetics*. 2001; 2(4): 385–390. <https://doi.org/10.1023/A:1012526315617>
9. Rikimaru K., Takahashi H.A. A simple and efficient method for extraction of PCR-amplifiable DNA from chicken eggshells. *Animal Science Journal*. 2009; 80(2): 220–223. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2008.00624.x>
10. Okumura H. Avian Egg and Egg Coat. Sasanami T. (ed.). Avian Reproduction. From Behavior to Molecules. Advances in Experimental Medicine and Biology, vol. 1001. Singapore: Springer. 2017; 75–90. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3975-1_5
11. Nishio S., Okumura H., Matsuda T. Egg-Coat and *Zona Pellucida* Proteins of Chicken as a Typical Species of Aves. Litscher E.S., Wassarman P.M. (eds.). Extracellular Matrix and Egg Coats. Current Topics in Developmental Biology. Academic Press. 2018; 130: 307–329. <https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.02.008>
12. Bakst M.R., Howarth B.Jr. The Fine Structure of the Hen's Ovum at Ovulation. *Biology of Reproduction*. 1977; 17(3): 361–369. <https://doi.org/10.1095/biolreprod17.3.361>
13. Perry M.M., Gilbert A.B., Evans A.J. The structure of the germinal disc region of the hen's ovarian follicle during the rapid growth phase. *Journal of Anatomy*. 1978; 127(2): 379–392.
14. Menkhurst E., Selwood L. Vertebrate Extracellular Preovulatory and Postovulatory Egg Coats. *Biology of Reproduction*. 2008; 79(5): 790–797. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.068551>
15. Nys Yu., Guyot N. Egg formation and chemistry. Nys E., Bain M., Van Immerseel F. (eds.). Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products. Woodhead. 2011; 1: 83–132.
16. Muramatsu T., Hiramoto K., Okumura J.-i. Changes in ovalbumin and protein synthesis in vivo in the magnum of laying hens during the egg formation cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part B: Comparative Biochemistry*. 1991; 99(1): 141–146. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(91\)90019-a](https://doi.org/10.1016/0305-0491(91)90019-a)
17. Balaji P., Murugadas A., Ramkumar A., Thirumurugan R., Shanmugaapriya S., Akbarsha M.A. Characterization of Hen's Egg White To Use It as a Novel Platform To Culture Three-Dimensional Multicellular Tumor Spheroids. *ACS Omega*. 2021; 5(31): 19760–19770. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02508>
18. Zyrianova I.M., Zaripov O.G. 18S ribosomal DNA-based PCR test for avian and mammalian DNA identification in meat products. *Veterinary and Animal Science*. 2022; 15: 100234. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100234>
19. Wales A.D., Davies R.H. A critical review of *Salmonella* Typhimurium infection in laying hens. *Avian Pathology*. 2011; 40(5): 429–436. <https://doi.org/10.1080/03079457.2011.606799>
20. Wellinghausen N. et al. Diagnosis of Bacteremia in Whole-Blood Samples by Use of a Commercial Universal 16S rRNA Gene-Based PCR and Sequence Analysis. *Journal of Clinical Microbiology*. 2009; 47(9): 2759–2765. <https://doi.org/10.1128/JCM.00567-09>
21. Trkov M., Avgustin G. An improved 16S rRNA based PCR method for the specific detection of *Salmonella enterica*. *International Journal of Food Microbiology*. 2003; 80(1): 67–75. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00138-1](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00138-1)
22. Chazotte B. Labeling Nuclear DNA with Hoechst 33342. *Cold Spring Harbor Protocols*. 2011; (1). <https://doi.org/10.1101/pdb.prot5557>
23. Crowley L.C., Marfell B.J., Waterhouse N.J. Analyzing Cell Death by Nuclear Staining with Hoechst 33342. *Cold Spring Harbor Protocols*. 2016; (9): pdb.prot087205. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot087205>
24. Steiner G. et al. Gender determination of fertilized unincubated chicken eggs by infrared spectroscopic imaging. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2011; 400(9): 2775–2782. <https://doi.org/10.1007/s00216-011-4941-3>

ОБ АВТОРЕ

Ирина Михайловна Зырянова,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
mirsimzyrianova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1871-8750>

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

ABOUT THE AUTHOR

Irina Mikhailovna Zyrianova,
candidate in Biology, Senior Researcher
mirsimzyrianova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1871-8750>

Federal Scientific Center for Animal Husbandry named
after Academy Member L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russia

УДК 636.2.084.1:636.087.8

Обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46

Р.Р. Фаткуллин¹,
А.А. Белооков¹, ✉
Е.М. Ермолова¹,
М.Б. Ребезов^{2, 3},
Р.А. Максимова¹

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

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

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ belookov@yandex.ru

Поступила в редакцию:
03.04.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Review



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46

Rinat R. Fatkullin¹,
Alexey A. Belookov¹, ✉
Evgenia M. Ermolova¹,
Maksim B. Rebezov^{2, 3},
Raushan A. Maksimova¹

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ belookov@yandex.ru

Received by the editorial office:
03.04.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Способ повышения сохранности и продуктивных качеств молодняка крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Говядина является популярным (у покупателей) видом мяса, что обусловлено ее пищевой ценностью и кулинарными свойствами. В свою очередь, для развития мясного скотоводства важно максимально снизить себестоимость при соблюдении высокого качества мяса.

Результаты. В работе представлены результаты исследований по влиянию кормовых добавок на основе молозивного масла на сохранность и продуктивность молодняка крупного рогатого скота. В рацион животных 2-й опытной группы с рождения до месячного возраста включали кормовую добавку № 1 (витаминизированное молозивное масло) в дозе 20 г гол/сутки, с 2 до 6 мес. — кормовую добавку № 2 (молозивное масло, белковый гидролизат и витамин С) в дозе 100 г гол/сутки. Молодняк 3-й опытной группы с рождения до месячного возраста получал кормовую добавку № 1 в дозе 40 г гол/сутки, с 2 до 6 мес. — кормовую добавку № 2 в дозе 120 г гол/сутки. Установлено, что введение в рацион молодняка кормовых добавок способствует снижению случаев желудочно-кишечных расстройств и повышению продуктивности животных.

Ключевые слова: скотоводство, молодняк, продуктивность, добавка, сохранность

Для цитирования: Фаткуллин Р.Р., Белооков А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А. Способ повышения сохранности и продуктивных качеств молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 43–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46>

© Фаткуллин Р.Р., Белооков А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А.

A way to improve the safety and productive qualities of young cattle

ABSTRACT

Relevance. Beef is popular (among buyers) type of meat, which is due to its nutritional value and culinary properties. In turn, for the development of beef cattle breeding, it is important to reduce the cost as much as possible while respecting the high quality of meat.

Results. The paper presents the results of studies on the effect of feed additives based on colostrum oil on the safety and productivity of young cattle. The diet of animals of the 2nd experimental group from birth to one month of age included feed additive No. 1 (fortified colostrum oil) at a dose of 20 g head / day, from 2 to 6 months — feed additive No. 2 (colostrum oil, protein hydrolysate and vitamin C) at a dose of 100 g head/day. Young animals of the 3rd experimental group from birth to one month of age received feed additive No. 1 at a dose of 40 g head/day, from 2 to 6 months — feed additive No. 2 at a dose of 120 g head/day. It has been established that the introduction of feed additives into the diet of young animals helps to reduce cases of gastrointestinal disorders and increase the productivity of animals.

Key words: cattle breeding, young animals, productivity, additive, safety

For citation: Fatkullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A. A way to improve the safety and productive qualities of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 43–46 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46>

© Fatkullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A.

Введение/Introduction

Говядина является популярным (у покупателей) видом мяса, что обусловлено ее пищевой ценностью и кулинарными свойствами. В свою очередь, для развития мясного скотоводства важно максимально снизить себестоимость при соблюдении высокого качества мяса [1–3]. Одним из факторов, влияющих на себестоимость говядины, является оптимизация кормового рациона [4, 5].

Состояние здоровья и продуктивность животных во многом зависят от качества корма, его питательности, биологической и энергетической ценности. Решению этих проблем посвящены работы ряда ученых [6–9].

Сотрудниками кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции разработаны рецептуры двух кормовых добавок. Первая состоит из молочножирового масла, обогащенного витаминами, вторая — из молочножирового масла, белкового гидролизата и витамина С в процентном соотношении 50:40:10. Количественное содержание составных компонентов кормовой добавки не разглашается, так как оформляется ноу-хау (англ. *know how*).

Использование кормовых добавок в кормлении молодняка крупного рогатого скота направлено на повышение сохранности, адаптацию животных к твердым кормам, нормализацию обменных процессов и интенсификацию продуктивности молодняка.

Цель исследований — изучение влияния разных доз кормовых добавок на сохранность и продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Научно-хозяйственный опыт был проведен с сентября 2022 г. по февраль 2023-го на базе ООО СХП «Уштаганское» (Чебаркульский р-н, Челябинская обл., Россия).

Для проведения опыта были отобраны и сформированы три группы новорожденных телят (по 10 голов в каждой). Формирование групп проводили методом параналогов с учетом происхождения, возраста и массы при рождении.

Научно-хозяйственный опыт проводился с рождения до восьмимесячного возраста. Этические принципы обращения с животными были соблюдены в соответствии с руководством (утв. правилами ООО СХП «Уштаганское»).

Контрольная группа получала основной рацион, первая опытная — основной рацион и (в дополнение) с рождения до месячного возраста — витаминизированное молочножировое масло в дозе 20 г гол/сутки (кормовая добавка № 1), с 2 до 6 месяцев — кормовую добавку на основе молочножирового масла, белкового гидролизата и витамина С в дозе 100 г гол/сутки (кормовая добавка № 2) (табл. 1). Вторая опытная группа получала основной рацион и (в дополнение) с рождения до месячного возраста — витаминизированное молочножировое масло в дозе 40 г в сутки (кормовая добавка № 1), с 2 до 6 мес. — кормовую добавку на основе молочножирового масла, белкового гидролизата и витамина С в дозе 120 г гол/сутки (кормовая добавка № 2).

При составлении рациона молодняка опытных групп учитывалась энергетическая ценность используемых кормовых добавок.

При контроле оборудования использовали средства измерения, поверенные ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Челябинской области» (г. Челябинск, Россия).

Кормовые добавки разработаны на кафедре кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственных продуктов ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский ГАУ» (г. Троицк, Россия), рассмотрены на заседании научно-технического совета Южно-Уральского государственного аграрного университета и рекомендованы к использованию в кормлении сельскохозяйственных животных.

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики (Плохинский Н.А., 1969) на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office и определением критерия достоверности по Стьюденту при трех уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результатам научно-хозяйственного опыта установлено, что сохранность молодняка всех групп составила 100% (табл. 2).

При этом можно отметить, что количество заболевших телят по группам было различным. Так, в 1-й (контрольной) группе за время эксперимента заболели 4 головы, что составило 40% от всего поголовья, во 2-й (опытной) — 2, в 3-й (опытной) — 1 голова. Продолжительность заболевания в 1-й группе составила 48 дней, что больше, чем в опытных, соответственно, на 43 (89,6%) и 45 (93,8%) дней.

Живая масса исследуемых групп представлена в таблице 3.

Из данных таблицы 3 видно, что при рождении молодняк подопытных групп имел практически одинаковую живую массу — от 34,2 до 34,3 кг. Однако уже в месячном возрасте телята опытных групп достоверно опережали животных контрольной группы по данному

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Table 1. Scheme of scientific and economic experience

Группа	Особенности кормления по периодам
1-я (контрольная)	Основной рацион (ОР)
2-я (опытная)	ОР + кормовая добавка № 1 от 0 до 30 суток — 20 г/сутки, кормовая добавка № 2 с 2 до 6 мес. — 100 г/сутки.
3-я (опытная)	ОР + кормовая добавка № 1 от 0 до 30 суток — 40 г/сутки, кормовая добавка № 2 с 2 до 6 мес. — 120 г/сутки.

Таблица 2. Сохранность молодняка, n = 10

Table 2. Safety of young animals, n = 10

Показатель	Группа		
	1-я	2-я	3-я
Заболело животных, гол.,	4	2	1
в том числе в %	40,0	20,0	10,0
Количество дней заболеваний, дни	48	5	3
Сохранность, %	100	100	100

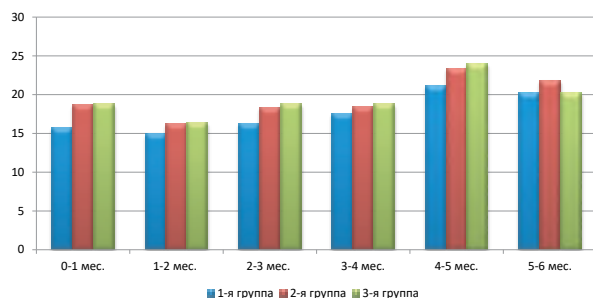
Таблица 3. Живая масса телочек, кг (n = 10, X ± Sx)

Table 3. Live weight of heifers, kg (n = 10, X ± Sx)

Возраст, мес.	Группа		
	1-я	2-я	3-я
При рождении	34,3 ± 0,21	34,2 ± 0,2	34,3 ± 0,3
1	50,1 ± 0,5	52,89 ± 0,35***	53,1 ± 0,78***
2	65,0 ± 0,39	69,1 ± 0,57***	69,5 ± 0,69***
3	81,3 ± 1,31	87,4 ± 0,82***	88,3 ± 0,9***
4	98,9 ± 1,17	105,8 ± 1,27***	107,1 ± 1,24***
5	120,1 ± 1,12	129,2 ± 1,5***	131,1 ± 1,03***
6	140,3 ± 2,13	151,0 ± 1,06***	153,4 ± 1,87***

Примечание: *** $p \leq 0,001$ по отношению к 1-й группе.

Рис. 1. Абсолютный прирост молодняка, кг
Fig. 1. Absolute growth of young animals, kg



показателю. Так, живая масса телят контрольной группы составила 50,1 кг, что достоверно меньше, чем у животных в опытных группах, соответственно, на 5,6% и 6,0% ($p \leq 0,001$). В возрасте 2 месяцев разница между животными контрольной (65,0 кг) и опытными группами составила, соответственно, 6,3% и 6,9% ($p \leq 0,001$). Аналогичная картина прослеживалась и в другие возрастные периоды. В конце научно-хозяйственного опыта (6 мес.) живая масса молодняка контрольной группы составила 140,3 кг, тогда как в опытных группах она была выше на 7,6% и 9,3% и составила, соответственно, по группам 151,0 кг и 153,4 кг ($p \leq 0,001$).

Абсолютный, среднесуточный и относительный прирост живой массы представлен, соответственно, на рисунках 1–3.

Как видно из данных (рис. 1), абсолютный прирост живой массы телят в опытных группах был выше, чем в 1-й (контрольной) группе, во все возрастные периоды. При этом можно отметить, что в контрольной группе минимальный абсолютный прирост живой массы был в возрасте 1–2 мес. (14,9 кг), а максимальный — в 4–5 мес. (21,2 кг).

Аналогичная картина была в опытных группах. Так, минимальный абсолютный прирост живой массы был отмечен в возрасте 1–2 мес. (2-я группа — 16,2 кг, 3-я группа — 16,4 кг), максимальный — в 4–5 мес. (2-я группа — 23,4 кг, 3-я группа — 24,0 кг).

В целом за период научно-хозяйственного опыта абсолютный прирост живой массы в 1-й (контрольной) группе составил 106,0 кг, во 2-й (опытной) — 116,8 кг, в 3-й (опытной) — 119,1 кг.

Как видно из данных (рис. 2), среднесуточные приросты живой массы молодняка 1-й (контрольной) группы увеличились с 496,67 г в возрасте 1–2 мес. до 706,67 г в 4–5 мес., во 2-й (опытной) — соответственно, с 540,0 до 780,0 г, в 3-й (опытной) — с 546,67 до 800,0 г.

В среднем за весь период опыта среднесуточный прирост живой массы телят контрольной группы составил 588,8 г, во 2-й (опытной) — 648,9 г, в 3-й (опытной) — 661,7 г. Разница между контрольной и опытными группами составила, соответственно, 10,2% и 12,4%.

Как видно из данных (рис. 3), относительный прирост живой массы молодняка с возрастом снижался во всех группах. Так, максимальные показатели были у животных контрольной группы в возрасте 1–2 мес. (37,41%), у телят 2-й (опытной) этот показатель составил 42,93%, 3-й (опытной) — 42,93%. Минимальное

Рис. 2. Среднесуточный прирост живой массы, г
Fig. 2. Average daily live weight gain, g

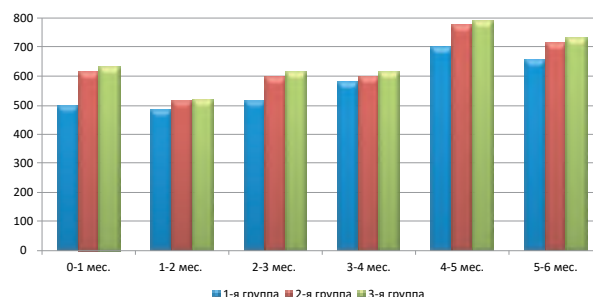
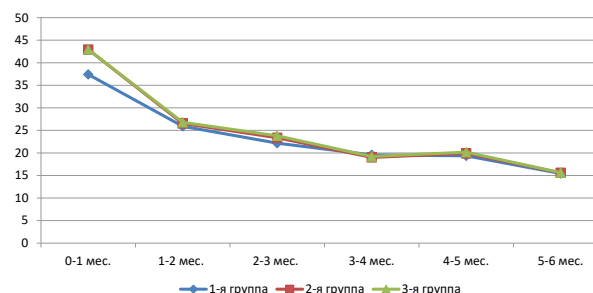


Рис. 3. Относительный прирост живой массы, %
Fig. 3. Relative increase in live weight, %



значение показателя отмечено в возрасте 5–6 мес., соответственно, 15,44%, 15,6% и 15,63% (по группам).

При этом важно отметить, что во все возрастные периоды животные опытных групп, получавшие с кормом кормовые добавки, опережали по данному показателю молодняк контрольной группы.

Выводы/Conclusion

Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота (от рождения до 6 месяцев) кормовых добавок оказало влияние на сохранность и продуктивность животных. Установлено, что использование в кормлении животных кормовых добавок на основе молочного масла способствовало снижению числа желудочно-кишечных расстройств у телят опытных групп, соответственно, на 20% и 30%. Снизилась продолжительность болезни телят с 48 дней в контрольной группе, до 5 дней во 2-й (опытной) группе, до 3 дней — в 3-й (опытной) группе.

Отмечено повышение абсолютного, среднесуточного и относительного прироста живой массы животных опытных групп. Так, в среднем за весь период научно-хозяйственного опыта среднесуточный прирост живой массы в контрольной группе составил 588,8 г, тогда как в опытных группах данный показатель был выше, соответственно, на 10,2% и 12,4%.

Следовательно, использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота кормовых добавок на основе молочного масла способствовало снижению заболеваемости молодняка и повышению его продуктивности.

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. Толочка В.В., Гармаев Д.Ц., Косилов В.И. Влияние генотипа и возраста бычков на потребление кормов и уровень живой массы. *Развитие сельскохозяйственной науки в период государственной независимости Республики Таджикистан. Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной 30-летию государственной независимости Республики Таджикистан и 30-летию образования Таджикской академии сельскохозяйственных наук*. Душанбе: ЭР-граф. 2022; 322–328. <https://elibrary.ru/uwmmtk>
2. Иргашев Т.А., Косилов В.И., Ахмедов Д.М., Гаджиев Р.Р. Мясная продуктивность бычков разного генотипа в условиях Таджикистана. *Аграрный вестник Приморья*. 2022; (3): 27–32. <https://elibrary.ru/zkrcox>
3. Косилов В.И., Курохтина Д.А. Убойные показатели бычков казахской белоголовой породы при скормлении сбалансированного углеводного кормового комплекса Фелуцен. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; (4): 239–243. <https://elibrary.ru/dmuoyt>
4. Хабидуллин И.М., Миронова И.В., Хабидуллин Р.М., Юлдашбаев Ю.А., Косилов В.И. Эффективность использования адаптогенов различного происхождения на мясную продуктивность крупного рогатого скота. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022; (4): 94–102. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-4-94-102>
5. Иргашев Т.А., Косилов В.И., Хусейнов М., Ахмедов Д.М. Особенности роста и развития молодняка мясных пород разного генотипа в условиях горной зоны Таджикистана. *Прогрессивные и инновационные технологии в молочном и мясном скотоводстве. Материалы Международной научно-практической конференции*. Витебск: Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. 2021; 61–67. <https://elibrary.ru/aumdwq>
6. Лашкова Т.Б., Петрова Г.В. Использование гепатопротектора растительного происхождения в рационах молодняка крупного рогатого скота. *Владимирский земледелец*. 2017; (1): 39–41. <https://elibrary.ru/ykgszg>
7. Шаньшин Н.В., Евсеева Т.П., Луницын В.Г. Влияние кормовой добавки Пантофит на продуктивность и морфобиохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота. *Зоотехния*. 2014; (2): 7–8. <https://elibrary.ru/ryxwnp>
8. Бетин А.Н. Кормовая добавка для повышения продуктивности телят. *Молочная промышленность*. 2022; (9): 60–61. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-09-60-61>
9. Белококов А.А., Белококова О.В., Лоретц О.Г., Горелик О.В. Интенсивность роста и мясная продуктивность молодняка на фоне применения микробиологических препаратов. *Аграрный вестник Урала*. 2018; (5): 10–15. <https://elibrary.ru/xrsjgx>

ОБ АВТОРАХ

Ринат Рахимович Фаткуллин¹,
доктор биологических наук, профессор
dr.fatkullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4537-1721>

Алексей Анатольевич Белококов¹,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Евгения Михайловна Ермолова¹,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
zhe1748@mail.ru

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>

Раушан Асылбековна Максимова¹,
ассистент
rauschan-1984@mail.ru

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия

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

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

REFERENCES

1. Tolochka V.V., Garmaev D.Ts., Kosilov V.I. Influence of the genotype and age of bulls on feed intake and live weight. *Development of agricultural science during the period of State Independence of the Republic of Tajikistan. Materials of the republican scientific-practical conference dedicated to the 30th anniversary of the State Independence of the Republic of Tajikistan and the 30th anniversary of the Tajik Academy of Agricultural Sciences*. Dushanbe: Er-graf. 2022; 322–328 (In Russian). <https://elibrary.ru/uwmmtk>
2. Irgashev T.A., Kosilov V.I., Akhmedov D.M., Gadzhiev R.R. Meat productivity of bulls of different genotypes in Tajikistan. *Agrarian bulletin of Primorye*. 2022; (3): 27–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/zkrcox>
3. Kosilov V.I., Kurokhina D.A. Slaughter indicators of bulls of the Kazakh white-headed breed when fed with a balanced carbohydrate feed complex Feluten. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; (4): 239–243 (In Russian). <https://elibrary.ru/dmuoyt>
4. Khabibullin I.M., Mironova I.V., Khabibullin R.M., Yuldashbaev Y.A., Kosilov V.I. Efficiency of use of adaptogens of different origins on the meat productivity of cattle. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022; (4): 94–102 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-4-94-102>
5. Irgashev T.A., Kosilov V.I., Khuseynov M., Akhmedov D.M. Features of growth and development of youth of different genotypes of meat breeds in the conditions of the mountain zone of Tajikistan. *Progressive and innovative technologies in dairy and beef cattle breeding. Proceedings of the international scientific and practical conference*. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. 2021; 61–67 (In Russian). <https://elibrary.ru/aumdwq>
6. Lashkova T.B., Petrova G.V. The use of hepatoprotector of plant origin in the diets of young cattle. *Vladimir farmer*. 2017. (1): 39–41 (In Russian). <https://elibrary.ru/ykgszg>
7. Shan'shin N.V., Evseeva T.P., Lunitsyn V.G. The effect of the feed additive Pantofit on the productivity and morphobiochemical parameters of the blood of young cattle. *Zootekhnika*. 2014; (2): 7–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/ryxwnp>
8. Betin A.N. Feed additive to increase the productivity of calves. *Dairy industry*. 2022; (9): 60–61 (In Russian). <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-09-60-61>
9. Belookov A.A., Belookova O.V., Loretz O.G., Gorelik O.V. Growth intensity and meat productivity of young animals against the background of the use of microbiological preparations. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018; (5): 10–15 (In Russian). <https://elibrary.ru/xrsjgx>

ABOUT THE AUTHORS

Rinat Rakhimovich Fatkullin¹,
Doctor of Biological Sciences, Professor
dr.fatkullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4537-1721>

Alexey Anatolyevich Belookov¹,
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Evgenia Mikhailovna Ermolova¹,
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
zhe1748@mail.ru

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>

Raushan Asylbekovna Maksimova¹,
Assistant
rauschan-1984@mail.ru

¹ South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia

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

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

А.В. Мишуров ✉,
В.Н. Романов,
М.В. Довыденкова

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

✉ a.v.mishurov@mail.ru

Поступила в редакцию:
18.05.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Alexei V. Mishurov ✉,
Victor N. Romanov,
Maria V. Dovydenkova

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

✉ a.v.mishurov@mail.ru

Received by the editorial office:
18.05.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Иммунный и антиоксидантный статус организма ягнят при использовании бурых водорослей *Fucus vesiculosus*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях интенсивного ведения животноводства важным является нормализация иммунной и антиоксидантной систем организма животных. Морские водоросли могут использоваться для повышения естественной устойчивости организма животных к неблагоприятным факторам внешней среды на раннем этапе онтогенеза в послемолочный период выращивания.

Методы. Исследования были проведены в Федеральном исследовательском центре животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (ферма Дубровицы) на двух группах ягнят аналогов по живой массе и возрасту ($n = 8$). Ягнята опытной группы дополнительно к рациону получали 3 г бурых водорослей *F. Vesiculosus*. Длительность опыта составила 27 дней с изучением последствий через 28 дней с проведением индивидуальных взвешиваний ягнят.

Результаты. Живая масса ягнят, в рационе которых использовали бурые водоросли, составила 14 кг, что выше, чем в контроле, на 5,3%.

По микробиологическим показателям крови отмечался более высокий уровень бактерицидной активности у ягнят, получавших бурые водоросли, разница составила 28,33%. Содержание ТБК-активных продуктов в сыворотке крови было выше у животных контрольной группы на 14,57%, Разница суммарного количества водорастворимых антиоксидантов в крови животных составила 16,93% в пользу животных опытной группы. Абсолютный прирост живой массы в опытной группе через 28 дней после проведения опыта — 17,9 кг, что выше, чем в контроле, на 7,8%.

Ключевые слова: ягнята, бурые водоросли, фукус, резистентность, антиоксидантный статус

Для цитирования: Мишуров А.В., Романов В.Н., Довыденкова М.В. Иммунный и антиоксидантный статус организма ягнят при использовании бурых водорослей *Fucus vesiculosus*. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 47–51. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>

© Мишуров А.В., Романов В.Н., Довыденкова М.В.

Immune and antioxidant status of the body of lambs using brown algae *Fucus vesiculosus*

ABSTRACT

Relevance. In conditions of intensive animal husbandry, it is important to normalize the immune and antioxidant systems of the animal organism. Seaweeds can be used to increase the natural resistance of the animal organism to adverse environmental factors at an early stage of ontogenesis in the post-milk growing period.

Methods. The research was conducted at the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, on two groups of lambs with analogues in live weight and age ($n = 8$). Lambs of the experimental group received 3 g of brown algae *F. Vesiculosus* in addition to the diet. The duration of the experiment was 27 days with the study of the aftereffect after 28 days with individual weighing of lambs.

Results. The live weight of lambs whose diet used brown algae was 14 kg, which is 5.3% higher than in the control.

According to microbiological indicators of blood, there was a higher level of bactericidal activity in lambs treated with brown algae, the difference was 28.33%. The content of TBA-active products in blood serum was higher in animals of the control group by 14.57%, the difference in TAWA in the blood of animals was 16.93% in favor of animals of the experimental group. The absolute increase in live weight in the experimental group 28 days after the experiment was 17.9 kg, which is 7.8% higher than in the control group.

Key words: lambs, brown algae, fucus, resistance, antioxidant status

For citation: Mishurov A.V., Romanov V.N., Dovydenkova M.V. Immune and antioxidant status of the body of lambs using brown algae *Fucus vesiculosus*. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 47–51 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-47-51>

© Mishurov A.V., Romanov V.N., Dovydenkova M.V.

Введение/Introduction

Высокая продуктивность животных основана на сбалансированном рациональном кормлении и безопасном санитарно-гигиеническом содержании. При этом стрессовое состояние, гормональные изменения, корма низкого качества комплексно влияют на продуктивное здоровье животного, его иммунную систему и существенно сдерживают реализацию генетического потенциала.

Снижение резистентности организма, связанное с технологическими стресс-факторами (отъем, смена рациона, транспортировка, групповое содержание др.) взаимосвязано со снижением антиоксидантного статуса при повышении активности свободнорадикальных процессов. В условиях ведения интенсивных технологий животноводства применение фитобиотиков может нивелировать негативные воздействия, способствуя росту продуктивности [1, 2].

Фитобиотики, представляющие собой естественные биологически активные соединения растительного происхождения, могут служить альтернативой кормовым антибиотикам и использоваться в рационе на протяжении всего периода выращивания как моногастричных, так и полигастричных животных [3, 4].

Биологически активные вещества растительного происхождения, содержащиеся в кормовых добавках, способствуют стимуляции эндокринной системы организма животных, а также оказывают противовоспалительное и иммуностимулирующее действие. Такие биологически активные добавки способствуют улучшению активности лимфоцитов, макрофагов и NK-клеток (естественные клетки-киллеры, входящие в состав врожденной иммунной системы), усиливают процесс фагоцитоза или стимулируют синтез интерферонов, приводя к улучшению иммунного ответа, а также могут вызывать положительные изменения слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки [5].

Активными соединениями фитобиотиков являются терпеноиды (моно- и сесквитерпены), альдегиды, кетоны, эфиры, лактоны, гликозиды, полифенольные соединения, дубильные вещества, алкалоиды и др. В составе кормовых добавок фитогенного происхождения содержание этих активных соединений может широко варьироваться в зависимости от используемой фенологической фазы развития и части растения, а также внешних факторов среды [6].

Бурые морские водоросли считаются источниками полисахаридов, пептидов и флоротаннинов. При этом флоротаннины, являясь уникальной по своей структуре полимерной фенольной группой, содержатся только в бурых морских водорослях и действуют через многочисленные антиоксидантные механизмы. Морские водоросли содержат все незаменимые аминокислоты, богаты аспарагиновой кислотой и глутаминовой. Некоторые пептиды, такие как карнозин и глутатион, известные своими сильными антиоксидантными свойствами и ранее выделенные из тканей животных, были также обнаружены в морских водорослях [7, 8].

Растительные полифенолы, входящие в состав БАД, обладают способностью нивелировать свободные оксигенные и пероксильные радикалы, а также радикалы ксенобиотиков. При этом образуется относительно устойчивый феноксильный радикал, который в значительной

степени ингибирует процессы перекисного окисления липидов в мембранах лизосом и, соответственно, снижает активность лизосомальных ферментов в сыворотке крови печени. Кроме того, растительные полифенолы активируют подавленные ксенобиотиками реакции пентозного цикла, а также реакции глюконеогенеза, что в результате способствует восстановлению синтеза углеводных структур и репарации олигосахаридов в иммуноглобулинах [9].

Установлено, что использование в рационе ягнят морских водорослей оказывает влияние на липидограмму и экспрессию генов жирового обмена. Так, дополнение рациона водорослями в сочетании с льняным семенем привело к накоплению линоленовой кислоты и снижению соотношения омега-6 к омега-3 жирных кислот как в подкожной, так и в жировой ткани [10].

Использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота альгинатов ламинарии японской обеспечило повышение в среднем переваримости питательных веществ рациона на 4,5%. При этом наблюдалось увеличение абсолютного прироста живой массы на 12,8% относительно животных контрольной группы [11].

По данным Ермолиной С.А., введение в комплексную терапию телятам с простой формой диспепсии природного растительного препарата на основе экстракта морской бурой водоросли *Laminaria saccharina* уже на третий день после курса лечения способствовало нормализации углеводного и липидного обмена по сравнению с базисным лечением [12].

Антиоксидантная и противовоспалительная активность организма животных — ключевые показатели для возможного будущего использования морских водорослей в качестве нутрицевтиков.

Цель работы — изучение особенностей биологического действия *Fucus vesiculosus* на иммунный и антиоксидантный статус организма ягнят.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования были проведены в 2022 году на базе Федерального исследовательского центра животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (на ферме Дубровицы Московской области) на двух группах ягнят (баранчиков) помесей романовской породы и катадинов (по восемь голов в возрасте одного месяца со средней живой массой 7,2 кг). Группы животных формировались по принципу пар-аналогов согласно общепринятой методике¹. Ягнята содержались на подсосе с овцематками, рацион был сбалансирован по нормам для данной половозрастной группы и состоял из комбикорма (150–200 г на голову в сутки) и сена разнотравного в свободном доступе². Ягнята опытной группы дополнительно получали 3 г сухих бурых водорослей *F. Vesiculosus* Архангельского водорослевого комбината (Россия) на голову в сутки в смеси с комбикормом. Длительность эксперимента — 27 дней. Через 28 дней после использования бурых водорослей в рационе ягнят было изучено последствие. Динамику живой массы учитывали проведением индивидуального взвешивания ягнят при постановке, снятии с опыта и через 28 дней.

Для изучения состояния обменных процессов в организме подопытных животных через 27 дней после

¹ Овсянников А.И. Основы опытного дела в животноводстве. Учебное пособие. М.: Колос. 1976; 304.

² Калашникова А.П., Фисина В.И., Щеглова В.В., Клейменова Н.И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва. 2003; 456.

начала опыта однократно брали кровь, путем пункции яремной вены через три часа после утреннего кормления.

В пробах крови определяли:

- содержание водорастворимых антиоксидантов (СКВА), был использован амперометрический метод³, измерения выполнены на приборе «ЦветЯуза 01-АА» («Химавтоматика», Россия);
- антиокислительную активность сыворотки крови, содержание ТБК-активных продуктов с помощью диагностических тестов «ТБК-АГАТ», набор производства ООО «Агат-Мед» (Россия).

Изучение неспецифического и клеточного иммунитета крови животных проводили в лаборатории микробиологии ВИЖ им Л.К. Эрнста. Неспецифическую резистентность оценивали по лизоцимной, бактерицидной и фагоцитарной активности крови, показатели сыворотки крови определяли по модифицированной методике нефелометрическим методом^{4, 5}, фагоцитарную активность модифицированной методикой — по Гостьеву⁶.

Вычисляли среднеарифметическое значение (M), среднеквадратическую ошибку ($\pm m$) и уровень значимости (p). Под величиной p подразумевали уровень значимости, который вычисляли с помощью t -критерия Стьюдента. Данные в таблицах представлены в виде среднего значения и его ошибки. Результаты исследований высокодостоверные при $p \leq 0,001$, достоверные при $p \leq 0,01$ и $p \leq 0,05$. При $p \leq 0,1$, но $p > 0,05$ — тенденция к достоверности полученных данных, при $p > 0,1$ — разница недостоверна.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

О степени удовлетворения потребности животных в энергии, питательных, минеральных и биологически активных веществах, количественной и качественной оценке кормовых рационов можно судить, прежде всего, по динамике живой массы, величине ее прироста и конверсии кормов у подопытных ягнят.

При сравнительно одинаковой постановочной живой массе в конце опыта живая масса ягнят, получавших бурые водоросли, составила 14 кг, что было выше, чем в

контроле, на 5,3%, при этом животные опытной группы по среднесуточному приросту превышали контроль на 13,64% (табл. 1).

Абсолютный прирост живой массы в опытной группе через 28 дней после проведения опыта составил 17,9 кг, что было выше, чем в контроле, на 7,8%. Разница была недостоверной, но можно говорить о тенденции повышения прироста живой массы у этих животных (табл. 1).

Физиологическая или естественная резистентность направлена на обеспечение постоянства внутренней среды организма и, соответственно, жизнедеятельности в условиях, когда они подвергаются неблагоприятному воздействию тех или иных факторов.

Резистентность определяется как степень устойчивости организма к тому или иному (но патогенному) фактору. Лизоцимно-бактерицидная активность сыворотки крови характеризует способность подавлять рост микроорганизмов и зависит от активности всех гуморальных факторов неспецифической резистентности.

Содержание лизоцима в крови подопытных ягнят было одинаково стабильным (0,35 ед.), что может свидетельствовать о здоровье животных контрольной и опытной групп. При этом бактерицидная активность у ягнят, получавших бурые водоросли, была выше на 28,33% относительно животных контрольной группы. Также отмечался более низкий уровень фагоцитарной активности (на 1,7%), фагоцитарного индекса (на 5,82%) и фагоцитарного числа (на 2,94%) у животных контрольной группы, что свидетельствует о более динамичном механизме регуляции метаболического гомеостаза в организме животных опытной группы (табл. 2).

Множество процессов, связанных с окислением биологических молекул, сопровождается генерацией активных форм кислорода. Одной из форм его повышенного образования является активность процессов перекисного окисления липидов, при этом окислительная деградация липидной фазы мембран подвергается изменению (или даже повреждению). Маркером перекисного окисления липидов служит малондиальдегид, который возникает в организме

Таблица 1. Динамика роста ягнят
Table 1. Growth dynamics of lambs

Показатель	Группа	
	Контрольная (n = 8)	Опытная (n = 8)
27 дней опыта		
Живая масса в начале опыта, кг	7,2 ± 0,19	7,2 ± 0,12
Живая масса в конце опыта, кг	13,3 ± 0,34	14,0 ± 0,17
Абсолютный прирост живой массы, кг	6,0 ± 0,45	6,8 ± 0,22
Среднесуточный прирост, кг	0,22 ± 0,02	0,25 ± 0,01
Через 28 дней после окончания опыта (последействие)		
Живая масса, кг	16,6 ± 0,67	17,9 ± 0,66
Абсолютный прирост живой массы, кг	3,3 ± 0,43	3,8 ± 0,57
Среднесуточный прирост, кг	0,12 ± 0,02	0,14 ± 0,02

³ Методика выполнения измерений содержания антиоксидантов в напитках и пищевых продуктах, экстрактах лекарственных растениях амперометрическим методом. Москва. 2007.

⁴ Методы ветеринарной классической лабораторной диагностики. Справочник: под ред. проф. И.П. Кондрахина. М.: Колос. 2004; 492.

⁵ Воронин Е.С., Петров А.М., Серых М.М., Девришов Д.А. Иммунология: под ред. Е.С. Воронина. М.: Колос-Пресс. 2002; 408.

⁶ Дорофейчук В.Г. Определение активности лизоцима нефелометрическим методом. Лабораторное дело. 1968; 28–30.

Таблица 2. Иммунологические показатели крови

Table 2. Immunological parameters of blood

Показатели	Группа	
	контрольная (n = 3)	опытная (n = 3)
Общий белок, г/л	61,73 ± 1,45	62,70 ± 2,09
% лизиса	58,07 ± 8,71	55,85 ± 3,158
Лизоцим, мкг/мл	0,35 ± 0,02	0,35 ± 0,02
Уд. ед. активности лизоцима относительно ед. активности белка, а/мг	6,41 ± 2,01	5,33 ± 0,66
Бактерицидная активность, %	32,93 ± 6,30	42,26 ± 6,83
Фагоцитарная активность, %	46,00 ± 3,54	46,80 ± 2,04
Фагоцитарный индекс, ед.	3,61 ± 0,21	3,82 ± 0,13
Фагоцитарное число	1,70 ± 0,14	1,75 ± 0,07

Таблица 3. Антиоксидантный статус организма ягнят

Table 3. Antioxidant status of the body of lambs

Показатели	Группа	
	контрольная (n = 3)	опытная (n = 3)
ТБК-активные продукты, мкмоль/л	2,54 ± 0,14	2,17 ± 0,09
СКВА, мг/л	21,80 ± 1,86	25,49 ± 1,35

при деградации полиненасыщенных жиров активными формами кислорода. Реакция тиобарбитуровой кислоты (ТБК) с малоновым диальдегидом является одним из методов определения продуктов перекисного окисления липидов [13].

В исследованиях содержание ТБК-активных продуктов в сыворотке крови было выше у животных контрольной группы на 14,57% (табл. 3), что говорит о снижении функциональной активности ферментов, рецепторов и каналообразующих белков, встроенных в мембраны клеток у этих животных.

Разница по содержанию суммарного количества водорастворимых антиоксидантов (СКВА) в крови животных составила 16,93% в пользу животных опытной группы, что говорит о более низкой активности защитного антиоксидантного механизма у животных контрольной группы (табл. 3).

На основании данных активности ТБК и СКВА можно считать о большей сбалансированности антиоксидантной системы ягнят, получавших бурые водоросли, и они менее подвержены воздействию различным неблагоприятным фактор-стрессам, что, несомненно, является важным на данном этапе онтогенеза животных.

Выводы/Conclusion

Живая масса ягнят после потребления бурых водорослей составила 14 кг, что выше, чем в контрольной группе, на 5,3%, при этом среднесуточный прирост у этих животных превышал контроль на 13,64%.

Бактерицидная активность сыворотки крови у ягнят, получавших бурые водоросли в качестве добавки к основному рациону, была выше на 28,33% относительно животных контрольной группы.

Отмечено снижение содержания ТБК-активных продуктов в сыворотке крови животных опытной группы по отношению к контролю, разница составила 14,57%, при этом содержание общей суммы водорастворимых антиоксидантов в сыворотке крови было выше на 16,93% у ягнят, получавших бурые водоросли, что говорит о более низкой активности защитного антиоксидантного механизма у животных контрольной группы.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки России ГЗ 0445-2021-0002.

FUNDING

The study was supported by the funding of fundamental scientific research by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation GT 0445-2021-0002.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галочкин В.А., Остренко К.С., Галочкина В.П., Федорова Л.М. Взаимосвязь нервной, иммунной, эндокринной систем и факторов питания в регуляции резистентности и продуктивности животных (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(4): 673–686. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.673rus>
2. Тимофеев Н.П. Фитобиотики в мировой практике: виды растений и действующие вещества, эффективность и ограничения, перспективы (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021; 22(6): 804–825. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825>
3. Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I. (eds.). *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. London: Academic Press. 2020; xiii + 368. ISBN 978-0-12-814700-9

REFERENCES

1. Galochkin V.A., Ostrenko K.S., Galochkina V.P., Fedorova L.M. Interrelation of nervous, immune, endocrine systems and nutritional factors in the regulation of animal resistance and productivity (review). *Agricultural biology*. 2018; 53(4): 673–686 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.673rus>
2. Timofeev N.P. Phytobiotics in world practice: plant species and active substances, efficiency and limitations, perspectives (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021; 22(6): 804–825 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.804-825>
3. Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I. (eds.). *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. London: Academic Press. 2020; xiii + 368. ISBN 978-0-12-814700-9

4. Jin L.-Z., Dersjant-Li Y., Giannenas I. Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens. Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I. (eds.). *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. London: Academic Press. 2020; 159–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00010-8>
5. Kumar M., Kumar V., Roy D., Kushwaha R., Vaiswani S. Application of Herbal Feed Additives in Animal Nutrition — A Review. *International Journal of Livestock Research*. 2014; 4(9): 1–8. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20141205105218>
6. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*. 2008; 86(s14): E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
7. Kord A., Foudil-Cherif Y., Amiali M., Boumechhour A., Benfares R. Phlorotannins Composition, Radical Scavenging Capacity and Reducing Power of Phenolics from the Brown Alga *Cystoseira sauuageauana*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2021; 30(4): 426–438. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1895392>
8. Wekre M.E., Kåsin K., Underhaug J., Holmelid B., Jordheim M. Quantification of Polyphenols in Seaweeds: A Case Study of *Ulva intestinalis*. *Antioxidants*. 2019; 8(12): 612. <https://doi.org/10.3390/antiox8120612>
9. Хильченко С.Р., Запорожец Т.С., Шевченко Н.М. Влияние модифицированных фукоиданов из *Fucus evanescens* на экспрессию cd69 лимфоцитами периферической крови человека *in vitro*. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2009; (3): 139.
10. Urrutia O., Mendizabal J.A., Insausti K., Soret B., Purroy A., Arana A. Effects of Addition of Linseed and Marine Algae to the Diet on Adipose Tissue Development, Fatty Acid Profile, Lipogenic Gene Expression, and Meat Quality in Lambs. *PLoS ONE*. 2016; 11(6): e0156765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156765>
11. Усанов В.С., Краснощекова Т.А., Нимаева В.Ц., Плавинский С.Ю. Влияние скармливания минерального премикса, изготовленного на основе нетрадиционных кормов, на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2016; (3): 87–90. <https://elibrary.ru/wxotxx>
12. Ермолина С.А. Динамика липидного и углеводного обмена у телят, больных диспепсией, при различных способах лечения. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2010; (3): 57–59. <https://elibrary.ru/lmbmmr>
13. Игнатенко В.А., Лысенкова А.В., Калинин А.Л., Казушчик А.Л. ТБК-активные продукты перекисного окисления липидов эритроцитов в УЗ-поле и при наличии этанола. *Проблемы здоровья и экологии*. 2012; 4(34): 117–122.
4. Jin L.-Z., Dersjant-Li Y., Giannenas I. Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens. Florou-Paneri P., Christaki E., Giannenas I. (eds.). *Feed Additives: Aromatic Plants and Herbs in Animal Nutrition and Health*. London: Academic Press. 2020; 159–185. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814700-9.00010-8>
5. Kumar M., Kumar V., Roy D., Kushwaha R., Vaiswani S. Application of Herbal Feed Additives in Animal Nutrition — A Review. *International Journal of Livestock Research*. 2014; 4(9): 1–8. <https://doi.org/10.5455/ijlr.20141205105218>
6. Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*. 2008; 86(s14): E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
7. Kord A., Foudil-Cherif Y., Amiali M., Boumechhour A., Benfares R. Phlorotannins Composition, Radical Scavenging Capacity and Reducing Power of Phenolics from the Brown Alga *Cystoseira sauuageauana*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2021; 30(4): 426–438. <https://doi.org/10.1080/10498850.2021.1895392>
8. Wekre M.E., Kåsin K., Underhaug J., Holmelid B., Jordheim M. Quantification of Polyphenols in Seaweeds: A Case Study of *Ulva intestinalis*. *Antioxidants*. 2019; 8(12): 612. <https://doi.org/10.3390/antiox8120612>
9. Khilchenko S.R., Zaporozhets T.S., Shevchenko N.M. Effect of modified fucoidans from *Fucus evanescens* on cd69 expression by human peripheral blood lymphocytes *in vitro*. *Pacific Medical Journal*. 2009; (3): 139 (In Russian).
10. Urrutia O., Mendizabal J.A., Insausti K., Soret B., Purroy A., Arana A. Effects of Addition of Linseed and Marine Algae to the Diet on Adipose Tissue Development, Fatty Acid Profile, Lipogenic Gene Expression, and Meat Quality in Lambs. *PLoS ONE*. 2016; 11(6): e0156765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156765>
11. Usanov V.S., Krasnoschyokova T.A., Nimaeva V.Tz., Plavinskii S.Yu. Use of mineral premix made of non-traditional fodder: influence on the growth of young cattle. *Far East Agrarian Herald*. 2016; (3): 87–90 (In Russian). <https://elibrary.ru/wxotxx>
12. Ermolina S. The track record lipid and sugar exchange beside calves, sick dyspepsia under different way of the treatment. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2010; (3): 57–59 (In Russian). <https://elibrary.ru/lmbmmr>
13. Ignatenko V.A., Lysenkova A.V., Kalinin A.L., Kazushchik A.L. TBA-active products of erythrocyte lipid peroxidation in the ultrasound field and in the presence of ethanol. *Problems of health and ecology*. 2012; 4(34): 117–122 (In Russian).

ОБ АВТОРАХ

Алексей Владимирович Мишуров,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
a.v.mishurov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7382-1625>

Виктор Николаевич Романов,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных
<https://orcid.org/0000-0002-3542-5370>

Мария Валентиновна Довыденкова,

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела биотехнологии и молекулярной диагностики животных лаборатории микробиологии
<https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>

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

ABOUT THE AUTHORS

Aleksey Vladimirovich Mishurov,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
a.v.mishurov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7382-1625>

Viktor Nikolaevich Romanov,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Department of Physiology and Biochemistry of Farm Animals
<https://orcid.org/0000-0002-3542-5370>

Maria Valentinovna Dovydenkova,

Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher of the Department of Biotechnology and Molecular Diagnostics of Animals of the Microbiology Laboratory
<https://orcid.org/0000-0002-3093-4117>

Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy village, Podolsk, Moscow region, 142132, Russia

Е.А. Йылдырым¹, ✉
Л.А. Ильина¹,
Г.Ю. Лаптев¹,
В.А. Филиппова¹,
А.В. Дубровин¹,
Д.Г. Тюрина¹,
К.А. Калиткина¹,
А.С. Дубровина¹,
Е.С. Пономарева¹,
В.И. Фисинин²,
И.А. Егоров²,
Т.А. Егорова²,
В.А. Манукян²,
Т.Н. Ленкова²,
О.Н. Дегтярева²

¹ ООО «БИОТРОФ+», Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, Москва, Россия

✉ deniz@biotrof.ru

Поступила в редакцию:
03.04.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Elena A. Yildirim¹, ✉
Larisa A. Ilina¹,
George Y. Laptev¹,
Valentina A. Filippova¹,
Andrey V. Dubrovin¹,
Darya G. Tiurina¹,
Ksenya A. Kalitkina¹,
Alisa S. Dubrovina¹,
Ekaterina S. Ponomareva¹,
Vladimir I. Fisinin²,
Ivan A. Egorov²,
Tatiana A. Egorova²,
Vardges A. Manukyan²,
Tatyana N. Lenkova²,
Olga N. Degtyareva²

¹ «БИОТРОФ+» Ltd, Saint-Petersburg, Russia

² All-Russian Research and Technological Poultry Institute, Moscow, Russia

✉ deniz@biotrof.ru

Received by the editorial office:
03.04.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Экспрессия ключевых генов в слепой кишке у кур линий CM5 и CM9 мясного кросса «Смена 9» на фоне замены рыбной муки

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Зависимость от рыбной муки сдерживает развитие птицеводства. Цель исследования — анализ экспрессии ключевых генов у родительского поголовья *Gallus gallus* L. линий CM5 и CM9 мясного кросса «Смена 9» на фоне рационов с заменой рыбной муки.

Методы. Проведены опыты на курах линий CM5 и CM9: группы 1А и 1Б получали основной рацион (ОР), 2А и 2Б — ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки сои, 3А и 3Б — ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки подсолнечника, 4А и 4Б — ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки сои и подсолнечника в соотношении 50:50. Анализ экспрессии генов проводили с помощью количественной ПЦР с обратной транскрипцией.

Результаты. Наиболее выраженные изменения в уровнях экспрессии ключевых генов на фоне замены рыбной муки на продукты переработки сои и подсолнечника касались материнской линии плимутрок CM9 по сравнению с отцовской линией корниш CM5. Так, экспрессия мРНК *SOD* в группах 2Б, 3Б и 4Б уменьшалась в 14,3–100 раз по сравнению с контролем 1Б ($p \leq 0,05$), тогда как в опыте на линии CM5 экспрессия гена *SOD* в опытных группах 2А и 3А уменьшалась не более чем в 3,5 раза по сравнению с контролем 1А ($p \leq 0,05$). Во всех опытных группах зоотехнические показатели мясной и яичной продуктивности отмечались на уровне контрольных групп ($p > 0,05$).

Ключевые слова: «Смена 9», мясной кросс, экспрессия генов, количественная ПЦР с обратной транскрипцией, рыбная мука, соя, подсолнечник

Для цитирования: Йылдырым Е.А. и др. Экспрессия ключевых генов в слепой кишке у кур линий CM5 и CM9 мясного кросса «Смена 9» на фоне замены рыбной муки. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 52–58. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-52-58>

© Йылдырым Е.А., Ильина Л.А., Лаптев Г.Ю., Филиппова В.А., Дубровин А.В., Тюрина Д.Г., Калиткина К.А., Дубровина А.С., Пономарева Е.С., Фисинин В.И., Егоров И.А., Егорова Т.А., Манукян В.А., Ленкова Т.Н., Дегтярева О.Н.

Expression of key genes in the caecum in CM5 and CM9 chickens of the meat cross «Smena 9» against the background of the replacement of fishmeal

ABSTRACT

Relevance. Dependence on fishmeal hinders the development of the poultry industry. The aim of the study was to analyze the expression of key genes in the parent stock of *Gallus gallus* L. lines CM5 and CM9 of the meat cross «Smena 9» on the background of diets with the replacement of fish meal.

Methods. Experiments were carried out on CM5 and CM9 chickens: groups 1A and 1B received the main diet (MD), 2A and 2B — MD with the replacement of fish meal with soy products, 3A and 3B — MD with the replacement of fish meal with sunflower products, 4A and 4B — MD with the replacement of fishmeal with soybean and sunflower products at a ratio of 50:50. Gene expression analysis was performed using quantitative reverse transcription PCR.

Results. The most pronounced changes in the levels of expression of key genes against the background of the replacement of fishmeal with soybean and sunflower processed products concerned the maternal line Plymouth Rock CM9 compared to the paternal line Cornish CM5. Thus, the expression of *SOD* mRNA in groups 2B, 3B and 4B decreased by 14.3–100 times compared with control 1B ($p \leq 0.05$). Whereas in the experiment on the CM5 line, the expression of the *SOD* gene in the experimental groups 2A and 3A decreased by no more than 3.5 times compared with the control 1A ($p \leq 0.05$). In all experimental groups, zootechnical indicators of meat and egg productivity were noted at the level of control groups ($p > 0.05$).

Key words: «Smena 9», meat-type cross, gene expression, quantitative reverse transcription PCR, fishmeal, soy, sunflower

For citation: Yildirim E.A. and other. Expression of key genes in the caecum in CM5 and CM9 chickens of the meat cross «Smena 9» against the background of the replacement of fishmeal. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 52–58 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-52-58>

© Yildirim E.A., Ilina L.A., Laptev G.Y., Filippova V.A., Dubrovin A.V., Turina D.G., Kalitkina K.A., Dubrovina A.S., Ponomareva E.S., Fisinin V.I., Egorov I.A., Egorova T.A., Manukyan V.A., Lenkova T.N., Degtyareva O.N.

Введение/Introduction

В настоящее время производство рыбной муки, которая является основным источником белка в рационах сельскохозяйственной птицы, снижается, а потребность в ней у отрасли птицеводства увеличивается [1]. Зависимость от дорогостоящей рыбной муки — один из рисков для отрасли, поэтому для устойчивого развития птицеводства актуален поиск альтернативных источников белка. Соевый шрот — наиболее подходящая альтернатива для кормления птицы из-за высокого содержания белка, сбалансированности незаменимых аминокислот в составе и более низкой стоимости [2]. Однако присутствие в соевом шроте ряда антипитательных факторов (уреазы, ингибитора трипсина, соевого лектина, фитиновой кислоты, сапонинов, фитоэстрогенов и др.) может приводить к нежелательным эффектам на переваримость, усвоение питательных веществ, вызывать повреждение тканей организма [3]. Помимо этого, в качестве альтернативы рыбной муке представляет интерес шрот подсолнечный, который является побочным продуктом экстракции масла из семян подсолнечника (*Helianthus annuus*). Он содержит в своем составе меньше антипитательных факторов, кроме танина и фитиновой кислоты, по сравнению с другими шротами из масличных культур [4]. Кроме того, он богат серосодержащими аминокислотами.

Результаты ряда экспериментов [5] продемонстрировали, что птица нового отечественного кросса «Смена 9» может эффективно применяться в мясном птицеводстве. О зоотехнической характеристике отцовской линии корниш CM5 и материнской линии плимутрок CM9 кросса «Смена 9» известно, что главные селекционные признаки CM5 — высокая живая масса, обмускуленность груди и ног при сниженной оплодотворенности яиц и выводе цыплят [6]. CM9, напротив, имеют превосходство по яйценоскости, массе яиц, выходу цыплят, срокам наступления половой зрелости, жизнеспособности при меньшей скорости прироста живой массы молодняка и более высоких значениях коэффициента конверсии корма [7].

В ряде опытов на сельскохозяйственной птице показано, что продуктивные параметры животных и птицы могут быть связаны с различными внутриклеточными механизмами, включая экспрессию мРНК [8]. Доказано также влияние состава рациона на экспрессию генов сельскохозяйственной птицы [9, 10]. Известно, что в слепых отростках кишечника птицы экспрессируется множество генов, которые связаны с жизненно важными функциями организма [11]. Благодаря пищеварительной системе происходит взаимодействие организма птицы с окружающей средой, формируется устойчивость к заболеваниям и изменениям условий кормления, что в результате влияет на показатели продуктивности.

В настоящее время отсутствуют исследования по оценке влияния продуктов переработки сои и подсолнечника (в качестве альтернативы рыбной муке) на экспрессию жизненно важных генов у линий CM5 и CM9 нового мясного кросса «Смена 9». Поиск связи между ингредиентным составом кормов, генетическим фоном птицы, продуктивностью и уровнем экспрессии ключевых генов может помочь раскрыть новые физиологические механизмы, связанные с высокой

Таблица 1. Схема опыта на линиях CM5 и CM9 родительского поголовья кур (*Gallus gallus* L.) кросса «Смена 9» селекции СГЦ «Смена» (Московская обл.)
Table 1. Scheme of the experiment on the SM5 and SM9 parent lines of the «Smena 9» cross (*Gallus gallus* L.) from the «Smena» breeding center (Moscow region)

Группа		Особенности кормления
Линия CM5	Линия CM9	
1А — контрольная	1Б — контрольная	Основной рацион (ОР) относительно «Руководства по работе с птицей мясного кросса "Смена 9"».
2А — опытная	2Б — опытная	ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки сои.
3А — опытная	3Б — опытная	ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки подсолнечника.
4А — опытная	4Б — опытная	ОР с заменой рыбной муки продуктами переработки сои и подсолнечника в соотношении 50:50.

продуктивностью, а также способствовать разработке и оптимизации составов рационов [12].

Цель исследования — анализ экспрессии генов, связанных с антиоксидантной защитой, иммунитетом, воспалением, апоптозом и продуктивностью в тканях слепых отростков кишечника у родительского поголовья *Gallus gallus* L. линий CM5 и CM9 мясного кросса «Смена 9» на фоне рационов с заменой рыбной муки на продукты переработки сои и подсолнечника.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Эксперименты проводили в виварии СГЦ «Загорское ЭПХ» (Московская обл., Россия) в 2022 г. на двух линиях родительского поголовья кур (*Gallus gallus* L.) отечественного кросса «Смена 9» селекции СГЦ «Смена» (Московская обл.) — отцовской линии CM5 породы корниш и материнской линии CM9 породы плимутрок. При постановке эксперимента были соблюдены требования Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS № 123, Страсбург, 1986)¹.

Условия содержания соответствовали требованиям². В возрасте 26 недель из несушек сформировали восемь групп (по три головы в каждой) с близкой живой массой (табл. 1).

Рецепты комбикормов для птиц различных контрольных и опытных групп представлены в таблице 2.

Мясную и яичную продуктивность птиц кросса «Смена 9» учитывали согласно методикам³. Определяли естественную резистентность организма (бактерицидная активность, включая лизоцимную) [13, 14].

В конце эксперимента птицу декапитировали и проводили отбор тканей слепых отростков кишечника для анализа экспрессии генов. Анализ экспрессии генов проводили с помощью количественной ПЦР с обратной транскрипцией. РНК выделяли из образцов тканей с использованием мини-набора Aurum™ Total RNA (Bio-Rad, Hercules, CA, USA), следуя инструкциям производителя. Реакцию обратной транскрипции проводили для получения кДНК на матрице РНК с использованием iScript™ Reverse Transcription Supermix (Bio-Rad). Для анализа экспрессии мРНК были выбраны специфические праймеры для следующих исследованных генов иммунитета: *IRF7*, *Gal9*, *Gal10*; антиоксидантной защиты: *CAT*, *SOD*;

¹ Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. Страсбург, 18 марта 1986 года. <https://base.garant.ru/4090914/>

² Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / под общ. ред. В. И. Фисинина. Сергиев Посад: ВНИТИП. 2013.

³ Методика проведения исследований по технологии производства яиц и мяса птицы / под ред. В. С. Лукашенко. Сергиев Посад: ВНИТИП. 2015; 103.

Таблица 2. Рецепты комбикормов в опытах на линиях CM5 и CM9 родительского поголовья кур (Gallus gallus L.) кросса «Смена 9» селекции СГЦ «Смена» (Московская обл.), %
Table 2. Feed recipes in experiments on SM5 and SM9 parent lines of the «Smena 9» cross (Gallus gallus L.) from the «Smena» breeding center (Moscow region), %

Показатель	Опытные группы			
	1А, 1Б	2А, 2Б	3А, 3Б	4А, 4Б
Пшеница	40,19	42,42	28,72	36,82
Кукуруза	20,94	22,08	25,0	23,45
Овес	7,0	7,0	7,0	7,0
Жмых подсолнечный	11,0	–	28,18	11,0
Соевый шрот	9,19	18,01	–	11,0
Мука рыбная	1,5	–	–	–
Масло соевое	1,0	1,03	1,50	1,20
Известняк	6,91	7,00	7,00	7,00
Монокальций фосфат	1,21	1,39	1,28	1,35
Премикс	0,5	0,5	0,5	0,5
Соль поваренная	0,29	0,34	0,30	0,33
Лизина сульфат	0,10	0,01	0,36	0,15
Родимет АТ88	0,07	0,12	0,04	0,09
Треонин	0,01	0,01	0,03	0,02
Холин-хлорид	0,08	0,08	0,08	0,08
Фермент ФЕКОРД 2012-С	0,01	0,01	0,01	0,01
Итого, %	100	100	100	100
Сырой протеин	15,5	15,5	15,5	15,5
Сырая клетчатка	4,9	3,62	7,1	5,0
Лизин усвояемый	0,63	0,63	0,63	0,63
Метионин усвояемый	0,32	0,32	0,32	0,32
Метионин + цистин усвояемый	0,56	0,56	0,56	0,56
Треонин усвояемый	0,47	0,47	0,47	0,47
Триптофан усвояемый	0,17	0,17	0,16	0,17
Кальций	3,0	3,0	3,0	3,0
Фосфор общий	0,71	0,66	0,79	0,71
Фосфор доступный	0,40	0,40	0,40	0,40
Натрий	0,15	0,15	0,15	0,15
Хлор	0,24	0,25	0,25	0,25
Обменная энергия, ккал	270	270	270	270

продуктивности: SGLT2; воспаления и апоптоза: Casp6, PTGS2. В качестве референсного контроля использовали праймеры на ген «домашнего хозяйства» — белка бета-актина (ACTB). Праймеры, использованные при анализе экспрессии изученных генов, представлены в таблице 3.

Реакции амплификации проводили с использованием SsoAdvanced™ Universal SYBR® Green Supermix (Bio-Rad, США) в соответствии с протоколом производителя и амплификатором детектирующим ДТлайт (ДНК-Технология, Россия). Режим и условия амплификации были следующими: 5 мин. при 95 °С (предварительный прогрев); 30 сек. при 95 °С, 30 сек. при 60 °С, 30 сек. при 70 °С (40 циклов). Оценка относительного уровня экспрессии проводилась с использованием метода, предложенного Livak и Schmittgen [15].

Математическую и статистическую обработку результатов осуществляли методом многофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) в программах Microsoft Excel XP/2003, R-Studio v. 1.1.453 (<https://rstudio.com>, США). Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Средние значения сравнивались с использованием теста достоверно значимой разницы Тьюки (HSD) и функции TukeyHSD в пакете R Stats Package (США).

Таблица 3. Праймеры, использованные при изучении экспрессии генов у птиц (Gallus gallus L.) линий CM5 и CM9 нового мясного кросса «Смена 9»
Table 3. Primers used in the study of gene expression in poultry (Gallus gallus L.) of the SM5 and SM9 lines of the new meat-type cross «Smena 9»

Ген, его продукт	Последовательность праймеров (5' → 3')
Гены, связанные с антиоксидантной защитой	
CAT, каталаза	F: ACCAAGTACTGCAAGGCGAA, R: TGAGGGTTCCTCTTCTGGCT
SOD, супероксиддисмутаза	F: CGGGCCAGTAAAGGTTACTGGAA, R: TGTTGTCTCCAAATTCATGCACATG
Гены, связанные с иммунитетом	
IRF7, регуляторный фактор интерферона 7	F: ATCCCTTGGAAGCACACGCC, R: CTGAGGCAACCGCTAGACCTT
AvBD9 (Gal9), β-дефензин 9	F: AACACCGTCAGGCATCTTCACA, R: CGTCTTCTTGCTGTAAGCTGGA
AvBD10 (Gal10), β-дефензин 10	F: GCTCTTCGCTGTCTCCTCT, R: CCAGAGATGGTGAAGGTG
Гены, связанные с воспалением и апоптозом	
PTGS2, простагландин-эндопероксидсинтаза	F: TCGAGATCACACTTGATTGACA, R: TTTGTGCTTGTGGGTCAG
Casp6, каспаза 6	F: CAGAGGAGACAAGTGCCAGA, R: CCAGGAGCCGTTTACAGTTT
Гены, связанные с продуктивностью	
SGLT2, натрий-глюкозного котранспортер 2-го типа	F: ACCAAGTACTGCAAGGCGAA, R: TGAGGGTTCCTCTTCTGGCT

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В экспериментах на линиях CM5 и CM9 родительского поголовья кур кросса «Смена 9» установлено, что сохранность поголовья за период опыта (26–47 недель) находилась на уровне 96–100% и не имела достоверных различий между группами ($p > 0,05$) (табл. 4). Кроме того, применение комбикормов растительного типа с разными источниками белка (группы 2А, 3А, 4А, 2Б, 3Б, 4Б) не сказалось отрицательно на показателях яйценоскости и живой массы птицы как по линии CM5, так и по линии CM9 ($p > 0,05$). Так, в 47-недельном возрасте живая масса несушек породы корниш находилась от $3799 \pm 30,1$ до $3840 \pm 27,7$ г, а по курам породы плимутрок — от $3700 \pm 31,2$ до $3725 \pm 27,9$ г.

Таблица 4. Зоотехнические параметры и показатели естественной резистентности линий CM5 и CM9 родительского поголовья кур (Gallus gallus L.) кросса «Смена 9» (Московская обл.)

Table 4. Zootechnical parameters and indicators of natural resistance of the SM5 and SM9 lines of the parent stock (Gallus gallus L.) of the «Smena 9» cross (Moscow region)

Показатели	Опытные группы							
	Линия CM5				Линия CM9			
	1А	2А	3А	4А	1Б	2Б	3Б	4Б
Зоотехнические показатели за 21 неделю продуктивного периода (26–47 недель жизни)								
Сохранность поголовья, %	96,0	96,0	92,0	92,0	96,0	96,0	96,0	100,0
Живая масса, г: в 26 недель	3620 ± 31,1	3672 ± 27,7	3700 ± 27,8	3720 ± 22,9	3505 ± 30,4	3516 ± 34,4	3511 ± 30,2	3510 ± 31,1
в 47 недель	3840 ± 27,7	3799 ± 30,1	3820 ± 27,3	3827 ± 25,5	3720 ± 30,3	3700 ± 31,2	3725 ± 27,9	3715 ± 29,3
Яйценоскость, шт.	64	63	61	65	106	106	103	107
Показатели естественной резистентности в 36 недель жизни								
Лизоцимная активность сыворотки крови, %	38,17 ± 0,17	37,91 ± 0,21	35,02 ± 0,24***	38,08 ± 0,17	37,42 ± 0,19	36,77 ± 0,25	36,17 ± 0,24*	37,22 ± 0,16
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	54,47 ± 0,19	54,25 ± 0,14	52,17 ± 0,20***	54,04 ± 0,16	55,21 ± 0,18	54,99 ± 0,22	53,27 ± 0,20**	55,02 ± 0,17

Различия с соответствующими контрольными группами достоверны при: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$.

При полной замене рыбной муки продуктами переработки подсолнечника (группы 3А и 3Б) показатели лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови на пике продуктивности мясных кур пород корниш и плимутрок имели достоверное снижение ($p \leq 0,05$). Лизоцимная и бактерицидная активность сыворотки крови имеет связь с содержанием врожденных иммунных медиаторов (лизоцима, бактерицидных характеристик крови и т. д.). Данные показатели сыворотки тесно связаны с ответом на инфекцию и широко используются для оценки состояния здоровья. Антимикробные элементы крови обеспечивают быстрые ответы на патогены, поэтому в дальнейшем снижение их выработки в организме может привести к уменьшению устойчивости в ситуациях контакта с возбудителями инфекционных заболеваний [16].

Результаты анализа методом количественной ПЦР с обратной транскрипцией показали, что в большинстве опытных групп (как в вариантах с линией CM5, так и с линией CM9) происходило снижение ($p \leq 0,05$) в тканях слепых отростков кишечника по сравнению с контрольными группами 1А и 1Б экспрессии генов *SOD* и *CAT*, связанных с антиоксидантной защитой организма птиц (рис. 1). Дело в том, что антиоксидантные ферменты супероксиддисмутаза (*SOD*) и каталаза (*CAT*), которые отвечают за радикальную детоксикацию на начальном этапе, создают первый уровень защиты от чужеродных агентов [17]. Производство свободных радикалов, нарушение антиоксидантной защиты и окислительный стресс являются ведущими причинами пагубных последствий стресса у сельскохозяйственной птицы [18], поэтому снижение экспрессии генов *SOD* и *CAT* под влиянием изменения состава рациона в некоторых опытных группах в нашем эксперименте может иметь негативные последствия для организма птиц. Ранее подобных исследований на сельскохозяйственной птице не проводилось. Тем не менее

Рис. 1. Уровень экспрессии генов, связанных с антиоксидантной защитой, в слепых отростках кишечника кур (* отличия от контрольной группы при $p \leq 0,05$, *** отличия от контрольной группы при $p \leq 0,001$)

Fig. 1. The expression level of genes associated with antioxidant protection in the caecum of chicken (* differences from the control group at $p \leq 0,05$, *** differences from the control group at $p \leq 0,001$)

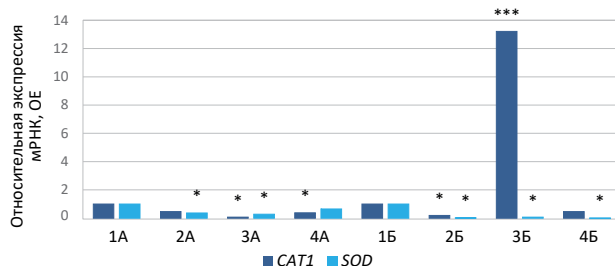
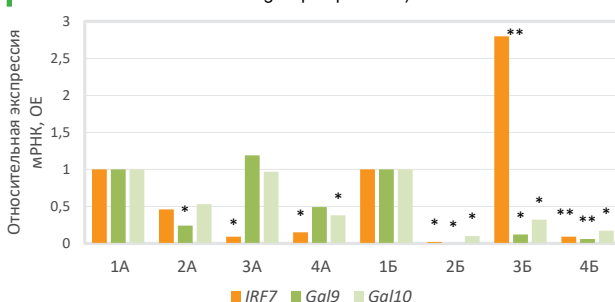


Рис. 2. Уровень экспрессии генов, связанных с иммунитетом, в слепых отростках кишечника кур (* отличия от контрольной группы при $p \leq 0,05$, ** отличия от контрольной группы при $p \leq 0,01$)

Fig. 2. The expression level of genes associated with immunity in the caecum of chicken (* differences from the control group at $p < 0,05$, ** differences from the control group at $p < 0,01$)



в опытах с аквакультурой показано, что соевый глобулин и β -конглицинин в соевой муке разрушительно действовали на антиоксидантную систему и вызывали окислительное повреждение [19, 20].

В эксперименте особенно существенные изменения касались гена *SOD* в опыте на линии CM9 ($p \leq 0,05$), а также гена *CAT*, экспрессия которого повышалась в 13,2 раза в группе 3Б ($p \leq 0,05$). Экспрессия мРНК *SOD* в группах 2Б, 3Б и 4Б уменьшалась в 14,3–100 раз по сравнению с контролем 1Б ($p \leq 0,05$), тогда как на линии CM5 экспрессия гена *SOD* в опытных группах 2А и 3А уменьшалась не более чем в 3,5 раза по сравнению с контролем 1А ($p \leq 0,05$). Таким образом, эти изменения могли иметь связь с генотипом.

Интересно, что наблюдался также неодинаковый уровень экспрессии генов, связанных с иммунитетом, у птиц разных линий, получавших одинаковый рацион (рис. 2). Так, в опыте на линии CM9 происходило снижение (до 100 раз) практически во всех опытных группах по сравнению с контролем 1Б экспрессии мРНК генов *IRF7*, *Gal9* и *Gal10* ($p \leq 0,05$) (исключая экспрессию *IRF7* в варианте 3Б). В то же время в опыте на линии CM5 уменьшение экспрессии генов *IRF7*, *Gal9* и *Gal10* было не столь значительно и затрагивало не все варианты опыта ($p \leq 0,05$). Снижение экспрессии генов *IRF7*, *Gal9* и *Gal10*, скорее всего, свидетельствует о происходящих негативных изменениях в организме птицы под влиянием изменений в составе рациона. Дело в том, что регуляторные факторы интерферона (*IRF*) представляют собой семейство транскрипционных факторов, которое играет решающую роль в индукции генов, кодирующих интерфероны (*IFN*), являющиеся критическими факторами в борьбе с вирусными инфекциями. Они составляют первую линию защиты организма от инфекций. *IRF7* — это ключевой член семейства *IRFS* [21]. В свою очередь, *Gal9* и *Gal10* — это дефензины, которые являются факторами, участвующими во врожденном иммунитете. Они обладают антимикробной активностью в отношении различных патогенов, включая грамотрицательные и положительные бактерии, вирусы и грибы [22]. Это позволяет предположить, что замена рыбной муки на продукты переработки подсолнечника и сои может отрицательно сказаться на показателях резистентности у материнской линии CM9 в случае патогенной нагрузки. Более того, продемонстрировано естественное снижение экспрессии дефензинов в слепых отростках кишечника по мере роста уже с четвертого дня жизни цыплят [23]. Кроме того, Su с соавт. [24] сообщили, что заражение птиц *Eimeria acervulina* также приводит к падению уровня *AvBD1*, *6*, *10*, *11*, *12* и *13* в тканях кишечника, что может создавать определенный риск, особенно при разведении поголовья линии CM9 в условиях промышленного птицеводства.

Полученные данные частично перекликаются с фенотипически наблюдаемым снижением показателей резистентности сыворотки крови в группе 3Б (замена рыбной муки продуктами переработки подсолнечника) в опыте на линии CM9.

Кроме того, был отмечен разный уровень экспрессии провоспалительного гена *PTGS2* у птиц разных линий, получавших одинаковый рацион (рис. 3). Так, в эксперименте на линии CM5 происходило снижение экспрессии мРНК гена *PTGS2* в опытных группах 2А, 3А и 4А по сравнению с контролем 1А от 3,2 до 6,6 раза ($p \leq 0,05$). С другой стороны, в эксперименте на линии CM9 не наблюдалось уменьшения экспрессии данного гена в опытных группах 2Б и 3Б по сравнению с контролем 1Б ($p > 0,05$),

Рис. 3. Уровень экспрессии генов, связанных с воспалением и апоптозом, в слепых отростках кишечника кур (* отличия от контрольной группы при $p \leq 0,05$, *** отличия от контрольной группы при $p \leq 0,001$)

Fig. 3. The expression level of genes associated with inflammation and apoptosis in the caecum of chicken (* differences from the control group at $p \leq 0.05$, *** differences from the control group at $p \leq 0.001$)

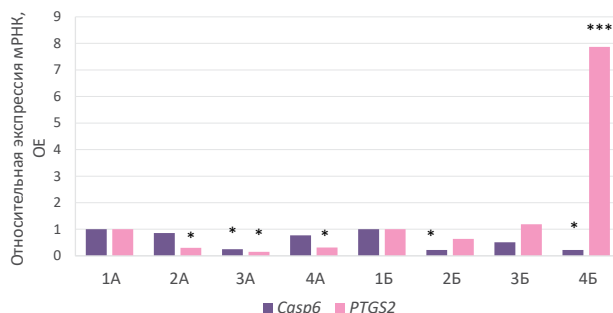
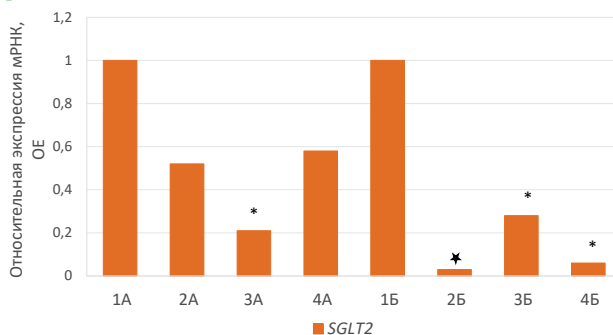


Рис. 4. Уровень экспрессии гена *SGLT2*, связанного с продуктивностью, в слепых отростках кишечника кур (* отличия от контрольной группы при $p \leq 0,05$)

Fig. 4. The expression level of the *SGLT2* gene associated with productivity in the caecum of chicken (* differences from the control group at $p \leq 0.05$)



тогда как в опытной группе 4Б даже происходила его индукция в 7,9 раза ($p \leq 0,05$). Дело в том, что ген *PTGS2* имеет связь с синтезом эндопероксидсинтазы простагландинов (циклооксигеназы 2), которая катализирует окислительное превращение арахидоновой кислоты в простагландин. Простагландин впоследствии метаболизируется до различных биологически активных метаболитов — простациклина и тромбоксана A2, принимая участие как в местных, так и в системных воспалительных реакциях [25]. Ранее в опытах на млекопитающих показано, что гиперэкспрессия *PTGS2* может иметь негативные последствия для организма [26].

Помимо этого, в группе 3А (с заменой рыбной муки продуктами переработки подсолнечника) в опыте на линии СМ5 и в группах 2Б и 4Б (с заменой рыбной муки продуктами переработки сои, а также сои и подсолнечника в соотношении 50:50) в опыте на линии СМ9 наблюдалось снижение мРНК гена *Casp6* ($p \leq 0,05$) (рис. 4). Каспаза-6 (*Casp6*) является одной из трех коротких продоменных эффекторных каспаз, участвующих в апоптотической гибели клеток [27]. Супрессия мРНК *Casp6* в опытных вариантах, по всей вероятности, не является негативным событием, поскольку ранее

сообщалось, что лишь увеличение экспрессии данного гена играет роль в патогенезе различных заболеваний [28, 29]. Ранее в опытах на *Carassius auratus gibelio* и *Cyprinus carpio* было, напротив, показано, что при увеличении потребления соевого шрота повышалась экспрессия провоспалительных генов *IL-6* и *TNF-α* [30].

Изменения в составе рациона оказали также выраженное ингибирующее влияние на уровень экспрессии гена *SGLT2* во всех опытных группах по сравнению с контролем 1Б в эксперименте на линии СМ9 ($p \leq 0,05$). Так, уровень экспрессии данного гена снижался до 33,3 раза (при замене рыбной муки продуктами переработки сои в группе 2Б) по сравнению с контролем 1Б ($p \leq 0,05$). В то же время в опыте на линии СМ5 экспрессия гена *SGLT2* снижалась только в варианте 3А в 4,8 раза по сравнению с контролем 1А ($p \leq 0,05$). Дело в том, что точная роль *SGLT2* для организма птицы неизвестна, однако в опытах на млекопитающих показано, что данный белок — это основной натриевый транспортер глюкозы [31], которая, как известно, представляет собой источник энергии для птицы. Следовательно, усиление экспрессии мРНК *SGLT2* может играть определенную роль в формировании продуктивных качеств. Однако несмотря на то, что замена рыбной муки в рационе птицы в некоторых вариантах опыта приводила к снижению экспрессии гена *SGLT2*, это всё же не приводило к изменениям продуктивности на уровне фенотипа.

Выводы/Conclusion

Таким образом, замена рыбной муки на продукты переработки (как сои, так и подсолнечника) у родительского поголовья кур линий СМ5 и СМ9 мясного кросса «Смена 9» приводила к изменению экспрессии генов *SOD*, *CAT*, *IRF7*, *Gal9*, *Gal10*, *PTGS2*, *Casp6* и *SGLT2* в тканях слепых отростков кишечника. Наиболее выраженные изменения в уровнях экспрессии изученных ключевых генов касались линии СМ9 по сравнению с линией СМ5. В вариантах с полной заменой рыбной муки продуктами переработки подсолнечника (группы 3А и 3Б) на уровне фенотипа наблюдалось снижение показателей лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки крови. С определенной долей вероятности в случае патогенной нагрузки такие изменения могут привести к негативным последствиям для здоровья птицы из-за снижения общей резистентности. Однако для подтверждения данной гипотезы в дальнейшем необходимы дополнительные эксперименты по искусственному заражению птицы.

Необходимо отметить, что сдвиги в экспрессии ключевых генов птицы не отразились на фенотипе мясной и яичной продуктивности: зоотехнические показатели отмечались на уровне контрольных групп. Вероятно, сдвиги в экспрессии генов были естественной физиологической реакцией на изменение состава рациона.

Полученные результаты обеспечивают теоретическую основу для разработки и оптимизации комбикормов для линий СМ5 и СМ9 нового отечественного мясного кросса «Смена 9».

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 22-66-00061 «Экспрессия генов продуктивности и резистентности кур нового отечественного кросса «Смена 9» и ее влияние на иммунитет, особенности реализации генетического потенциала продуктивности при разном энергоаминокислотном питании».

FUNDING

The study was funded by the grant of the Russian Science Foundation No. 22-66-00061 «Expression of productivity and resistance genes in chickens of the new domestic cross «Smena 9» and its effect on immunity, features of the realization of the genetic potential of productivity with different energy amino acid nutrition».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Chen Yu., Ma J., Huang H., Zhong H. Effects of the replacement of fishmeal by soy protein concentrate on growth performance, apparent digestibility, and retention of protein and amino acid in juvenile pearl gentian grouper. *PLoS ONE*. 2019; 14(12): e0222780. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222780>
- Sørensen M., Stjepanovic N., Romarheim O.H., Krekling T., Storebakken T. Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed. *Animal Feed Science and Technology*. 2009; 149(1-2): 149–161. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2008.05.010>
- Kumar V., Barman D., Kumar K., Kumar V., Mandal S.C., De Clercq E. Antinutritional Factors in Plant Feedstuffs Used in Aquafeeds. *World Aquaculture*. 2012; 43(3): 64–68.
- Francis G., Makkar H.P.S., Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*. 2001; 199(3-4): 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
- Emanuylova Zh.V., Egorova A.V., Efimov D.N., Komarov A.A. Efficient highly productive new meat cross Smena-9 with federsex maternal parental form. *E3S Web of Conferences*. 2021; 247: 01035. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124701035>
- Emanuylova Zh.V., Egorova A.V., Efimov D.N., Komarov A.A. New maternal line of the Cornish breed of the «Smena» selection and genetic center. *E3S Web of Conferences*. 2021; 262: 02003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126202003>
- Islam M.S., Howlader M.A.R., Uddin M.S., Kabir F., Alam J. Study on Reproductive Parameters of Barred Plymouth Rock, White Leghorn, Rhode Island Red and White Rock Breed of Cock. *Journal of Biological Sciences*. 2002; 2(9): 605–607. <https://doi.org/10.3923/jbs.2002.605.607>
- Davis R.V.N., Lamont S.J., Rothschild M.F., Persia M.E., Ashwell C.M., Schmidt C.J. Transcriptome Analysis of Post-Hatch Breast Muscle in Legacy and Modern Broiler Chickens Reveals Enrichment of Several Regulators of Myogenic Growth. *PLoS ONE*. 2015; 10(3): e0122525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122525>
- Navidshad B., Royan M. Effect of Dietary Fat on Gene Expression in Poultry, A Review. *Critical Reviews™ in Eukaryotic Gene Expression*. 2016; 26(4): 333–341. <https://doi.org/10.1615/CritRevEukaryotGeneExpr.2016016859>
- Brannan K.E., Helfrich K.K., Flentke G.R., Smith S.M., Livingston K.A., Jansen van Rensburg C. Influence of incubation, diet, and sex on avian uncoupling protein expression and oxidative stress in market age broilers following exposure to acute heat stress. *Poultry Science*. 2022; 101(5): 101748. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101748>
- Overbey E.G. et al. Transcriptomes of an Array of Chicken Ovary, Intestinal, and Immune Cells and Tissues. *Frontiers in Genetics*. 2021; 12: 664424. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.664424>
- Niemann H., Kuhla B., Flachowsky G. Perspectives for feed-efficient animal production. *Journal of Animal Science*. 2011; 89(12): 4344–4363. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4235>
- Gershwin L.J., Krawkowka S., Olsen R.G. Immunology and Immunopathology of Domestic Animals. 2nd ed. St. Louis: Mosby. 1995; x+195. ISBN 0-0816-6398-9
- Grossowicz N., Ariel M. Methods for Determination of Lysozyme Activity. *Methods of Biochemical Analysis*. 1983; 29: 435–446. <https://doi.org/10.1002/9780470110492.ch8>
- Livak K.J., Schmittgen T.D. Analysis of Relative Gene Expression Data Using Real-Time Quantitative PCR and the $2^{-\Delta\Delta C_t}$ Method. *Methods*. 2001; 25(4): 402–408. <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>
- Levy O. Antimicrobial proteins and peptides of blood: templates for novel antimicrobial agents. *Blood*. 2000; 96(8): 2664–2672.
- Teyssier J.R., Brugaletta G., Sirri F., Dridi S., Rochell S.J. A review of heat stress in chickens. Part II: Insights into protein and energy utilization and feeding. *Frontiers in Physiology*. 2022; 13: 943612. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.943612>

- Surai P.F., Kochish I.I., Fisinin V.I., Kidd M.T. Antioxidant Defence Systems and Oxidative Stress in Poultry Biology: An Update. *Antioxidants*. 2019; 8(7): 235. <https://doi.org/10.3390/antiox8070235>
- Jiang W.-D. et al. Soyabean glycinin depresses intestinal growth and function in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var Jian): Protective effects of glutamine. *British Journal of Nutrition*. 2015; 114(10): 1569–1583. <https://doi.org/10.1017/S0007114515003219>
- Kokou F. et al. Effects of Fish Meal Replacement by a Soybean Protein on Growth, Histology, Selected Immune and Oxidative Status Markers of Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata*. *Journal of World Aquaculture Society*. 2015; 46(2): 115–128. <https://doi.org/10.1111/jwas.12181>
- Wang Yu. et al. Chicken interferon regulatory factor 7 (IRF7) can control ALV-J virus infection by triggering type I interferon production through affecting genes related with innate immune signaling pathway. *Developmental & Comparative Immunology*. 2021; 119: 104026. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2021.104026>
- Terada T., Nii T., Isobe N., Yoshimura Yu. Changes in the Expression of Avian β -defensins (AvBDs) and Proinflammatory Cytokines and Localization of AvBD2 in the Intestine of Broiler Embryos and Chicks during Growth. *The Journal of Poultry Science*. 2018; 55(4): 280–287. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0180022>
- Crhanova M. et al. Immune Response of Chicken Gut to Natural Colonization by Gut Microflora and to *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis Infection. *Infection and Immunity*. 2011; 79(7): 2755–2763. <https://doi.org/10.1128/iai.01375-10>
- Su S., Dwyer D.M., Miska K.B., Fetterer R.H., Jenkins M.C., Wong E.A. Expression of host defense peptides in the intestine of Eimeria-challenged chickens. *Poultry Science*. 2017; 96(7): 2421–2427. <https://doi.org/10.3382/ps/pew468>
- Thuresson E.D. et al. Prostaglandin Endoperoxide H Synthase-1: The Functions of Cyclooxygenase Active Site Residues in the Binding, Positioning, and Oxygenation of Arachidonic Acid. *Journal of Biological Chemistry*. 2001; 276(13): 10347–10357. <https://doi.org/10.1074/jbc.M009377200>
- Kunzmann A.T., Murray L.J., Cardwell C.R., McShane C.M., McMenamin U.C., Cantwell M.M. PTGS2 (Cyclooxygenase-2) Expression and Survival among Colorectal Cancer Patients: A Systematic Review. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2013; 22(9): 1490–1497. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-13-0263>
- Godefroy N., Foveau B., Albrecht S., Goodyer C.G., LeBlanc A.C. Expression and Activation of Caspase-6 in Human Fetal and Adult Tissues. *PLoS ONE*. 2013; 8(11): e79313. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079313>
- Graham R.K., Ehrnhoefer D.E., Hayden M.R. Caspase-6 and neurodegeneration. *Trends in Neurosciences*. 2011; 34(12): 646–656. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.09.001>
- Giaime E. et al. Loss of function of DJ-1 triggered by Parkinson's disease-associated mutation is due to proteolytic resistance to caspase-6. *Cell Death & Differentiation*. 2010; 17(1): 158–169. <https://doi.org/10.1038/cdd.2009.116>
- Xuran Liu et al. Replacement of fishmeal with soybean meal affects the growth performance, digestive enzymes, intestinal microbiota and immunity of *Carassius auratus gibelio* × *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Reports*. 2020; 18: 100472. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100472>
- Michel M.C., Mayoux E., Vallon V. A comprehensive review of the pharmacodynamics of the SGLT2 inhibitor empagliflozin in animals and humans. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. 2015; 388(8): 801–816. <https://doi.org/10.1007/s00210-015-1134-1>

ОБ АВТОРАХ

Елена Александровна Йылдырым¹,
доктор биологических наук
deniz@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

Лариса Александровна Ильина¹,
доктор биологических наук
ilina@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

Георгий Юрьевич Лаптев¹,
доктор биологических наук
laptev@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

ABOUT THE AUTHORS

Elena Alexandrovna Yildirim¹,
Doctor of Biological Sciences
deniz@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5846-5105>

Larisa Alexandrovna Ilina¹,
Doctor of Biological Sciences
ilina@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2789-4844>

George Yurievich Laptev¹,
Doctor of Biological Sciences
laptev@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

Валентина Анатольевна Филиппова¹,
биотехнолог
filippova@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

Андрей Валерьевич Дубровин¹,
кандидат ветеринарных наук
dubrowin.a.v@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

Дарья Георгиевна Тюрина¹,
кандидат экономических наук
tiurina@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

Ксения Андреевна Калиткина¹,
биотехнолог
ksenya.k.a@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

Алиса Сергеевна Дубровина¹,
биотехнолог
dasvet@biotrof.ru
<https://orcid.org/0009-0005-1879-7497>

Екатерина Сергеевна Пономарева¹,
биотехнолог,
kate@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

Владимир Иванович Фисинин²,
академик Российской академии наук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель
olga@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Иван Афанасьевич Егоров²,
академик Российской академии наук, доктор биологических наук, профессор, руководитель отдела исследований по кормлению птицы
olga@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

Татьяна Анатольевна Егорова²,
доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе
eta164@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

Вардгес Агавардович Манукян²,
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом питания птицы
manukyan@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

Татьяна Николаевна Ленкова²,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ученый секретарь
dissovet@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

Ольга Николаевна Дегтярева²,
кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
fncvnitip@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

¹ ООО «БИОТРОФ+»,
бульвар Загребский, 19, корп. 1, Санкт-Петербург, 192288, Россия

² Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства», ул. Птицеградская, 10, Сергиев Посад, 141311, Россия

Valentina Anatolievna Filippova¹,
Biotechnologist
filippova@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8789-9837>

Andrey Valerievich Dubrovin¹,
Candidate of Veterinary Sciences
dubrowin.a.v@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8424-4114>

Darya Georgievna Tiurina¹,
Candidate of Economic Sciences
tiurina@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9001-2432>

Ksenya Andreevna Kalitkina¹,
Biotechnologist
ksenya.k.a@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9541-6839>

Alisa Sergeevna Dubrovina¹,
Biotechnologist
dasvet@biotrof.ru
<https://orcid.org/0009-0005-1879-7497>

Ekaterina Sergeevna Ponomareva¹,
Biotechnologist,
kate@biotrof.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4336-8273>

Vladimir Ivanovich Fisinin²,
Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific Supervisor
olga@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0081-6336>

Ivan Afanasievich Egorov²,
Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Poultry Feeding Research Department
olga@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9122-9553>

Tatiana Anatolievna Egorova²,
Doctor of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research
eta164@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5102-2248>

Vardges Agavardovich Manukyan²,
Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Poultry Nutrition
manukyan@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4564-4427>

Tatyana Nikolaevna Lenkova²,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Scientific Secretary
dissovet@vnitip.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8391-5000>

Olga Nikolaevna Degtyareva²,
Candidate of Agricultural Sciences, Researcher
fncvnitip@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7243-7381>

¹ «БИОТРОФ+» Ltd,
19 Zagrebkiy boulevard, 1 building, Saint-Petersburg, 192288, Russia

² Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center «All-Russian Research and Technological Poultry Institute», 10 Ptitsegradskaya Str., Sergiev Posad, 141311, Russia

УДК 637.05

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63

А.С. Горелик¹,
М.Б. Ребезов^{2, 3},
О.В. Горелик³ ✉

¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

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

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию:
03.04.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63

Artem S. Gorelik¹,
Maksim B. Rebezov^{2, 3},
Olga V. Gorelik³ ✉

¹ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office:
03.04.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Молоко и продукты из молока — ключевые продукты питания в России. Основным сырьем для производства сыра в качестве важной составляющей рациона граждан является молоко, главный источник которого — крупнорогатый скот. Голширская порода распространена на Урале. Изучение ее особенностей и повышение качества молока (а значит, молочных продуктов питания) являются актуальной задачей для АПК России.

Методы. Цель работы — изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра.

Результаты. В результате исследований установлено, что лучшим по качеству оказался сгусток из молока коров по 3-й и 4-й лактациям. Для его получения было затрачено меньше хлористого кальция и сыворотки, чем при изготовлении сыров из молока коров по 1-й и 2-й лактациям. Следует отметить и то, что длительность операций по образованию сгустка и работы с ним, а также по самопрессованию была короче у молока коров по 3-й и 4-й лактациям. При изготовлении сыра «Адыгейский» по ТУ предприятия за счет внесения сычужного фермента улучшился сгусток и снизилась продолжительность самопрессования, что положительно сказалось на качестве продукта. Установлены особенности при изготовлении сыров свежих «Любительский» и «Столовый», а именно определенные отличия по некоторым технологическим операциям, их длительности и качественным показателям сгустка и отделяемой сыворотки. Так, молоко различалось по расходу хлористого кальция, молочнокислой закваски и сычужного фермента. Самый низкий расход этих компонентов оказался при изготовлении сыра из молока половозрастных коров. Молоко коров голштинской породы уральской селекции пригодно для переработки в мягкие сыры независимо от сезона года. Однако лучшие показатели технологических свойств установлены в молоке половозрастных коров по 3-й и 4-й лактациям.

Ключевые слова: крупнорогатый скот, линия, коровы, молоко, выработка сыра, качество, сыр

Для цитирования: Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В. Изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 59–63. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63>

© Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В.

Study of the influence of dairy raw materials by seasons of the year on technological parameters in the production of soft cheese

ABSTRACT

Relevance. Milk and milk products are key food products in Russia. The main raw material for the production of cheese as an important component of the diet of citizens is milk, the main source of which is cattle. The Holshire breed is common in the Urals. Studying its features and improving the quality of milk (and therefore dairy products) is an urgent task for the agro-industrial complex of Russia.

Methods. The purpose of the work is to study the influence of dairy raw materials by seasons on technological parameters in the production of soft cheese.

Results. As a result of the research, it was found that the best quality was a clot from cows' milk for the 3rd and 4th lactation. To obtain it, less calcium chloride and whey were spent than in the manufacture of cheeses from cows' milk according to the 1st and 2nd lactation. It should also be noted that the duration of operations for the formation of a clot and work with it, as well as for self-pressing, was shorter in cows' milk for the 3rd and 4th lactation. In the manufacture of «Adygeisky» cheese on the other side of the enterprise, due to the introduction of rennet, the clot improved and the duration of self-pressing decreased, which had a positive effect on the quality of the product. The peculiarities in the manufacture of fresh «Amateur» and «Table» cheeses have been established, namely, certain differences in some technological operations, their duration and quality indicators of the clot and the separated whey. Thus, milk differed in the consumption of calcium chloride, lactic acid starter culture and rennet. The lowest consumption of these components turned out to be in the manufacture of cheese from milk of age-and-age cows. The milk of cows of the Holstein breed of the Ural selection is suitable for processing into soft cheeses regardless of the season of the year. However, the best indicators of technological properties are found in the milk of age-and-age cows for the 3rd and 4th lactation.

Key words: cattle, line, cows, milk, cheese production, quality, cheese

For citation: Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V. Study of the influence of dairy raw materials by seasons of the year on technological parameters in the production of soft cheese. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 59–63 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-59-63>

© Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V.

Введение/Introduction

Главная задача, стоящая перед работниками агропромышленного комплекса страны, — обеспечить население достаточным количеством полноценных продуктов питания собственного производства, в том числе и животного происхождения [1].

Получают этот продукт в основном от маточного поголовья крупнорогатого скота молочного направления продуктивности. Увеличение его производства возможно лишь за счет повышения продуктивности сельскохозяйственных животных как основного направления решения проблемы продовольственной безопасности страны [2, 3]. Это предполагает использование высокопродуктивных молочных пород скота как отечественной, так и зарубежной селекции. Наиболее распространенными по поголовью в Российской Федерации являются такие молочные породы, как отечественная черно-пестрая и голштинская, созданная в США и Канаде [4, 5].

Обе породы — родственные по происхождению, поскольку в их генотипе присутствуют гены голландского скота, который является их прародителем, а также большинства черно-пестрых пород мира. Генофонд голштинской породы повсеместно использовался и продолжает использоваться в настоящее время для совершенствования отечественных молочных пород, в том числе черно-пестрой, уже более четырех десятилетий [5, 6]. Это привело к поглощению уральского типа черно-пестрого скота голштинской породой, и на сегодняшний день в сельскохозяйственных предприятиях Свердловской области основное поголовье имеет кровность по голштинской породе свыше 87,5%, что позволяет отнести этих животных к голштинской породе [7–9].

Сыры — один из популярных и важных компонентов здорового питания граждан. Основным сырьем для производства сыров является молоко коровы, поэтому производство молока высокого качества с необходимыми технологическими свойствами для производства сыра является актуальной задачей [5, 10].

Цель работы — изучение влияния молочного сырья по сезонам года на технологические параметры при производстве мягкого сыра.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в одном из типичных племенных репродукторов по разведению молочного скота голштинской породы, выработка мягких сыров — в лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ» (пос. Исток, г. Екатеринбург, Свердловская обл.), в цехах по производству сыров «Никольская слобода» (с. Никольское, Сысертский р-н, Свердловская обл.), «Соболев-сыр» (с. Малобрусанское, Белоярский р-н, Свердловская обл.).

Проводили органолептическую оценку сыра по Межгосударственному стандарту ГОСТ 33630-2015¹. Производили «Сыр адыгейский», «Сыр любительский» и «Сыр столовый» по ГОСТ 32263-2013² кислотно-сычужным способом по проекту СТО «Сыры мягкие. Технические условия» при помощи сычужного фермента.

Содержание жира определяли согласно методике ГОСТ 5867-90³, массовой доли белка — по методике ГОСТ Р 54662-2011⁴, сухого вещества — по ГОСТ 3626-73⁵, а хлористого натрия — по ГОСТ 3627-81⁶.

Выход продукции определяли расчетным путем, исходя из массы готового продукта.

Партии сыра произведены исключительно в научных целях, без реализации продукции.

Авторы статьи соблюдают требования Роспатента (Федеральная служба по интеллектуальной собственности) к зарегистрированному наименованию места происхождения товара — НМПП № 74 «Сыр адыгейский»⁷.

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.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Была проведена выработка мягких сыров для оценки пригодности молока к их производству (табл. 1).

При изготовлении «Сыра адыгейского» по ГОСТ 32263 лучшим по качеству оказался сгусток из молока коров по 3-й и 4-й лактациям. Для его получения было затрачено меньше хлористого кальция и сыворотки,

Таблица 1. Технологические параметры производства «Сыра адыгейского»
Table 1. Technological parameters for the production of «Adygei Cheese»

Показатель	Нормативные показатели	Лактация			
		1	2	3	4
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 100 кг молока	20–30	28	23	20	20
Количество сычужного фермента, г / 100 кг молока	–	–	–	–	–
Количество сыворотки, % / 100 кг молока	8–10	9,4	8,7	8,2	8,0
<i>Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна</i>					
Продолжительность свертывания, мин.	5–10	11	8,5	6,5	6,0
Состояние сгустка	нормально прочный	нормально прочный	нормально прочный	прочный	прочный
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	5–7	7	5	5	5
<i>Самопрессование</i>					
Продолжительность, мин.	10–20	18	15	12	12
Количество переворачиваний	1	1	1	1	1

¹ ГОСТ 33630-2015 Сыры и сыры плавильные. Методы контроля органолептических показателей. М.: Стандартинформ. 2016; 54.

² ГОСТ 32263-2013 Сыры мягкие. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2014; 10.

³ ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ. 2009; 12.

⁴ ГОСТ Р 54662-2011 Сыры и сыры плавильные. Определение массовой доли белка методом Кельдаля. М.: Стандартинформ. 2012; 14.

⁵ ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2009; 11.

⁶ ГОСТ 3627-81 Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия. М.: Стандартинформ. 2009; 6.

⁷ <https://rospatent.gov.ru/ru/sources/regional-brands/regional-brands-map> Субъекты Российской Федерации, для региональных товаров которых зарегистрированы географические указания (ГУ) и наименования мест происхождения товаров (НМПП) — НМПП № 74 «Сыр адыгейский».

чем при изготовлении сыров из молока коров по 1-й и 2-й лактациям. Следует отметить, что длительность операций по образованию сгустка и работы с ним, а также по самопрессованию была короче у молока коров по 3-й и 4-й лактациям. По нашему мнению, это связано с МДБ в молоке и лучшим соотношением питательных веществ (компонентов сухого вещества) в молоке, а именно «жира и белка», «белка и СОМО», «жира и СОМО». Вероятно, в молоке коров 3-й и 4-й лактации структура компонентов молока «диаметр и масса мицелл казеина», а также «количество и размер жировых шариков» оказалась наиболее благоприятной для изготовления сыров за счет процессов молокообразования по сборке мицелл казеина у половозрелых физиологически зрелых коров. Молоко коров по 1-й и 2-й лактациям хотя и было пригодно для производства сыров, отличалось более худшими качествами и с точки зрения эффективности переработки более пригодно для производства цельномолочной продукции, а именно питьевого молока и кисломолочных продуктов.

Эти выводы подтверждаются и различием в технологических параметрах при производстве сыра по техническим условиям предприятия, несмотря на их улучшение (табл. 2).

Из данных, представленных в таблице, хорошо видно, что за счет внесения сычужного фермента улучшился сгусток и снизилась продолжительность самопрессования, что положительно сказалось на качестве продукта.

Были выработаны и кислотно-сычужные сыры типа «Любительский свежий» (табл. 3) и «Столовый свежий» (табл. 4).

Технологические параметры при изготовлении сыра «Любительский свежий» из молока коров разного возраста голштинской породы соблюдаются. Однако необходимо отметить, что имеются определенные отличия по некоторым технологическим операциям, их длительности и качественным показателям сгустка и отделяемой сыворотки. Так, молоко различалось по расходу хлористого кальция, молочнокислой закваски и сычужного фермента. Самый низкий

Таблица 2. Технологические параметры производства «Сыра адыгейского» по ТУ предприятия
Table 2. Technological parameters of the production of «Adygea Cheese» according to the TU of the enterprise

Показатель	Нормативные показатели	Лактация			
		1	2	3	4
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 100 кг молока	20–30	26	25	20	20
Количество сычужного фермента на 100 кг молока	150 мл 10% раствора	180 мл 10% раствора	160 мл 10% раствора	120 мл 10% раствора	120 мл 10% раствора
Количество сыворотки, % / 100 кг молока	3–5	4,5	4,5	3,5	3,5
Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна					
Продолжительность свертывания, мин.	35–45	43,0	40,0	35,0	35,0
Состояние сгустка	нормально прочный	нормально прочный	прочный	прочный	прочный
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	5–7	5	5	5	5
Самопрессование					
Продолжительность, мин.	10–20	15	12	10	10
Количество переворачиваний	1	1	1	1	1

Таблица 3. Основные технологические параметры приготовления сыра
Table 3. The main technological parameters for the preparation of cheese

Показатель	Нормативные показатели	Лактация			
		1	2	3	4
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 1000 кг молока	200–300	250	250	200	200
Количество вносимой бактериальной закваски, % от количества молока перед созреванием	0,7–2,0	1,5	1,0	1,0	1,0
Количество сычужного фермента, г / 100 кг молока	0,5–1,0	1,5	1,0	0,5	0,5
Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна					
Продолжительность свертывания, мин.	30–60	48	35	30	30
Состояние сгустка	нормально прочный	нормально прочный	плотный	плотный	плотный
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-белесая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	30–50	46	36	32	33
Самопрессование					
Продолжительность прессования, ч.	3–5	4,5	4,5	3,5	3,5
Количество переворачиваний	3–4	3	3	2	2

Таблица 4. Основные технологические параметры приготовления сыра
Table 4. The main technological parameters for the preparation of cheese

Показатель	Нормативные показатели	Лактация			
		1	2	3	4
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 100 кг молока	200–300	250	250	200	200
Количество вносимой бактериальной закваски, % от количества молока перед созреванием	1–1,5	1,5	1,5	1,0	1,0
Количество сычужного фермента, г / 100 кг молока	1,0–1,2	1,0	1,0	0,5	0,5
Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна					
Продолжительность свертывания, мин.	30–60	52	45	35	35
Состояние сгустка	нормально прочный	нормально прочный	плотный	плотный	плотный
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	30–50	36	32	42	43
Самопрессование					
Продолжительность прессования, мин.	15–25	18	15	15	15
Количество переворачиваний	3–4	4	4	3	3

расход этих компонентов оказался при изготовлении сыра из молока половозрелых коров, при этом у них был самый лучший сгусток (нормально плотный) и образовался он быстрее, чем в молоке молодых коров по 1-й и 2-й лактациям. Более слабый сгусток оказался при использовании молока коров-первотелок.

Изготовление «Сыра столового свежего» подтвердило полученные результаты (табл. 4).

Таблица 5. Степень использования компонентов молока, %
Table 5. The degree of use of milk components, %

Показатель	Лактация			
	1	2	3	4
«Сыр адыгейский» по ГОСТ				
Степень использования молочного жира, %	87,9	89,2	92,2	92,5
Степень использования молочного белка, %	68,2	68,8	78,4	78,8
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	8,14	7,95	7,36	7,56
Сыр «Кавказские традиции» по проекту СТО Сыры мягкие. Технические условия				
Степень использования молочного жира, %	92,4	92,7	92,9	93,6
Степень использования молочного белка, %	76,2	78,6	78,6	81,2
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	9,02	8,52	7,44	6,92
«Сыр любительский свежий»				
Степень использования молочного жира, %	92,4	92,2	92,9	94,7
Степень использования молочного белка, %	79,2	78,6	83,9	84,6
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	8,72	8,92	7,44	7,35
«Сыр столовый свежий»				
Степень использования молочного жира, %	92,9	92,5	92,0	94,7
Степень использования молочного белка, %	79,2	79,8	85,9	86,6
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	8,82	8,45	7,74	7,45

Основные изучаемые показатели молока при изготовлении «Сыра столового свежего» изменялись в той же закономерности, как и при приготовлении «Сыра любительского свежего». Лучшим признано молоко, полученное в осенне-зимний сезон. Наиболее слабые технологические параметры отмечались у молока в летний период.

Важные показатели при производстве сыра — это степень использования жира и белка молока, которые зависят не только от их содержания в молоке, но состава и структуры. Так, на сыропригодность молока оказывает влияние количество белка в молоке, а именно в большей степени казеин, который присутствует в молоке в виде мицелл, включающих α -, β - и κ -фракции казеина, в то время как γ -фракция является немицеллярной и особой роли в образовании сгустка не играет, хотя и входит в состав казеина и повышает его содержание. Степень использования белка и жира в какой-то мере и показатель эффективности переработки молока в сыры (табл. 5).

В результате проведенных технологий по выработке мягких сыров установлено, что из молока половозрастных коров по 3-й и 4-й лактациям получают больше сыра при меньших затратах молока на 1 кг при более полном использовании молочного жира и молочного белка по сравнению с молоком, полученным от первотелок и коров по 2-й лактации.

Таким образом, можно сделать вывод, что с возрастом происходит изменение физико-химических показателей молока, которые улучшаются при достижении физиологической зрелости у коров. Для глубокой переработки при производстве сыров лучшим является молоко от коров по 3-й и 4-й лактациям.

В таблице 6 приведены результаты оценки физико-химических показателей сыров.

Возраст коров в лактациях не оказывает значительного влияния на качественные показатели готового продукта — мягкого сыра из их молока. Однако установлена

Таблица 6. Физико-химические показатели сыров
Table 6. Physical and chemical parameters of cheeses

Показатель	Лактация			
	1	2	3	4
«Сыр любительский»				
Жир в пересчете на сухое вещество, %	50,3 ± 0,63	49,8 ± 0,78	52,1 ± 1,13	52,1 ± 0,98
Влага, %	59,8 ± 1,31	59,3 ± 1,01	58,8 ± 0,92	58,9 ± 0,94
Натрий хлористый, %	2,5 ± 0,03	2,4 ± 0,02	2,5 ± 0,01	2,5 ± 0,03
Жир в 100 г, г	20,1 ± 0,56	20,7 ± 0,34	20,4 ± 0,82	20,7 ± 0,37
Белок в 100 г, г	16,6 ± 0,24	16,4 ± 0,36	17,8 ± 0,48	17,4 ± 0,39
Пищевая ценность, кДж/кКал	1059/253	1084/259	1092/261	1100/263
«Сыр столовый свежий»				
Жир в пересчете на сухое вещество, %	40,3 ± 0,43	40,7 ± 0,31	41,5 ± 0,23	41,4 ± 0,34
Влага, %	53,7 ± 1,13	53,4 ± 1,31	52,0 ± 0,42	52,3 ± 1,04
Натрий хлористый, %	2,5 ± 0,03	2,0 ± 0,02	3,0 ± 0,01	3,0 ± 0,03
Жир в 100 г, г	19,0 ± 0,26	18,7 ± 0,55	19,3 ± 0,62	19,5 ± 0,77
Белок в 100 г, г	23,4 ± 0,34	23,2 ± 0,41	24,3 ± 0,54	24,0 ± 0,69
Пищевая ценность, кДж/кКал	1137/271	1117/267	1155/276	1159/277
«Сыр адыгейский» ГОСТ				
Жир в пересчете на сухое вещество, %	45,3 ± 0,33	44,8 ± 0,48	45,6 ± 0,13	45,7 ± 0,28
Влага, %	61,3 ± 0,31	60,4 ± 0,21	58,9 ± 0,32	58,1 ± 0,24
Натрий хлористый, %	1,8 ± 0,01	1,8 ± 0,02	2,0 ± 0,02	2,0 ± 0,03
Жир в 100 г, г	18,1 ± 0,26	18,3 ± 0,14	18,9 ± 0,24	19,1 ± 0,24
Белок в 100 г, г	14,6 ± 0,21	14,7 ± 0,23	15,3 ± 0,24	15,4 ± 0,14
Пищевая ценность, кДж/кКал	946/226	958/229	992/237	1004/240
Сыр «Кавказские традиции» по проекту СТО Сыры мягкие. Технические условия				
Жир в пересчете на сухое вещество, %	45,2 ± 0,63	44,9 ± 0,53	45,8 ± 0,44	45,2 ± 0,28
Влага, %	58,7 ± 0,43	59,4 ± 0,51	59,0 ± 0,32	60,0 ± 0,33
Натрий хлористый, %	1,9 ± 0,01	1,9 ± 0,02	2,0 ± 0,01	2,0 ± 0,02
Жир в 100 г, г	19,3 ± 0,21	18,5 ± 0,35	18,9 ± 0,22	19,3 ± 0,27
Белок в 100 г, г	14,4 ± 0,34	14,2 ± 0,41	15,9 ± 0,54	16,2 ± 0,69
Пищевая ценность, кДж/кКал	992/237	958/229	1004/240	1021/244

тенденция более лучших показателей сыра из молока половозрастных коров. В нашем случае (независимо от того, что лучшее по химическому составу было получено от молока коров по 2-й лактации) выявлено некоторое снижение качественных показателей сыров по содержанию в них питательных веществ. Вероятно, структура жировых шариков и мицелл казеина была хуже, чем у половозрастных коров, из-за продолжающегося роста и значительное количество энергии тратилось на ростовые характеристики, а не на молокообразование.

Выводы/Conclusion

Таким образом, молоко коров голштинской породы уральской селекции пригодно для переработки в мягкие сыры независимо от сезона года. Однако лучшие показатели технологических свойств установлены в молоке половозрастных коров по 3-й и 4-й лактациям. В этом возрасте снижаются затраты на производство сыра и повышается степень использования молочного жира и молочного белка из молока в готовый продукт.

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

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (госрегистрация № АААА-А19-1191014000069).

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 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).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тулинова О.В., Васильева Е.Н. Современное состояние и перспективы совершенствования молочного скота айрширской породы Российской Федерации. *Генетика и разведение животных*. 2017; (2): 3–16. <https://elibrary.ru/yornmt>
2. 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>
3. Хмельничий Л.М., Вечёрка В.В., Хмельничий С.Л. Молочная продуктивность коров украинской черно-пестрой породы в зависимости от влияния наследственности линий и голштина. *Зоотехническая наука Беларуси*. 2021; 56(1): 103–108. <https://elibrary.ru/mvflvj>
4. Сермягин А.А., Быкова О.А., Лоретц О.Г., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Оценка геномной вариативности продуктивных признаков у животных голштинизированной черно-пестрой породы на основе GWAS анализа и ROH паттернов. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(2): 257–274. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.257rus>
5. Гридина С.Л., Гридин В.Ф., Лешонок О.И., Гусева Л.В. Динамика развития племенного молочного животноводства Свердловской области. *Аграрный вестник Урала*. 2018; (8): 30–34. <https://elibrary.ru/yigqql>
6. Файзуллин П.В., Горелик О.В., Федосеева Н.А. Особенности лактационной деятельности голштинских коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022; (1): 175–180. <https://elibrary.ru/lystrt>
7. Казанцева Е.С. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы. *Молочнохозяйственный вестник*. 2018; (2): 36–43. <https://elibrary.ru/xtwgct>
8. Шилов А.И., Ляшук Р.Н. Производство молока на современной молочной ферме. *Вестник аграрной науки*. 2021; (3): 101–106. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.3.101>
9. Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочнохозяйственный вестник*. 2020; (1): 90–102. <https://elibrary.ru/ueogvy>
10. Шуварики 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: Карпуш. 2021; 163–168. <https://elibrary.ru/vhycnf>

ОБ АВТОРАХ

Артем Сергеевич Горелик¹,
кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

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>

Ольга Васильевна Горелик³,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620137, Россия

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

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

REFERENCES

1. Tulinova O., Vasilieva E. Current status and prospects for improving the dairy Ayrshire cattle in the Russian Federation. *Genetics and breeding of animals*. 2017; (2): 3–16 (In Russian). <https://elibrary.ru/yornmt>
2. 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 AIC*. 2018; 32(8): 60, 61 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
3. Khmelnychiy L.M., Vechorka V.V., Khmelnychiy S.L. Dairy performance of Ukrainian black-and-white breed of cows depending on inheritance of lines and Holstein. *Zootechnical Science of Belarus*. 2021; 56(1): 103–108 (In Russian). <https://elibrary.ru/mvflvj>
4. Sermyagin A.A., Bykova O.A., Lorets O.G., Kostyunina O.V., Zinovieva N.A. Genomic variability assess for breeding traits in Holsteinized Russian black-and-white cattle using GWAS analysis and ROH patterns. *Agricultural Biology*. 2020; 55(2): 257–274 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.2.257rus>
5. Gridina S.L., Gridin V.F., Leshonok O.I., Guseva L.V. Dynamics of development of the breast dairy livestocking in Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018; (8): 30–34 (In Russian). <https://elibrary.ru/yigqql>
6. Fayzullin P.V., Gorelik O.V., Fedoseeva N.A. Features of lactation activity of Holstein cows depending on the linear affiliation. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2022; (1): 175–180 (In Russian). <https://elibrary.ru/lystrt>
7. Kazantseva E.S. Productive longevity of black-and-white cows. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2018; (2): 36–43 (In Russian). <https://elibrary.ru/xtwgct>
8. Shilov A.I., Lyashuk R.N. Milk production on a modern dairy farm. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021; (3): 101–106. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.3.101>
9. Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of black-mottley cows with various milking techniques. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2020; (1): 90–102 (In Russian). <https://elibrary.ru/ueogvy>
10. 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://elibrary.ru/vhycnf>

ABOUT THE AUTHORS

Artem Sergeevich Gorelik¹,
Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

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>

Olga Vasilyevna Gorelik³,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

¹ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
22 Mira Str., Yekaterinburg, 620137, Russia

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

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

А.С. Горелик¹,
М.Б. Ребезов^{2, 3},
О.В. Горелик³ ✉

¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

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

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию:
15.04.2023

Одобрена после рецензирования:
15.08.2023

Принята к публикации:
28.08.2023

Artem S. Gorelik¹,
Maksim B. Rebezov^{2, 3},
Olga V. Gorelik³ ✉

¹ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

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

³ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office:
15.04.2023

Accepted in revised:
15.08.2023

Accepted for publication:
28.08.2023

Технологические параметры выработки мягкого сыра в зависимости от линейного происхождения коров

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из важных продуктов в рационе граждан России является молоко. Кроме того, это не только продукт питания, но и сырье для молочной промышленности, из которого вырабатывается большой ассортимент молочных продуктов, в том числе и сыры. Для получения используется молочный скот (в частности, коровы). Изучение пригодности молока новой генетической формации зоны Среднего Урала для выработки сыра имеет как научный, так и практический интерес.

Цель работы — изучение влияния линейного происхождения коров на технологические параметры при производстве мягкого сыра и его качество.

Результаты. В результате проведенных исследований установлено, что при изготовлении «Сыра адыгейского» по ГОСТ 32263 лучшим по качеству оказался сгусток из молока коров линии Монтвик Чифтейна. Для его получения было затрачено меньше хлористого кальция и сыворотки, чем при изготовлении сыров из молока коров других голштинских линий. У молока от коров этой линии длительность операций по образованию сгустка и работы с ним, а также по самопрессованию была короче. Внесение сычужного фермента улучшает сгусток и снижает продолжительность самопрессования, что положительно сказалось на качестве продукта, повысилась эффективность использования компонентов молока, таких как белок и жир. Сыры, полученные из молока коров этой группы, отличались более высокими показателями жира в сухом веществе, жира и белка в 100 г продукта и лучшей пищевой ценностью.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, линия, коровы, молоко, выработка сыра, качество

Для цитирования: 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>

© Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В.

Technological parameters for the production of soft cheese depending on the linear origin of cows

ABSTRACT

Relevance. One of the important products in the diet of Russian citizens is milk. In addition, it is not only a food product, but also a raw material for the dairy industry, from which a wide range of dairy products, including cheeses, is produced. Dairy cattle, in particular cows, are used for production. The study of the suitability of milk of a new genetic formation of the Middle Urals zone for cheese production is of both scientific and practical interest.

The aim of the work is to study the influence of the linear origin of cows on technological parameters in the production of soft cheese and its quality.

Results. As a result of the research, it was found that in the manufacture of «Adyghe cheese» according to GOST 32263 the best quality was a clot from the milk of cows of the Montvik Chieftain line. To obtain it, less calcium chloride and whey were spent than in the manufacture of cheeses from the milk of cows of other Holstein lines. In milk from cows of this line, the duration of operations for the formation of a clot and work with it, as well as for self-pressing, were shorter. The introduction of rennet improves the clot and reduces the duration of self-pressing, which has a positive effect on the quality of the product, the efficiency of using milk components, such as protein and fat, has increased. Cheeses obtained from the milk of cows of this group were distinguished by higher levels of fat in dry matter, fat and protein per 100 g of the product and better nutritional value.

Key words: cattle, line, cows, milk, cheese production, quality

For citation: 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>

© Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V.

Введение/Introduction

Увеличение производства молока — одна из приоритетных задач агропромышленного комплекса страны, что обеспечивается большим значением молока как продукта питания и сырья для молочной промышленности [1, 2]. Получают этот продукт в основном от маточного поголовья крупного рогатого скота (КРС) молочного направления продуктивности. Увеличение его производства — повышение продуктивности сельскохозяйственных животных как наиболее оптимальный путь решения проблемы продовольственной безопасности страны [3, 4].

Наиболее распространенными по поголовью в России являются такие молочные породы, как отечественная черно-пестрая и голштинская, созданная на территории Северной Америки [5].

Генофонд голштинской породы повсеместно используется для совершенствования отечественных молочных пород, в том числе черно-пестрой, уже более четырех десятилетий и продолжает использоваться в настоящее время [5, 6].

На сегодняшний день на сельскохозяйственных предприятиях Свердловской области основное поголовье имеет кровность по голштинской породе свыше 87,5%, что позволяет отнести этих животных к голштинской породе [7, 8].

В связи с санкционными действиями со стороны зарубежных стран резко сократилась поставка определенных продуктов питания, таких как сыры, и во многих хозяйствах возникла необходимость активно создавать импортозамещающие предприятия по переработке молока, выпускающие довольно широкий ассортимент молочных продуктов, в том числе мягкие сыры.

Производство молока высокого качества с необходимыми технологическими свойствами является непременным условием их эффективной работы [5, 7, 9].

Цель работы — изучение влияния линейного происхождения коров на технологические параметры при производстве мягкого сыра и его качество.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследования проводили в одном из типичных племенных репродукторов по разведению молочного скота голштинской породы.

Для проведения исследований по методу сбалансированных групп были подобраны три группы коров (по 60 голов) в группе после отела по третьей лактации в зависимости от линейной принадлежности (учитывались три поколения):

- 1-я группа — линия Рефлекшн Соверинга 198998;
- 2-я группа — линия Вис Бэк Айдиала 1013415;
- 3-я группа — линия Монтвик Чифтейна 95679.

Выработка мягких сыров проводилась в лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ» (Свердловская обл., г. Екатеринбург, п. Исток), в цехах по производству сыров «Никольская слобода» (Свердловская обл., Сысертский р-н,

Таблица 1. Технологические параметры производства «Сыра адыгейского»
Table 1. Technological parameters for the production of «Adygea Cheese»

Показатель	Нормативные показатели	Линия		
		Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 100 кг молока	20–30	23	15	25
Количество сычужного фермента, г / 100 кг молока	–	–	–	–
Количество сыворотки, % / 100 кг молока	8–10	8,8	7,7	9,5
Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна				
Продолжительность свертывания, мин.	5–10	7	4,5	10
Состояние сгустка	нормально прочный	мягкий	прочный	мягкий
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	5–7	7	5	7
Самопрессование				
Продолжительность, мин.	10–20	18	10	18
Количество переворачиваний	1	3	1	2

с. Никольское), «Соболев-сыр» (Свердловская обл., Белоярский р-н, с. Малобрусанское).

Проводили органолептическую оценку сыра по стандарту ГОСТ 33630-2015¹. Производили «Сыр адыгейский» по ГОСТ 32263-2013² кислотнo-сычужным способом по проекту СТО «Сыры мягкие. Технические условия» при помощи сычужного фермента.

Содержание жира определяли согласно методике ГОСТ 5867-90³, массовой доли белка — по методике ГОСТ Р 54662-2011⁴, сухого вещества — по ГОСТ 3626-73⁵, хлористого натрия — по ГОСТ 3627-81⁶. Выход продукции определяли расчетным путем (исходя из массы готового продукта).

Партии сыра произведены исключительно в научных целях, без реализации продукции.

Авторы соблюдали требования Роспатента (Федеральной службы по интеллектуальной собственности) к зарегистрированному наименованию места происхождения товара НМПТ № 74 «Сыр адыгейский»⁷.

Результаты исследований были обработаны при помощи компьютера (программа Microsoft Office Excel (США) с применением критерия достоверности по Стьюденту с использованием приложения Excel из программного пакета Office XP и Statistica.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

При выработке рассольных мягких сыров типа адыгейский по представленным выше ГОСТ и ТУ (проект СТО) были выявлены определенные особенности, связанные с качественными показателями используемого молока (табл. 1).

При изготовлении «Сыра адыгейского» по ГОСТ 32263 лучшим по качеству оказался сгусток из молока коров линии Монтвик Чифтейна. Для его получения было затрачено меньше хлористого кальция и сыворотки, чем при изготовлении сыров из молока коров других голштинских линий.

¹ ГОСТ 33630-2015 Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей. М.: Стандартинформ. 2016; 54.

² ГОСТ 32263-2013 Сыры мягкие. Технические условия. М.: Стандартинформ. 2014; 10.

³ ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ. 2009; 12.

⁴ ГОСТ Р 54662-2011 Сыры и сыры плавленые. Определение массовой доли белка методом Кельдаля. М.: Стандартинформ. 2012; 14.

⁵ ГОСТ 3626-73 Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. М.: Стандартинформ. 2009; 11.

⁶ ГОСТ 3627-81 Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия. М.: Стандартинформ. 2009; 6.

⁷ <https://rospatent.gov.ru/ru/sources/regional-brands/regional-brands-map> Субъекты Российской Федерации, для региональных товаров которых зарегистрированы географические указания (ГУ) и наименования мест происхождения товаров (НМПТ) — НМПТ № 74 «Сыр адыгейский».

Таблица 2. Технологические параметры производства «Сыра адыгейского» по ТУ предприятия
Table 2. Technological parameters of the production of «Adygea Cheese» according to the TU of the enterprise

Показатель	Нормативные показатели	Линия		
		Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
Количество вносимого хлористого кальция (сухой соли), г / 100 кг молока	20–30	23	15	25
Количество сычужного фермента, на 100 кг молока	150 мл 10%-ного раствора	150 мл 10%-ного раствора	100 мл 10%-ного раствора	170 мл 10%-ного раствора
Количество сыворотки, % / 100 кг молока	3–5	4,5	3,5	5,0
Свертывание молока, постановка и обработка сырного зерна				
Продолжительность свертывания, мин.	35–45	43,7	34,5	45,0
Состояние сгустка	нормально прочный	нормально прочный	прочный	мягкий
Сыворотка, цвет	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная	желтовато-зеленоватая, прозрачная
Продолжительность обработки сгустка (зерна), мин.	5–7	7	5	7
Самопрессование				
Продолжительность, мин.	10–20	13	10	15
Количество переворачиваний	1	1	1	2

Таблица 3. Степень использования компонентов молока
Table 3. The degree of use of milk components

Показатель	Линия		
	Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
«Сыр адыгейский» по ГОСТ			
Степень использования молочного жира, %	89,9	92,2	89,2
Степень использования молочного белка, %	68,2	78,8	68,4
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	9,14	7,56	9,36
Сыр «Кавказские традиции» по проекту СТО Сыры мягкие. Технические условия			
Степень использования молочного жира, %	92,4	94,7	92,9
Степень использования молочного белка, %	79,2	88,6	78,6
Затраты молока на 1 кг сыра, кг	8,12	6,92	8,44

Таблица 4. Качественные показатели сыров
Table 4. Quality indicators of cheeses

Показатель	Линия		
	Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
«Сыр адыгейский» по ГОСТ			
Жир в пересчете на сухое вещество, %	45,3 ± 0,63	46,1 ± 0,78	45,1 ± 1,13
Влага, %	58,8 ± 1,31	57,9 ± 1,01	59,9 ± 0,92
Натрий хлористый, %	1,9 ± 0,03	1,8 ± 0,02	2,0 ± 0,01
Жир в 100 г, г	18,1 ± 0,56	18,7 ± 0,34	18,0 ± 0,82
Белок в 100 г, г	14,6 ± 0,24	15,4 ± 0,36	14,8 ± 0,48
Пищевая ценность, кДж/кКал	949/227	986/236	948/227
Сыр «Кавказские традиции» по проекту СТО Сыры мягкие. Технические условия			
Жир в пересчете на сухое вещество, %	45,4 ± 0,93	46,7 ± 0,71	45,5 ± 0,63
Влага, %	59,7 ± 1,13	57,4 ± 1,31	59,4 ± 0,72
Натрий хлористый, %	2,0 ± 0,03	1,8 ± 0,02	2,0 ± 0,01
Жир в 100 г, г	18,3 ± 0,26	19,5 ± 0,55	18,0 ± 0,62
Белок в 100 г, г	14,4 ± 0,34	15,5 ± 0,41	14,3 ± 0,54
Пищевая ценность, кДж/кКал	953/228	1017/243	940/225

Следует отметить, что длительность операций по образованию сгустка и работы с ним, а также по самопрессованию была короче у молока от коров линии Монтвик Чифтейна. По нашему мнению, это связано с МДБ в молоке и лучшим соотношением питательных веществ (компонентов сухого вещества) в молоке, а имен-

но жира и белка, белка и СОМО, и жира и СОМО. Вероятно, в молоке коров линии Монтвик Чифтейна структура компонентов молока, диаметр и масса мицелл казеина, а также количество и размер жировых шариков оказались наиболее благоприятными для изготовления сыров. Молоко коров остальных двух оцениваемых линий (хотя и было пригодно для производства сыров) отличалось более худшими качествами и с точки зрения эффективности переработки более пригодно для производства цельно-молочной продукции, а именно питьевого молока и кисломолочных продуктов.

Эти выводы подтверждаются и различием в технологических параметрах при производстве сыра по техническим условиям предприятия, несмотря на их улучшение (табл. 2).

Из данных (табл. 2) хорошо видно, что за счет внесения сычужного фермента улучшился сгусток и снизилась продолжительность самопрессования, что положительно сказалось на качестве продукта. Кроме того, повысилась эффективность использования компонентов молока, таких как белок и жир (табл. 3).

При внесении в пастеризованное молоко сычужного фермента и удлинении продолжительности образования сгустка увеличивается степень использования молочного жира и молочного белка за счет их большего вовлечения в биохимические процессы по соединению мицелярного казеина в цепочки при его образовании. В конечном результате происходит снижение затрат молока на изготовление 1 кг сыра с 7,56–9,36 до 6,92–8,44 л, или на 9,8–13,2%, что позволяет сделать вывод о повышении эффективности производства «Сыра адыгейского» на предприятии по ТУ (СТО) предприятия.

Данные о качественных показателях мягких сыров, изготовленных из молока коров разных линий голштинской породы уральской селекции, представлены в таблице 4 и говорят о соответствии требованиям ГОСТ 32263-2013 и проекта СТО.

Данные таблицы 4 подтверждают ранее сделанные выводы о том, что принадлежность к линии голштинского скота оказывает влияние на молочный состав и свойства молока, его технологические свойства, что в конечном итоге влияет на качество готового продукта. Лучшие технологические свойства установлены при исследовании молока коров линии Монтвик Чифтейна. Сыры, полученные из молока коров этой группы, отличались более высокими показателями жира в сухом веществе, жира и белка в 100 г продукта и лучшей пищевой ценностью. Эти значения были выше на 0,8–1% и 1,2–1,3%,

0,6–0,7% и 1,2–1,5%, 0,6–0,8 г и 1,1–1,2 г по показателям и выработкам. По пищевой ценности превосходство составило 74–77 кДж, или 15–18 кКал.

Органолептическая оценка сыров подтвердила полученные результаты по качественным характеристикам изготовленных сыров. Сыры из молока коров линии

Таблица 5. Органолептическая оценка сыра
Table 5. Organoleptic evaluation of cheese

Показатель	Требования ГОСТ 33630-2015	Линия		
		Рефлексн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
«Сыр адыгейский» по ГОСТ				
Вкус и запах	Чистый, пряный. Допускается: слегка кисловатый с выраженным вкусом и запахом пастеризации (20 баллов)	17,3 ± 0,23	18,6 ± 0,46	17,9 ± 0,38
Консистенция	Нежная, однородная, в меру плотная (10 баллов)	9,1 ± 0,12	9,5 ± 0,21	8,9 ± 0,37
Рисунок	Рисунок отсутствует. Допускается наличие небольших глазков круглой, овальной или угловатой формы (5 баллов)	4,9 ± 0,02	4,9 ± 0,08	4,7 ± 0,11
Цвет теста	От белого до светло-желтого. Допускается наличие желтых пятен на разрезе сыра (5 баллов)	4,8 ± 0,03	4,9 ± 0,03	4,7 ± 0,05
Внешний вид	Сыр корки не имеет. Поверхность ровная или морщинистая со следами прутьев, увлажненная, без ослизнения. Допускается наличие желтых пятен на поверхности (5 баллов)	4,9 ± 0,02	4,9 ± 0,01	4,8 ± 0,03
Упаковка	5 баллов	5,0 ± 0,0	5 ± 0,0	5 ± 0,0
Итого	50 баллов	46,0 ± 0,16	47,8 ± 0,09	46,0 ± 0,14
Сыр «Кавказские традиции» по проекту СТО Сыры мягкие. Технические условия				
Вкус и запах	Чистый, пряный. Допускается: слегка кисловатый с выраженным вкусом и запахом пастеризации (20 баллов)	18,8 ± 0,04	19,6 ± 0,04	19,0 ± 0,10
Консистенция	Нежная, однородная, в меру плотная (10 баллов)	9,6 ± 0,09	9,8 ± 0,10	9,5 ± 0,18
Рисунок	Рисунок отсутствует. Допускается наличие небольших глазков круглой, овальной или угловатой формы (5 баллов)	4,8 ± 0,03	4,9 ± 0,04	4,8 ± 0,03
Цвет теста	От белого до светло-желтого. Допускается наличие желтых пятен на разрезе сыра (5 баллов)	4,6 ± 0,04	4,7 ± 0,06	4,5 ± 0,03
Внешний вид	Сыр корки не имеет. Поверхность ровная или морщинистая со следами прутьев, увлажненная, без ослизнения. Допускается наличие желтых пятен на поверхности (5 баллов)	4,8 ± 0,03	4,8 ± 0,02	4,7 ± 0,03
Упаковка	5 баллов	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0	5,0 ± 0,0
Итого	50 баллов	47,6 ± 0,18	48,8 ± 0,21	47,5 ± 0,14

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.
Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу.
Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование является поисковым и выполнено в рамках научных исследований Уральского государственного аграрного университета (госрегистрация № АААА-А19-1191014000069).

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).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 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>
- Тулинова О.В., Васильева Е.Н. Современное состояние и перспективы совершенствования молочного скота айрширской породы Российской Федерации. *Генетика и разведение животных*. 2017; (2): 3–16. <https://www.elibrary.ru/yornmt>
- Рахина Е.В., Лоретц О.Г. Влияние генетического потенциала на молочную продуктивность голштинизированного черно-пестрого скота. *От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ. 2021; 213, 214. <https://www.elibrary.ru/yfpfow>
- 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/oqtlsh>
- Файзуллин П.В., Горелик О.В., Федосеева Н.А. Особенности лактационной деятельности голштинских коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2022; (1): 175–180. <https://www.elibrary.ru/lystr>
- Казанцева Е.С. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы. *Молочнохозяйственный вестник*. 2018; (2): 36–43. <https://www.elibrary.ru/xtwgct>

REFERENCES

- 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 AIC*. 2018; 32(8): 60, 61 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10816>
- Tulinova O.V., Vasilieva E.N. Current status and prospects for improving the dairy Ayrshire cattle in the Russian Federation. *Genetics and breeding of animals*. 2017; (2): 3–16 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yornmt>
- Razhina E.V., Loretts O.G. Influence of genetic potential on milk productivity of Holsteinized Black-and-White cattle. From import substitution to export potential: scientific support for the innovative development of animal husbandry and biotechnology. Collection of materials of the international scientific and practical conference. *Yekaterinburg: Publishing house of the Ural State Agrarian University*. 2021; 213–214. (In Russian) <https://www.elibrary.ru/yfpfow>
- 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/oqtlsh>
- Fayzullin P.V., Gorelik O.V., Fedoseeva N.A. Features of lactation activity of Holstein cows depending on the linear affiliation. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2022; (1): 175–180 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/lystr>
- Kozantseva E.S. Productive longevity of black-and-white cows. *Molochnokhoyazystvenny Vestnik*. 2018; (2): 36–43 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xtwgct>

Монтвик Чифтейна (по органолептической оценке) были лучшими (табл. 5).

Производство сыра по технологической инструкции предприятия привело к повышению общей оценки сыра на 1,0–1,5 балла. По нашему мнению, это произошло за счет лучшего созревания сгустка, длительность созревания сгустка при использовании технологических приемов по ТУ предприятия увеличилась, а кислотность смеси за счет снижения количества кислой сыворок снизилась. Это позволило получить более мягкий кисло-сливочный вкус продукта и привело к увеличению балльной оценки вкуса, запаха и, соответственно, общей оценки.

Выводы/Conclusion

В результате можно сделать вывод: принадлежность к линии голштинского скота оказывает влияние на молочный состав и свойства молока, его технологические свойства, что в конечном итоге влияет на качество готового продукта. Лучшие технологические свойства установлены при исследовании молока коров линии Монтвик Чифтейна.

7. 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>

8. Чеченихина О.С., Смирнова Е.С. Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы при различной технологии доения. *Молочнохозяйственный вестник*. 2020; (1): 90–102. <https://www.elibrary.ru/ueogyy>

9. Шуварики 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.

7. Gridin V.F., Gridina S.L. Analysis of breed and class composition cattle of the Ural region. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2019; (1): 50, 51 (In Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019150-51>

8. Chechenikhina O.S., Smirnova E.S. Biological and productive features of black-mottled cows with various milking techniques. *Molochnohozyaistvenny Vestnik*. 2020; (1): 90–102 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ueogyy>

9. 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/vhycnf>

ОБ АВТОРАХ

Артём Сергеевич Горелик¹,
кандидат биологических наук
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Максим Борисович Ребезов^{2, 3},
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Ольга Васильевна Горелик³,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

¹ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России,
ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620137, Россия

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

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

ABOUT THE AUTHORS

Artem Sergeevich Gorelik¹,
Candidate of Biological Sciences
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Maksim Borisovich Rebezov^{2, 3},
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Olga Vasilyevna Gorelik³,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

¹ Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
22 Mira Str., Yekaterinburg, 620137, Russia

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

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

УДК 631.816.1:631.582.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-69-73

А.Б. Тиранов ✉,
А.В. Григорьев

Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Борки, Новгородский р-н, Новгородская обл., Россия

✉ zevs1947@yandex.ru

Поступила в редакцию:
13.02.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-69-73

Alexander B. Tiranov ✉,
Alexander V. Grigoriev

Novgorod Research Institute of Agriculture — branch of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Borki village, Novgorod district, Novgorod Region, Russia

✉ zevs1947@yandex.ru

Received by the editorial office:
13.03.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Влияние микробиологических и минеральных удобрений на продуктивность кормового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Впервые на дерново-подзолистой почве (83% от площади пашни) в условиях Новгородской области в кормовом севообороте исследовали новые биоудобрения Азотовит и Фосфатовит в комплексе с минеральными и органическими удобрениями. Изучение влияния приемов использования микробиологических удобрений совместно с минеральными и органическими удобрениями в разработанном севообороте является актуальным.

Методы. Исследования за 2019–2022 годы в кормовом севообороте по схеме 2 × 4 проводили на дерново-подзолистой почве, подстилаемой глинами. Изучали три приема применения Азотовита (А) и Фосфатовита (Ф) — (фактор В) на двух фонах полного минерального удобрения (фактор А), влияющих на урожайность и питательность сельскохозяйственных культур в севообороте.

Результаты. Применение в технологических операциях (двукратно) Азотовита и Фосфатовита (протравливание семенного материала по 2 л/т и некорневое опрыскивание в фазы формирования растений при высоте до 30 см по 1 л/га каждого препарата) совместно с минеральными удобрениями на расчетную урожайность обеспечило продуктивность фитомассы викоовсяной смеси 35 т/га с высокой питательностью: сбор сухого вещества (СВ) — 11,0 т/га, переваримого протеина — 0,83 т/га, обменной энергии — 32,0 ГДж/га. Использование этой технологии обеспечило за ротацию севооборота высокую питательность кормов с 1 га переваримого протеина — 0,45 т, обменной энергии — 33,0 ГДж, СВ — 5,3 т с низкой энергоемкостью производства тыс. т корм. ед. 2,6 ГДж и повышением энергопотенциала почвы за севооборот по вариантам более чем на 35 ГДж/га.

Ключевые слова: кормовой севооборот, Азотовит, Фосфатовит, минеральные удобрения, продуктивность, плодородие почвы

Для цитирования: Тиранов А.Б., Григорьев А.В. Влияние микробиологических и минеральных удобрений на продуктивность кормового севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-69-73>

© Тиранов А.Б., Григорьев А.В.

The effect of microbiological and mineral fertilizers on the productivity of fodder crop rotation and the fertility of sod-podzolic soil

ABSTRACT

Relevance. For the first time, new biofertilizers Azotovite and Phosphatovite in combination with mineral and organic fertilizers were studied on sod-podzolic soil (83% of the arable area) in the conditions of the Novgorod region in the fodder crop rotation. The study of the influence of the methods of using microbiological fertilizers together with mineral and organic fertilizers in the developed crop rotation is relevant.

Methods. Studies for 2019–2022 in the fodder crop rotation according to the 2 × 4 scheme were carried out on sod-podzolic soil underlain by clays. We studied three methods of using Azotovite (A) and Phosphatovite (F) — (factor B) on two backgrounds of complete mineral fertilizer (factor A), affecting the yield and nutritional value of crops in crop rotation.

Results. Application in technological operations (twice) azotovite and phosphatovite (pickling of seed material at 2 l/t and non-root spraying in the phases of plant formation at a height of up to 30 cm, 1 l/ha of each preparation) together with mineral fertilizers for the estimated yield ensured the productivity of the phytomass of the vico-oat mixture of 35 t/ha with high nutritional value: collection of dry matter (SV) — 11.0 t/ha, digestible protein — 0.83 t/ha, exchange energy — 32.0 GJ/ha. The use of this technology provided for the rotation of crop rotation high nutritional value of feed from 1 ha of digestible protein — 0.45 t, exchange energy — 33.0 GJ, SV — 5.3 t with a low energy intensity of production thousand tons of units 2.6 GJ and an increase in the energy potential of the soil for crop rotation by more than 35 GJ/ha.

Key words: fodder crop rotation, Azotovite, Phosphatovite, mineral fertilizers, productivity, soil fertility

For citation: Tiranov A.B., Grigoriev A.V. The effect of microbiological and mineral fertilizers on the productivity of fodder crop rotation and the fertility of sod-podzolic soil. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 69–73 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-69-73>

© Tiranov A.B., Grigoriev A.V.

Введение/Introduction

Современные исследования направлены на рациональное сочетание применения полного минерального удобрения с новыми микробиологическими удобрениями и соломы зерновых как альтернативных органических удобрений в разработанном кормовом севообороте, позволяющие оптимально повышать урожайность, сохранять и повышать плодородие дерново-подзолистой почвы с меньшими материальными затратами.

Новые микробиологические удобрения Азотовит и Фосфатовит, разработанные компанией «Промышленные инновации», основанной в 2004 году, — это источники питания растений. Азотовит — действующее вещество *Azotobacter chroococcum* — свободноживущие азотфиксирующие бактерии. Фосфатовит — действующее вещество: *Bacillus mucilaginosus*. Бактерии Фосфатовита растворяют силикатные минералы и высвобождают фосфор и калий из сложных соединений и преобразуют их в пригодные для использования растениями, увеличивают коэффициент потребления фосфорных и калийных удобрений. Применение новых микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит помогает повысить урожайность и восстановить плодородие почвы [1].

Исследования с Азотовитом и Фосфатовитом проводились в разных регионах страны и показали высокую экономичность (низкий расход и стоимость биопрепаратов на 1 га) и их высокую эффективность [2–7].

Цель исследования — изучить влияние различных способов применения новых биоудобрений совместно с минеральными на продуктивность кормовых культур для животноводства за ротацию севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Новгородской области.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В условиях Новгородской области в 2019–2022 годах на дерново-подзолистой подстилаемой глинами почве с содержанием подвижного фосфора 225–240 мг/кг, обменного калия 230–245 мг/кг (по Кирсанову), гумуса 2,8–3,0% (по Тюрину), pH_{KCl} 5,8 проводили

исследования в кормовом севообороте. Схема опыта 2×4 с чередованием культур: яровой рапс на зеленую массу (з/м), озимая рожь на зерно + солома*, яровой ячмень на зерно + солома*, викоовсяная смесь на з/м (* солома на удобрение).

В опыте изучали два фактора:

фактор А — полное минеральное удобрение под прогнозируемый урожай: A_1 — расчетные дозы под урожай (з/м ярового рапса — 20 т/га $N_{86}P_{76}K_{102}$, зерна озимой ржи — 4,0 т/га $N_{88}P_{42}K_{79}$, ячменя на зерно — 3,0 т/га $N_{65}P_{50}K_{50}$, викоовсяной смеси на з/м — 30,0 т/га $N_{60}P_{60}K_{66}$); A_2 — дозы минеральных удобрений под возделываемые культуры — 50% от фактора A_1 . Фактор A_2 уменьшили в два раза в связи с тем, что применяемые микробиологические удобрения увеличивают коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений и трудноусвояемых веществ из почвы, и в связи с высокой ценой на минеральные удобрения;

фактор В — способы применения Азотовита и Фосфатовита: B_0 — контроль без Азотовита и Фосфатовита; B_1 — обработка семенного материала перед посевом (А + Ф по 2 л/т каждого препарата); B_2 — некорневая обработка посевов при высоте растений до 30 см (А + Ф по 1 л/га каждого препарата); B_3 — в технологических операциях использовали два фактора — $B_1 + B_2$.

Схема опыта представлена в таблице 1.

Солома — хороший питательный субстрат для почвенной микрофлоры, ее положительное влияние проявляется и на второй последующей культуре севооборота [8].

Опыт располагали в трехкратной повторности, размещение вариантов по повторениям — рендомизированное, в севооборот последовательно вводили по одной культуре. Размер делянок — 100 м². Делянки разделяли на две равные половины, площадь учетной делянки по факторам А и В — 25 м². Посев возделываемых культур проводили в наилучших условиях. Кормовые культуры высевали по нормам, рекомендованным для условий Новгородской области¹. На одной половине делянки высевали семена, обработанные только протравителем, на другой — в баковой смеси: протравитель семян + (А + Ф по 2 л/т каждого препарата). Некорневую обработку посевов микробиологическими

Таблица 1. Схема опыта*

Table 1. Scheme of experience*

Вариант	Фактор А, минеральные удобрения	Фактор В, способы применения Азотовита и Фосфатовита			
		B_0	B_1	B_2	B_3
1	A_1 — фон 1-й (на планируемую урожайность)	да	нет	нет	нет
2		нет	да	нет	нет
3		нет	нет	да	нет
4		нет	нет	нет	да
5	A_2 — фон 2-й (50% от A_1)	да	нет	нет	нет
6		нет	да	нет	нет
7		нет	нет	да	нет
8		нет	нет	нет	да

*Примечание: солому озимой ржи и ярового ячменя использовали в качестве органического удобрения. Ее измельчали при уборке урожая при обмолоте зерна комбайном. Вносили по измельченной соломе азотные удобрения в норме 10 кг д. в. на 1 т соломы и обрабатывали почву тяжелой дисковой бороной на глубину 10–12 см. Для измельчения и равномерного распределения соломы по полю применяли универсальные приспособления к комбайну. По данным агрохимического анализа Новгородского НИИСХ, 1 т соломы озимой ржи содержит азота 4,3 кг, фосфорного ангидрида 1,7 кг, окиси калия 7,7 кг; ячменная солома — 4,1 кг, 3,6 кг и 8,1 кг соответственно.

Азотные удобрения предназначены для того, чтобы уменьшить соотношение С:Н в соломе. При внесении азота соотношение С:Н в соломе достигает значения, при котором происходит ее относительно быстрая минерализация и усвояемый азот в почве существенно не снижается.

¹ Методические рекомендации по выращиванию основных сельскохозяйственных культур Новгородской области. Новгород. 1984; 35 с.

удобрениями в дозе А (1 л/га) + Ф (1 л/га) (варианты 3, 4, 7, 8) проводили штанговым опрыскивателем в фазы развития растений: яровой рапс — «листообразование — стеблевание», зерновые культуры — «кущение — начало трубкования», викоовсяная смесь — «кущение овса — ветвление вики». Вносимые минеральные удобрения на планируемый урожай рассчитывали равновесным методом с учетом микроэлементов, имеющихся в почве². Для протравливания семян зерновых использовали фунгицид Витавакс 200, СП (375 г/кг + 375 г/кг) из расчета по 3 кг/т (10 л/т рабочего раствора), производитель — фирма «Юнироял Кемикал» (США). Для борьбы с двудольными сорняками на посевах зерновых применяли гербицид Агритокс (1,2 л/га), производитель — фирма Bayer CropScience (Россия). Учет урожая возделываемых культур проводили сплошным методом³.

Фитомассу ярового рапса на корм сельскохозяйственным животным убирали в фазу «бутонизация», зеленую массу викоовсяной смеси — при образовании зеленых лопаток у вики и в фазу «молочная спелость» овса. Комбайновую уборку зерновых проводили при полной спелости зерна.

Погодные условия в периоды роста и развития возделываемых культур в кормовом севообороте сложились вполне благоприятные. Гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) в годы исследований (2019–2022 гг.) за вегетацию составил 1,3, 1,3, 1,4 и 1,1 единицы.

Влагу в растительных образцах определяли по ГОСТ 27548-97⁴, в зерне и зерновых продуктах — по ГОСТ ISO 712-2015⁵, переваримый протеин — по программе и методике исследований⁶.

Результаты исследований обрабатывали дисперсионным методом⁷. Энергетические показатели и

критерии оценки энергоэффективности технологий рассчитывали по методическим рекомендациям РАСХН отделения по Нечерноземной зоне России⁸ и методике ресурсно-экономической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе⁹.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

За первую ротацию севооборота наибольшую урожайность зеленой массы ярового рапса, зерна озимой ржи и ярового ячменя и фитомассы викоовсяной смеси получили в варианте 4-м (33,7 т/га, 6,8 т/га, 4,3 т/га и 35,9 т/га соответственно) при внесении минеральных удобрений в дозе на планируемый урожай и двукратном применении Азотовита и Фосфатовита и подтвердили проведенным ранее исследованием [9]. В указанном варианте прибавка урожая кормовых культур от использования микроудобрений существенна (6,5 т/га, 1,5 т/га, 1,0 т/га и 7,5 т/га) по отношению к 1-му варианту (фон 1-й), где микроудобрения не применяли (табл. 2).

Применение биоудобрений в севообороте на двух фонах минеральных удобрений обеспечило практически равную прибавку урожая по отношению к 1-му и 2-му фонам по: зеленой массе ярового рапса — от 3,2 до 7,2 т/га, озимой ржи — от 0,6 до 1,5 т/га, яровому ячменю — от 0,4 до 1,1 т/га, з/м викоовсяной смеси — от 3,6 до 7,5 т/га.

На основании многофакторного дисперсионного анализа не установлено совместного взаимодействия факторов А и В на продуктивность кормовых культур за ротацию севооборота.

Для получения качественных кормов необходимо увеличивать долю белка (протеина) у возделываемых кормовых культур [10]. Наибольший выход

Таблица 2. Влияние комплексного действия удобрений на урожайность кормовых культур за одну ротацию севооборота, т/га
Table 2. The effect of the complex action of fertilizers on the yield of fodder crops for 1 rotation of crop rotation, t/ha

Вариант	Зеленая масса ярового рапса, т/га	Зерно озимой ржи, т/га	Зерно ярового ячменя, т/га	Зеленая масса викоовся, т/га
1	27,2	5,3	3,3	28,4
2	30,5	5,9	3,7	32,6
3	30,3	6,2	3,8	33,3
4	33,7	6,8	4,3	35,9
5	22,0	4,6	2,5	24,3
6	25,2	5,2	2,9	27,9
7	26,0	5,5	3,0	28,1
8	29,2	6,0	3,6	30,4
НСР ₀₅ фактор А	1,7	0,4	0,4	0,8
НСР ₀₅ фактор В	1,5	0,3	0,3	1,0
НСР ₀₅ для сравнения частных средних	2,9	0,6	0,7	3,5

² Каюмов М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат. 1989; 320 с.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию. 2013; 201–205.

⁴ ГОСТ 27548-87 Корма растительные. Методы определения содержания влаги.

⁵ ГОСТ ISO 712-2015 Зерно и зерновые продукты. Определение содержания влаги. Контрольный метод.

⁶ Программа и методика исследований в географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. М.: Типография ВГУ. 1990; 57–59.

⁷ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию. 2013; 248–255.

⁸ Энергетическая оценка технологий в земледелии (методические рекомендации). Санкт-Петербург — Пушкин. 1994; 30.

⁹ Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе. РАСХН. Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. Курск: Издательский центр «ЮМЭКС». 1999; 48.

Таблица 3. Питательность кормовых культур в среднем за севооборот под влиянием Азотовита, Фосфатовита и полного минерального удобрений и энергетические показатели производства за 2019–2022 годы

Table 3. Nutritional value of fodder crops on average per crop rotation under the influence of Azotovite, Phosphatovite and total mineral fertilizers and energy production indicators for 2019–2022

Вариант	Продуктивность, тыс. т корм. ед/га	СВ, т/га	Переваримый протеин, т/га	Энергоемкость основной продукции, ГДж/тыс. т корм. ед.	Энергетическая эффективность, ед.	Рентабельность, %
1	4,5	4,1	0,36	3,1	4,5	122
2	5,0	4,7	0,40	2,9	4,8	135
3	5,1	4,8	0,41	2,8	4,9	128
4	5,6	5,3	0,45	2,6	5,2	145
5	3,7	3,5	0,30	2,9	4,8	120
6	4,2	4,0	0,35	2,8	4,9	134
7	4,3	4,1	0,35	2,7	4,7	127
8	4,8	4,5	0,39	3,0	5,0	140

Таблица 4. Влияние микробиологических, минеральных и органических удобрений на количественные параметры почвы за ротацию севооборота

Table 4. The effect of microbiological, mineral and organic fertilizers on the quantitative parameters of the soil during the rotation of crop rotation

Вариант	Гумификация		Минерализация гумуса, т/га	Баланс гумуса, +/-, т/га
	органических удобрений, т/га	пожнивнo-корневых остатков, т/га		
1	1,37	2,76	2,09	2,05
2	1,53	3,11	2,09	2,55
3	1,45	3,19	2,09	2,55
4	1,77	3,51	2,09	3,19
5	1,14	2,48	2,09	1,53
6	1,30	2,84	2,09	2,05
7	1,36	2,72	2,09	2,00
8	1,53	3,03	2,09	2,47

переваримого протеина с 1 га получили в 4-м варианте (у ярового рапса — на 3/м 0,47 т, зерна озимой ржи — 0,61 т, ячменя — 0,35 т, фитомассы викоовсяной смеси — 0,83 т) при использовании в технологиях (двукратно) микробиологических и минеральных удобрений на планируемый урожай. В 4-м варианте при использовании в технологиях факторов A_1 и B_3 отмечены максимальные показатели по питательности кормов с 1 га за ротацию севооборота (продуктивность — 5,6 тыс. т корм. ед., сбор СВ — 5,3 т, переваримый протеин — 0,45 т) (табл. 3), что согласуется с исследованиями [11, 12].

Данные (табл. 3) показывают, что лучшие энергетические показатели по производству 1000 т кормовых единиц (в среднем за ротацию севооборота) получены в 4-м варианте: низкая энергоемкость производства (2,6 ГДж) с коэффициентом энергетической эффективности 5,2 ед. при рентабельности производства 145%.

Баланс гумуса дерново-подзолистой почвы в слое 0–20 см в кормовом севообороте за ротацию представлен в таблице 4. Из таблицы 4 следует, что

баланс гумуса по всем изучаемым вариантам (1–8-й) положительный и составил 2,05–3,19 т/га, что подтверждается аналогичным исследованием [13].

Выводы/Conclusion

Для повышения продуктивности кормовых культур и их питательности в условиях Новгородской области, а также увеличения плодородия дерново-подзолистой почвы в разработанном кормовом севообороте необходимо использовать двукратно в технологических операциях биоудобрения Азотовит и Фосфатовит (обрабатывать семенной материал — по 2 л/т; некорневое опрыскивание посевов в фазы (зерновых — «кущение», однолетних крестоцветных культур — «листообразование» — стеблевание», бобово-злаковых трав — «кущение» зерновых и «ветвление» вики) — по 1 л/га) каждого препарата и вносить комплексные минеральные удобрения на планируемый урожай, что увеличивает продуктивность тысяч тонн кормовых единиц в среднем за ротацию севооборота на 24% (по сравнению с 1-м вариантом), повышает энергетический потенциал почвы на 74 ГДж/га.

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. Пономарев И.П. Почвы Новгородской области. Новгород: Новгородское областное издательство. 1955; 220.
2. Резанова Г.И., Иванченко Т.В. Влияние микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на развитие и продуктивность зерновых культур. *Научно-агрономический журнал*. 2012; (1): 15–21. <https://www.elibrary.ru/wdhxyp>
3. Юдина И.Н., Попова Л.Д. Влияние бактериальных удобрений Азотовит и Фосфатовит на урожайность зерна ячменя в условиях Калужской области. Мазуров В.Н. (ред.). *Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона. Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием*. Калуга: Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. 2019; 208–211. <https://www.elibrary.ru/sebmbny>
4. Тупицина В.В., Резанова В.И. Влияние баковых смесей современных препаратов на продуктивность и качество ярового ячменя. *Вестник Прикаспия*. 2016; (2): 28–32. <https://www.elibrary.ru/vwvgtg>
5. Ivanova I., Ilina S., Dementiev D. Influence of microbiological preparations on spring wheat yield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 052001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052001>
6. Тиранова Л.В. Влияние способов применения Азотовита и Фосфатовита на урожайность озимой ржи и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Новгородской области. *Плодородие*. 2021; (2): 38–41. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.10>
7. Тиранов А.В. Влияние микробиологических удобрений на урожайность ярового рапса и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Новгородской области. *Плодородие*. 2020; (2): 43–46. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.13>
8. Еремина Р.Ф., Машченко С.С., Чуян Н.А., Федорченко А.Е., Ермакова А.А. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах лесостепи ЦЧЗ. Курск. 2005; 20.
9. Семинченко Е.В. Урожайность севооборотов в зависимости от приемов биологизации. *Аграрная наука*. 2021; (1): 121–124. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-121-124>
10. Тошкина Е.А., Амбарцумова К.А. Однолетние бобовые как источник решения проблемы кормового белка для сельскохозяйственных предприятий Новгородской области. *Наука, бизнес, власть — триада регионального развития. Сборник статей IV Международной научно-практической конференции*. Санкт-Петербург: Нацразвитие. 2019; 163–167. <https://www.elibrary.ru/tafose>
11. Будилев А.П. Возделывание зерновых и зернобобовых культур на корм и зернофураж в Оренбургской области. *Вестник мясного скотоводства*. 2013; (2): 108–115. <https://www.elibrary.ru/qcemvt>
12. Тиранова Л.В. Влияние Азотовита и Фосфатовита на продуктивность и плодородие дерново-подзолистой почвы в сидеральном севообороте. *Плодородие*. 2023; (1): 41–45. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.130.10>
13. Тиранова Л.В. Влияние микробиологических и минеральных удобрений на качество кормов и плодородие почвы в Новгородской области. *Плодородие*. 2022; (2): 26–29. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.125.07>

ОБ АВТОРАХ

Александр Борисович Тиранов,
кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
лаборатории агрохимии и земледелия
zevs1947@yandex.ru.
<https://orcid.org/000-0003-0277-3771>

Александр Владимирович Григорьев,
старший научный сотрудник лаборатории агрохимии
и земледелия
sashagr0003@mail.ru
<https://orcid.org/000-0002-6093-0045>

Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал «Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук»,
ул. Парковая, 2, д. Борки, Новгородская обл., 173516, Россия

REFERENCES

1. Ponomarev I.P. Soils of the Novgorod region. Novgorod: Novgorod Regional Publishing House. 1955; 220 (In Russian).
2. Rezanova G.I., Ivanchenko T.V. Influence of microbiological fertilizers Azotovite and Phosphatovite on the development and productivity of grain crops. *Scientific Agronomy Journal*. 2012; (1): 15–21 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wdhxyp>
3. Yudina I.N., Popova L.D. The effect of bacterial fertilizers Azotovite and Phosphatovite on the yield of barley grain in the Kaluga region. Mazurov V.N. (ed.). *Innovative developments for the development of agricultural sectors in the region. Collection of scientific papers based on the materials of a scientific and practical conference with international participation*. Kaluga: Kaluga Research Institute of Agriculture. 2019; 208–211 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/sebmbny>
4. Tupitsina V.V., Rezanov G.I. Influence tank mixture of modern drugs on efficiency and quality spring barley. *Vestnik Prikaspiya*. 2016; (2): 28–32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vwvgtg>
5. Ivanova I., Ilina S., Dementiev D. Influence of microbiological preparations on spring wheat yield. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 548: 052001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/5/052001>
6. Tiranova L.V. The effect of methods of application azotovite and phosphatovite on the yield of winter rye and fertility of sod-podzolic soil in the conditions of Novgorod region. *Plodorodie*. 2021; (2): 38–41 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.119.10>
7. Tiranov A.B. The influence of microbiological fertilizers on the yield of spring rape and fertility of sod-podzolic soil in Novgorod region. *Plodorodie*. 2020; (2): 43–46 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.13>
8. Eremina R.F., Mashchenko S.S., Chuyan N.A., Fedorchenko A.E., Ermakova A.A. The technology of effective use of plant residues as organic fertilizers on the chernozems of the forest-steppe of the Central Forest Zone. Kursk. 2005; 20 (In Russian).
9. Seminchenko E.V. Crop rotation yield depending on from the receptions of biologization. *Agrarian science*. 2021; (1): 121–124 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-121-124>
10. Toshkina E.A., Ambartsumova K.A. Annual crops as a source of solution to the problem of feed protein for agricultural enterprises of the Novgorod region. *Science, business, power — triad regional development. Collection of articles of the IV International scientific-practical conference*. St. Petersburg: Natsrazvitie. 2019; 163–167 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/tafose>
11. Budilov A.P. Cultivation of grain and leguminous crops for fodder and grain fodder in the Orenburg region. *Herald of Beef Cattle Breeding*. 2013; (2): 108–115 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qcemvt>
12. Tiranova L.V. The influence of Azotovite and Phosphatovite on the productivity and fertility of sod-podzolic soil in the sideral crop rotation. *Plodorodie*. 2023; (1): 41–45 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2023.130.10>
13. Tiranova L.V. The influence of microbiological and mineral fertilizers on quantitative indicators of feed quality in the crop rotation link and soil fertility in the Novgorod region. *Plodorodie*. 2022; (2): 26–29 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.125.07>

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Borisovich Tiranov,
Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher at the
Laboratory of Agrochemistry and Agriculture
zevs1947@yandex.ru.
<https://orcid.org/000-0003-0277-3771>

Alexander Vladimirovich Grigoriev,
Senior Researcher at the Laboratory of Agrochemistry
and Agriculture
sashagr0003@mail.ru
<https://orcid.org/000-0002-6093-0045>

Novgorod Research Institute of Agriculture —
Branch of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian
Academy of Sciences,
2 Parkovaya Str., Borki village, Novgorod region, 173516, Russia

С.А. Фокин, ✉
И.В. Куркова

Дальневосточный государственный
аграрный университет, Благовещенск,
Амурская область, Россия

✉ fok.s.a@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Sergey A. Fokin, ✉
Irina V. Kurkova

Far Eastern State Agrarian University,
Blagoveshchensk Amur Region, Russia

✉ fok.s.a@mail.ru

Received by the editorial office:
10.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Влияние применения жидких удобрений на качественные показатели зерна сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В последнее время в технологии возделывания яровой пшеницы всё больше находят применение жидкие удобрения. Они идеально подходят для распыления по поверхности поля с зерновыми культурами и прочими растениями. По сравнению с твердыми удобрениями преимуществами являются автоматизированный контроль их распределения по полю, возможность совместного внесения гербицидов, инсектицидов, микроэлементов.

Методы. Полевые опыты по изучению влияния способов применения жидких удобрений проведены на опытном поле ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» в южном сельскохозяйственном районе Амурской области (Благовещенский р-н, с. Грибское). Закладка полевого опыта осуществлялась по методике Б.А. Доспехова в четырехкратной повторности. Учетная площадь делянки — 16 м², размещение рендомизированное, предшествующая культура — соя. Исследования включали полевые и лабораторные наблюдения.

Результаты. Установлено, что при применении жидких удобрений масса 1000 семян изменялась по вариантам опыта с применением удобрений относительно контроля без применения удобрений от 1,5 до 4,9 г. Максимальное значение натурной массы зерна в среднем за четыре года было в варианте при совместном применении Нертус Старт и Фотосинтез — 696,6 г/л, что выше контроля (на 48,7 г/л) и фона (на 19,2 г/л). Наибольшее значение общей стекловидности зерна и содержания белка получено на варианте с использованием Нертус Бор в фазу кущения в виде некорневой подкормки — 52,9% и 13,4% соответственно.

Ключевые слова: соя, жидкие удобрения, качественные показатели, масса 1000 семян, общая стекловидность, натурная масса, белок

Для цитирования: Фокин С.А., Куркова И.В. Влияние применения жидких удобрений на качественные показатели зерна сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 74–78. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-74-78>

© Фокин С.А., Куркова И.В.

Influence of the use of liquid fertilizers on the quality indicators of grain of the spring wheat variety DalGAU 1

ABSTRACT

Relevance. Recently, liquid fertilizers have been increasingly used in the technology of cultivating spring wheat. They are ideal for spraying on the surface of a field with cereals and other plants. Compared to solid fertilizers, the advantages of automated control of their distribution over the field, the possibility of joint application of herbicides, insecticides, microelements.

Methods. Field experiments to study the influence of methods of using liquid fertilizers were conducted at the experimental field of the Far Eastern State Agricultural University in the southern agricultural district of the Amur region (Blagoveshchensk district, village of Gribskoye). The laying of the field experience was carried out according to the method of B. A. Dospekhov in fourfold repetition. The registered area of the plot is 16 m², the placement is randomized, the previous crop is soy.

The studies included field and laboratory observations.

Results. It was found that when using liquid fertilizers, the weight of 1000 seeds changed according to the variants of the experiment with the use of fertilizers relative to the control without the use of fertilizers from 1.5 to 4.9 g. Combined use of Nertus Start and Photosynthesis — 696.6 g/l, which is higher than the control by 48.7 g/l and the background by 19.2 g/l. The maximum value of the natural grain weight for an average of four years was in the variant with the combined use of Nertus Start and Photosynthesis — 696.6 g/l, which is higher than the control (by 48.7 g/l) and background (by 19.2 g/l).

Key words: soybeans, liquid fertilizers, quality indicators, weight of 1000 seeds, total vitreousness, natural weight, protein

For citation: Fokin S.A., Kurkova I.V. Influence of the use of liquid fertilizers on the quality indicators of grain of the spring wheat variety DalGAU 1. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 74–78 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-74-78>

© Fokin S.A., Kurkova I.V.

Введение/Introduction

В настоящее время особенно актуально получение качественной и сбалансированной по химическому составу сельскохозяйственной продукции, в частности продовольственного зерна яровой пшеницы [1]. Химический состав зерна пшеницы включает белок, крахмал, клетчатку, растворимые углеводы, жир и зольные элементы, а также более 20 признаков, которые определяют хлебопекарные и технические свойства муки. Все эти параметры взаимосвязаны и определяют пищевую ценность и качество продуктов, изготовленных из нее [2].

Задача повышения качества получаемого зерна яровой пшеницы имеет стратегическое значение. Большое влияние на улучшение качества зерна оказывают агротехнические приемы: севооборот, предшественник, оптимальная норма высева. Однако наибольшее значение на повышение качества зерна и его биологической ценности оказывают минеральные удобрения [3].

Для повышения урожайности и качества семян яровой пшеницы в современных технологиях большое значение придается жидким удобрениям, в которых элементы питания представлены хелатными формами. Среди способов применения жидких удобрений особое значение уделяется опрыскиванию вегетирующих растений в различные фазы роста и развития культуры. Действия хелатных соединений на растения связаны с их малой токсичностью, пролонгированностью, меньшим адсорбированием их почвой по сравнению с неорганическими солями, в результате чего они длительное время способны поглощаться растениями. При некорневом применении хелатных микроудобрений их молекулы целиком попадают в лист и не накапливаются с сопутствующими его ионами на поверхности [4].

Основную часть жидких удобрений (как азот, фосфор, калий, так и микроэлементы) можно применять при обработке семян до посева. В отличие от гранулированных удобрений, жидкие удобрения быстро всасываются почвой, просачиваются во все ее слои, что также способствует повышению влагоудержания и получению питательных веществ для роста растений [5–9].

В исследованиях В.В. Попова и др. (2020) применение хелатов цинка и меди в виде некорневой подкормки растений в фазу кущения в условиях южной лесостепи Омского Прииртышья положительно повлияло на урожайность, продовольственные и посевные качества зерна яровой пшеницы. От некорневой подкормки в фазу кущения хелатов цинка и меди сбор белка увеличился с 295 (в контроле) до 322–344 кг/га. Лучшим по массе 1000 зерен (32,45 г) и натуре зерна (717 г/л) был вариант *Си* 10 г/га, что превышает показатели контроля на 29,92 г и 693 г/л соответственно [10].

По данным А.В. Федоровой (2022), установлено, что в условиях Костромской области трехкратная азотная подкормка оказала наибольшее влияние на урожайность и качество зерна. В сравнении с однократной подкормкой аммиачной селитрой в фазе кущения урожайность стандартного сорта Московская 39 возросла на 2,6 ц/га. При детальном внесении азота во всех вариантах опыта содержание белка у сортов озимой пшеницы составило 16,44%, натуре зерна — 755 г/л, стекловидности — 66,4% [11].

В настоящее время стремительно развивается рынок водорастворимых удобрений в мире. Их преимущество в том, что они позволяют значительно повысить возврат

инвестиций в выращивание культур, увеличивая продуктивность посевных площадей [12]. Поэтому изучение влияния жидких удобрений на качественные показатели семян яровой пшеницы весьма актуально.

Цель работы — изучение влияния жидких удобрений с микроэлементами в хелатной форме на качественные показатели зерна сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в 2019–2022 гг. на опытном поле Дальневосточного ГАУ (с. Грибское, Благовещенский р-н, Амурская обл., Россия).

Объектом исследований являлся сорт яровой пшеницы, выведенный в ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» методом индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания Приамурская 93 х Мироновская яровая (Авторы: М.В. Терехин, Б.И. Пушкин, Ю.В. Медведев, Л.Н. Мищенко, Т.Н. Радченко). Государственное сортоиспытание сорта начато в 2002 г., а в 2005-м сорт был районирован по Амурской области. Разновидность эритроспермум¹.

При выполнении поставленных задач был заложен полевой опыт для изучения влияния жидких удобрений с микроэлементами в хелатной форме компании BERLUGA (Венгрия) на качественные показатели семян яровой пшеницы.

Данные удобрения были предоставлены для изучения компанией «Агро+» (Россия) в рамках научного сотрудничества по оптимизации минерального питания яровой пшеницы и сои.

Жидкие удобрения компании BERLUGA: Нертус Старт (НС), Нертус Фотосинтез (НФ) и Нертус Бор (НБ) — комплексные препараты, производимые на основе хелатирующего вещества ОЭДФ — оксиэтилидендифосфоновой кислоты.

Нертус Старт — высококонцентрированное комплексное жидкое полимикроудобрение (N — 10 г/л, P₂O₅ — 85, K₂O — 50, SO₃ — 45, Fe — 12, Mn — 12, Zn — 4, Cu — 4, B — 1, Mo — 0,3, Co — 0,1 г/л). Используется для обработки семян сельскохозяйственных растений перед посевом.

Нертус Фотосинтез — жидкое комплексное удобрение, содержащее микро- и макроэлементы (N — 45 г/л, P₂O₅ — 65, K₂O — 45, SO₃ — 35, Fe — 6, Mn — 6, Zn — 8, Cu — 8, B — 6, Mo — 0,15, Co — 0,15 г/л) в форме хелатов, необходимыми для оптимальной работы фотосинтетического аппарата, применяемое для некорневой подкормки по вегетации.

Нертус Бор — удобрение с повышенным содержанием бора в форме этаноламина (B — 150 г/л). Предназначено для внекорневой подкормки для обеспечения растений бором, оказывает содействие активному образованию пылевых зерен².

Погодные условия в годы проведения полевого эксперимента отличались по температурному режиму и количеству осадков за вегетационный период от многолетних данных, и это повлияло на сроки посева и уборки яровой пшеницы, что в свою очередь оказало влияние на урожайность и качество семян пшеницы. Анализ гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетационный период показал, что 2019 и 2020 годы были перувлажненными (ГТК — 2,4 и 3,1 соответственно),

¹ Сорт яровой пшеницы ДальГАУ 1. Режим доступа: <https://glavagronom.ru/base/seeds/zernovie-pshenica-mygkaya-yarovaya-dalgau-1-dalnevostochnyy-gau-9811654> (дата обращения: 22.05.2023).

² Каталог. Микроудобрения. Режим доступа: <https://garantoptima.ru/katalog/mikroutdobreniya/> (дата обращения: 22.05.2023).

а 2021 и 2022 годы характеризовались удовлетворительным увлажнением (ГТК — 1,5 и 1,3 соответственно).

Закладка полевого опыта осуществлялась по общепринятым методикам. Посев проводился сеялкой СС-11 «Альфа», норма высева — 550 тыс. всх. семян на 1 га. Учетная площадь опытной деланки — 16,0 м². Обработка семян удобрением Нертус Старт была проведена перед посевом яровой пшеницы из расчета 0,8 л/т семян. Внекорневая подкормка вегетирующих растений яровой пшеницы в фазу «кущение» — флаговый лист» удобрениями Нертус Фотосинтез и Нертус Бор в дозе 2 л/га была проведена ранцевым опрыскивателем PATRIOT PT-16AC (норма расхода рабочего раствора — 200 л/га) [13].

Схема опыта включала восемь вариантов в четырехкратной повторности:

1. Контроль без применения удобрений.
2. N₃₀P₃₀ (фон).
3. Фон + НС (обработка семян).
4. Фон + НС (обработка семян) + НФ (внекорневая подкормка).
5. Фон + НС (обработка семян) + НФ + НБ (внекорневая подкормка).
6. Фон + НФ (внекорневая подкормка).
7. Фон + НБ (внекорневая подкормка).
8. Фон + НФ + НБ (внекорневая подкормка).

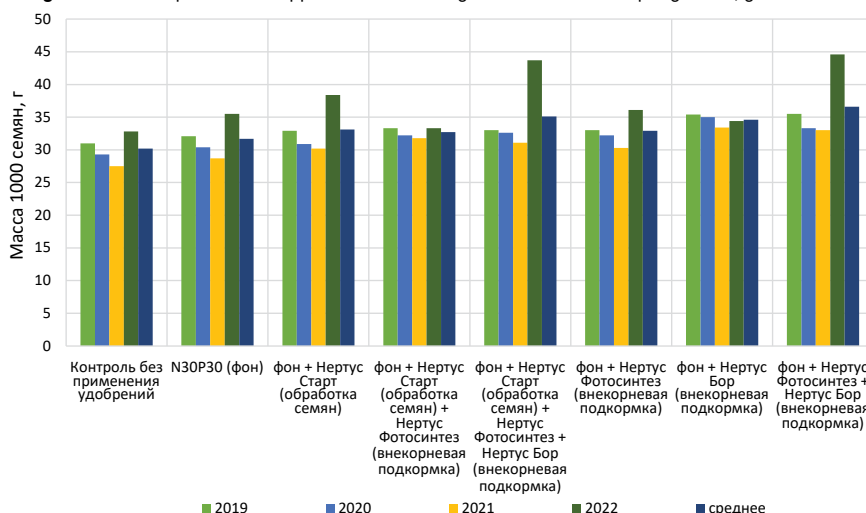
Во время исследования определяли такие физические показатели качества зерна, как: масса 1000 семян — по ГОСТ 12042–80³, общая стекловидность (на приборе диафоноскоп ДСЗ-2) — по ГОСТ 10987–76⁴, натурная масса зерна (на литровой пурке) — по ГОСТ 10840–2017⁵, белок — на спектрофотометре FOSS NIR SYSTEM 5000 (Дания). математическая обработка показателей проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁶ с использованием программы Microsoft Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основными физическими показателями качества семян яровой пшеницы являются: масса 1000 семян, общая стекловидность, натурная масса зерна. Масса 1000 семян — показатель, указывающий на крупность и выполненность зерна, который является признаком сорта и зависит от климатических условий в период налива зерна.

В задачу исследований входило определение массы 1000 семян сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1. Масса 1000 семян изучаемого сорта имела широкий размах варьирования по годам исследования (от 27,5 г на контрольном варианте в 2021 г. до 44,6 г в варианте при совместном применении удобрений Нертус Бор и Нертус Фотосинтез по вегетирующим растениям в фазу кущения в 2022-м) (рис. 1).

Рис. 1. Влияние применения жидких удобрений на массу 1000 семян яровой пшеницы, г
Fig. 1. Effect of liquid fertilizer application on the weight of 1000 seeds of spring wheat, g



Максимальные значения массы 1000 семян отмечены в 2022 г. и варьировали по вариантам опыта с применением изучаемых удобрений (от 33,3 г на варианте при совместном применении удобрений Нертус Старт (обработка семян) и Нертус Фотосинтез (внекорневая подкормка) до 44,6 г при совместном применении удобрений Нертус Бор и Нертус Фотосинтез в виде внекорневой подкормки).

Наименьшие значения данного показателя были в 2021 г. Максимальное значение массы 1000 семян отмечено на варианте с применением удобрения Нертус Бор в виде внекорневой подкормки (33,4 г), что превысило контроль без применения удобрений на 5,9 г и фоновый вариант на 4,7 г.

В среднем за четыре года исследований наибольшее значение массы 1000 семян отмечено на варианте при совместном применении удобрений Нертус Бор и Нертус Фотосинтез в виде внекорневой подкормки (36,6 г), что превысило контроль (на 6,4 г) и фон (на 4,9 г). По остальным вариантам опыта с применением удобрений получены достоверные прибавки данного показателя (НСР₀₅ = 1,3 г) относительно контроля без применения удобрений от 1,5 до 4,9 г.

Влияние жидких удобрений отмечено на изменении общей стекловидности зерна яровой пшеницы (рис. 2).

Наибольшие значения общей стекловидности зерна определены в 2021 г. по всем вариантам полевого опыта. Максимальное значение изучаемого показателя отмечено на варианте с применением удобрения Нертус Бор по вегетирующим растениям яровой пшеницы и составило 62,0%, что превысило контрольный вариант (на 16,2%) и фон (на 12,5%).

В среднем за годы исследования наибольшее значение общей стекловидности зерна было на варианте с применением удобрения Нертус Бор по вегетации (52,9%), что превысило контроль без применения удобрений (на 8,6%) и вариант с применением азотно-фосфорных удобрений (на 7,1%). По остальным вариантам опыта отмечена тенденция к увеличению данного показателя от применения удобрений от 1,5 до 8,4% относительно контроля.

³ ГОСТ 12042–80 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. М.: Стандартинформ. 2011; 4.

⁴ ГОСТ 10987–76 Зерно. Методы определения стекловидности. М.: Стандартинформ. 2009; 4.

⁵ ГОСТ 10840–2017 Зерно. Метод определения натурности. М.: Стандартинформ. 2019; 12.

⁶ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. 6-е изд. (стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г.). М.: Альянс. 2011; 350.

Рис. 2. Влияние применения жидких удобрений на общую стекловидность зерна яровой пшеницы, %
Fig. 2. Influence of liquid fertilizer application on the total vitreousness of spring wheat grain, %

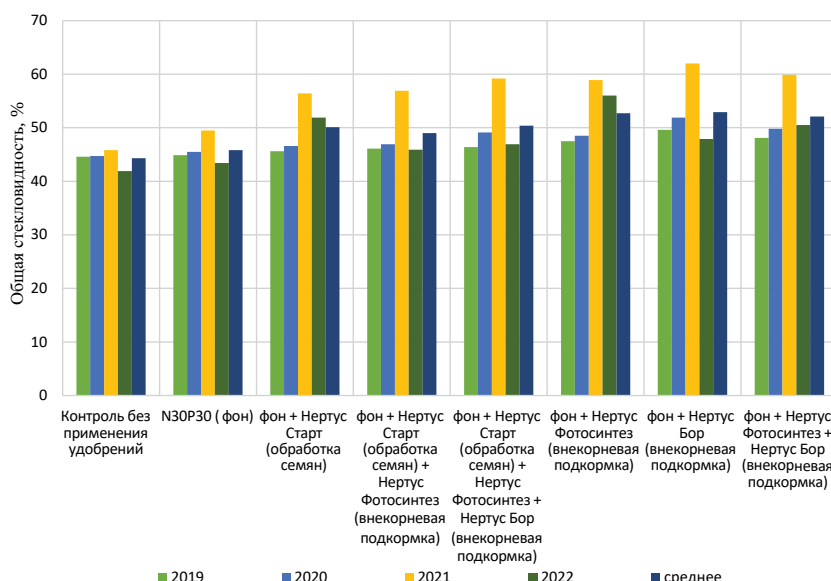


Рис. 3. Влияние применения жидких удобрений на натурную массу зерна яровой пшеницы, г/л
Fig. 3. Influence of liquid fertilizers application on natural weight of spring wheat grain, g/l

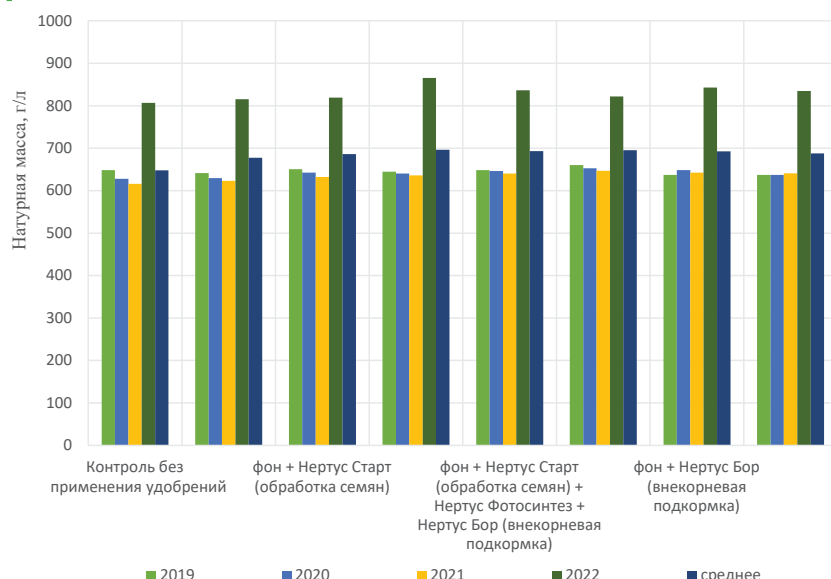
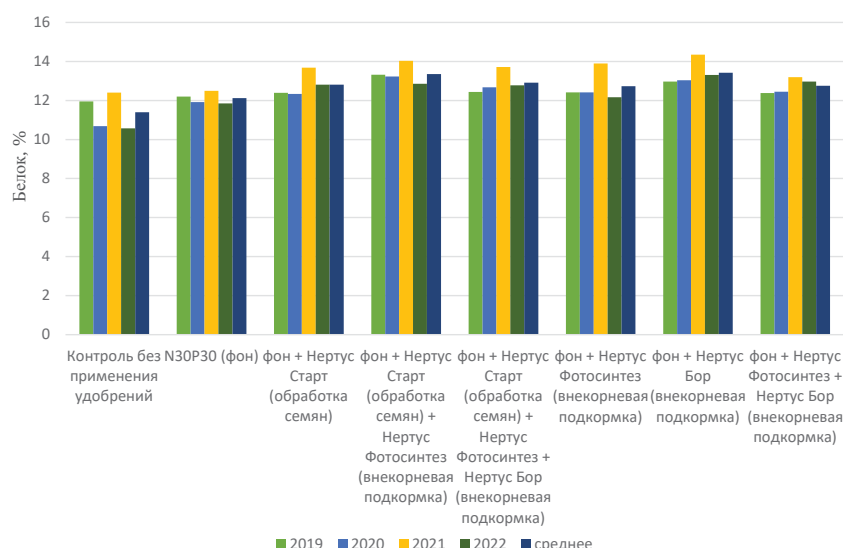


Рис. 4. Влияние применения жидких удобрений на содержание белка в семенах яровой пшеницы, %
Fig. 4. The effect of liquid fertilizers on the protein content in spring wheat seeds, %



Натурная масса зерна — один из важных показателей качества зерна злаковых растений. Применение жидких удобрений повлияло на увеличение натурной массы по отношению к контрольному варианту и фону (рис. 3).

Максимальная натурная масса зерна изучаемого сорта яровой пшеницы отмечена в 2022 г. Значения данного показателя на вариантах опыта с применением жидких удобрений в данном году превышали контрольный вариант на 1,5% в варианте с применением удобрения Нертус Старт (819,1 г/л) до 7,3% на варианте при совместном применении удобрений Нертус Старт и Нертус Фотосинтез (865,3 г/л).

Наименьшие значения данного показателя отмечены в 2021 г. (практически по всем вариантам опыта). Наибольшее значение натурной массы отмечено в варианте с применением удобрения Нертус Фотосинтез (646,6 г/л), что относительно выше контроля без применения удобрений (на 30,4 г/л) и фонового варианта (на 23,2 г/л).

В среднем за годы исследования по применению жидких удобрений на яровой пшенице максимальное значение натурной массы зерна отмечено на варианте при совместном применении удобрений Нертус Старт и Нертус Фотосинтез (696,6 г/л), что выше контроля (на 48,7 г/л) и фона (на 19,2 г/л). По остальным вариантам также отмечена тенденция к увеличению данного показателя — от 677,7 до 695,5 г/л относительно контроля.

Содержание белка в зерне пшеницы в основном определяет его пищевую ценность и хлебопекарные качества. Чем выше содержание белка в зерне, тем выше считается качество продуктов его переработки [15].

Содержание белка в зерне яровой пшеницы увеличивалось при применении жидких удобрений по вариантам опыта относительно контроля во все годы исследований (рис. 4).

Максимальное значение данного показателя качества зерна выявлено в 2021 г. по всем вариантам с применением удобрений. Наибольшее содержание белка было на варианте с применением удобрения Нертус Бор по вегетации (14,4%), что превысило контрольный вариант (на 2,0%) и фоновый (на 1,9%). По остальным вариантам опыта значение белка варьировало от 12,5 до 14,0% и превышало контроль без применения удобрений.

Минимальные значения белка по большинству вариантов с применением жидких удобрений установлены в 2019 г. В данном году максимальное значение белка в зерне яровой пшеницы было на варианте с совместным применением удобрений Нертус Старт и Нертус Фотосинтез (13,3%), что относительно выше контроля без применения удобрений (на 1,3%) и фонового варианта (на 1,1%). В остальных вариантах опыта также отмечена тенденция к увеличению белка в зерне яровой пшеницы относительно контроля — от 0,2 до 1,0%.

Содержание белка в зерне пшеницы за годы исследований варьировало от 11,4% на контроле без применения удобрений до 13,4% в варианте с применением удобрения Нертус Бор по вегетации.

Выводы/Conclusion

Установлено, что использование жидких удобрений линейки Нертус при обработке семян и некорневой подкормке во время вегетации оказывает влияние на физические и химические показатели качества семян яровой пшеницы. Применение удобрений Нертус Бор и Нертус Фотосинтез совместно в виде некорневой подкормки в фазу кущения повлияло на повышение массы 1000 семян (на 29,5%) и натурной массы зерна (на 7,5%) относительно контрольного варианта. На повышение общей стекловидности (на 5,0%) и содержание белка (на 1,4%) оказало влияние применения удобрения Нертус Бор в виде подкормки по листу в фазу кущения.

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. Казак А.А., Логинов Ю.П., Еремин Д.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 20(3): 219–229. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
2. Дуктова Н.А., Дуктов В.П., Павловский В.В. Твердая пшеница — новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук*. 2015; (3): 85–92. <https://www.elibrary.ru/uhubjr>
3. Завалин А.А., Пасынков А.В. Азотное питание и прогноз качества зерновых культур. М.: ВНИИА. 2007; 208. ISBN 5-9238-0065-9
4. Бинеев Р.Г., Казаков Х.Ш. Хелаты микробиогенных металлов в системе «почва — растения — животные». Казань. 1983; 80.
5. Сергеев К.А. ЖКУ: особенности использования в сельхозпроизводстве. *Ресурсосберегающее земледелие*. 2013; (1): 40–44.
6. Тишков Н.М., Михайлюченко Н.Г., Дряхлов А.А. Продуктивность сои при некорневой подкормке растений микроудобрениями и обработке регуляторами роста на черноземе выщелоченном. *Масличные культуры*. 2007; (2): 91–97. <https://www.elibrary.ru/klrvaf>
7. Карпова Л.В., Строгонова А.В. Влияние удобрений на формирование плотности агроценоза, посевные качества и биохимический состав семян яровой пшеницы. *Нива Поволжья*. 2019; (4): 2–8. <https://doi.org/10.36461/NP.2019.52.3.001>
8. Кшникаткина А.Н., Долженко А.Н. Эффективность некорневой подкормки микроэлементами удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале. *Нива Поволжья*. 2020; (1): 29–34. <https://doi.org/10.36461/NP.2020.54.1.005>
9. Попова В.В., Гоман Н.В., Бобренко И.А., Гайдар А.А. Влияние некорневой подкормки хелатами микроэлементов на урожайность яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве. *Вестник КрасГАУ*. 2020; (8): 57–64. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-57-64>
10. Гоман Н.В., Бобренко И.А., Красницкий В.М., Попова В.В. Влияние предпосевной обработки семян хелатами микроэлементов на продуктивность яровой пшеницы. *Плодородие*. 2020; (6): 23–26. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.117.07>
11. Федорова А.В., Бахвалова С.А., Демьянова-Рой Г.Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. *Плодородие*. 2022; (5): 30–32. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
12. Визирская М.М., Шерстобитов С.В. Влияние листовых подкормок на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья. *Плодородие*. 2021; (6): 46–50. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.123.12>
13. Фокин С.А. Продуктивность и качество семян яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от применения жидких удобрений. *Вестник Курганской ГСХА*. 2022; (3): 32–38. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_32
14. Белкина Р.И., Ахтариева Т.С., Кучеров Д.И., Масленко М.И., Савченко А.А., Моисеева К.В. Продуктивность и качество зерна яровой пшеницы в Северном Зауралье. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2017; 185. <https://www.elibrary.ru/zrgnxx>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Алексеевич Фокин,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
fok.s.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3882-4211>

Ирина Викторовна Куркова,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
kurkova10@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2086-6077>

Дальневосточный государственный аграрный университет,
ул. Политехническая, 86, Благовещенск, 675005, Амурская обл.,
Россия

REFERENCES

1. Kazak A.A., Loginov Yu.P., Eremin D.I. Influence of mineral fertilizers on productivity and quality of wheat varieties seeds in the northern forest-steppe of the Tyumen region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; 20(3): 219–229 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229>
2. Duktova N.A., Duktov V.P., Pavlovskiy V.V. Durum wheat is a new grain crop in Belarus: problems and prospects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*. 2015; (3): 85–92 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uhubjr>
3. Zavalin A.A., Pasyunkov A.V. Nitrogen nutrition and forecast of grain crops quality. Moscow: Pryanishnikov Research Institute of Agrochemistry. 2007; 208 (In Russian). ISBN 5-9238-0065-9
4. Bineev R.G., Kazakov H.Sh. Chelates of microbiogenic metals in the «soil — plants — animals system». Kazan. 1983; 80 (In Russian).
5. Sergeev K.A. Liquid comprehensive fertilizers: features of use in agricultural production. *Ressursosberegayushchee zemledelie*. 2013; (1): 40–44 (In Russian).
6. Tishkov N.M., Mikhailyuchenko N.G., Dryakhlov A.A. Soybean productivity at foliar application of microfertilizers and growth stimulants on leached chernozem. *Maslichnye kul'tury*. 2007; (2): 91–97 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/klrvaf>
7. Karpova L.V., Stroganova A.V. Effect of fertilizers on formation of agrocenosis density, seedling qualities and biochemical composition of spring wheat seeds. *Volga Region Farmland*. 2019; (4): 2–8. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.001>
8. Kshnikatkina A.N., Dolzhenko A.N. Efficiency of foliar dressing with microelement fertilizers on crop and quality of grain of spring triticale. *Volga Region Farmland*. 2020; (1): 29–34. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.1.5.005>
9. Popova V.V., Goman N.V., Bobrenko I.A., Gaydar A.A. The effect of foliar feeding with microelement chelates on the yield of spring wheat when cultivated on meadow-black soil. *Bulliten of KSAU*. 2020; (8): 57–64 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-57-64>
10. Goman N.V., Bobrenko I.A., Krasnitsky V.M., Popova V.V. Influence of pre-sowing treatment of seeds with chelates of microelements on the productivity of spring wheat. *Plodородие*. 2020; (6): 23–26 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.117.07>
11. Fedorova A.V., Bakhvalova S.A., Demyanova-Roy G.B. Yield and grain quality of winter wheat varieties of domestic selection. *Plodородие*. 2022; (5): 30–32 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
12. Vizirskaya M.M., Sherstobitov S.V. The effectiveness of foliar fertilization on the yield and quality of spring wheat in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Plodородие*. 2021; (6): 46–50 (In Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2021.123.12>
13. Fokin S.A. Crop productivity and the quality of spring wheat seeds of DalGAU 1 variety depending on liquid fertilizer application. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2022; (3): 32–38 (In Russian). https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_32
14. Belkina R.I., Akhtarieva T.S., Kuchеров D.I., Maslenko M.I., Savchenko A.A., Moiseeva K.V. Productivity and grain quality of spring wheat in the Northern Trans-Urals. Tyumen: Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2017; 185 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zrgnxx>

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Alekseevich Fokin,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
fok.s.a@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3882-4211>

Irina Viktorovna Kurkova,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
kurkova10@inbox.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2086-6077>

Far Eastern State Agrarian University,
86 Politekhicheskaya Str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005,
Russia

УДК 633.11:631.559(571.63)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83

Н.В. Кузьменко, ✉
Г.А. Муругова,
А.Г. Клыков,
И.В. Коновалова

Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ nata.kuzmenko.2907@mail.ru

Поступила в редакцию:
06.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83

Natalia V. Kuzmenko, ✉
Galina A. Murugova,
Aleksei G. Klykov,
Inna V. Konovalova

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ nata.kuzmenko.2907@mail.ru

Received by the editorial office:
06.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время важнейшие задачи селекции — создание и внедрение в производство новых высокоурожайных, устойчивых к стрессовым условиям среды и с высоким качеством зерна сортов, адаптированных к условиям муссонного климата.

Цель исследования — изучение сортов яровой мягкой и твердой пшеницы различного происхождения по основным хозяйственно ценным признакам в условиях Приморского края.

Методы. Исследования проводились в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2020–2022 гг. Объектом исследований являлись 16 сортов яровой пшеницы различного происхождения: 6 сортов яровой мягкой и 10 сортов яровой твердой пшеницы. Метеорологические условия за годы исследований в вегетационный период пшеницы были контрастными, что позволило всесторонне оценить селекционный материал на адаптивность и устойчивость к стрессовым факторам.

Результаты. Для селекции и производства выделены сорта пшеницы с высокой урожайностью (более 4,0 т/га): яровой мягкой — Воронежская 18, Рима, Приморская 50, яровой твердой — Донская элегия. В результате корреляционного анализа выявлены высокие положительные связи между урожайностью и продуктивной кустистостью ($r = 0,95$), массой 1000 зерен ($r = 0,85$), количеством колосков в колосе ($r = 0,84$). С наибольшим показателем белка и клейковины в зерне выделились сорта Алейская, Хабаровчанка и Приморская 40. Сорт Солнечная 573 отличился высокой твердостью (67,5%) и натурой зерна (785 г/л).

Ключевые слова: яровая мягкая и твердая пшеница, урожайность, корреляция, элементы продуктивности, сорт

Для цитирования: Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В. Продуктивность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Приморского края. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 79–83. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>

© Кузьменко Н.В., Муругова Г.А., Клыков А.Г., Коновалова И.В.

Productivity of soft and hard spring wheat varieties under the conditions of Primorsky Krai

ABSTRACT

Relevance. Currently, the most important tasks of breeding are the creation and introduction into production of new high-yielding varieties, resistant to stressful environmental conditions and with high grain quality, adapted to the conditions of the monsoon climate.

The purpose of the study is to study varieties of spring soft and durum wheat of various origins according to the main economically valuable characteristics in the conditions of the Primorsky Territory.

Methods. The research was conducted at FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika» in 2020–2022. Sixteen spring wheat varieties of various breeding origin served as the research object — six soft spring wheat varieties and ten hard spring wheat varieties. The weather conditions during the growing season of wheat differed over the years of the research (2020–2022). This allowed an objective evaluation of the breeding material for adaptability and resistance to stress factors.

Results. For breeding and production, wheat varieties with high yields (more than 4.0 t/ha) have been identified: spring soft — Voronezh 18, Rima, Primorskaya 50, spring hard — Don Elegia. As a result of the correlation analysis, high positive associations were revealed between yield and productive bushiness ($r = 0,95$), the mass of 1000 grains ($r = 0,85$), the number of spikelets in the ear ($r = 0,84$). Aleyskaya, Khabarovsk and Primorskaya 40 varieties stood out with the highest index of protein and gluten in grain. Variety Sunny 573 was distinguished by high hardness (67.5%) and grain type (785 g/l).

Key words: soft and hard spring wheat, yield, correlation, components of productivity, variety

For citation: Kuzmenko N.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Konovalova I.V. Productivity of soft and hard spring wheat varieties under the conditions of Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 79–83 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-79-83>

© Kuzmenko N.V., Murugova G.A., Klykov A.G., Konovalova I.V.

Введение/Introduction

Пшеница — важнейшая сельскохозяйственная культура в мире [1]. Ее потребляют в пищу свыше половины населения земного шара, среди зерновых она занимает ведущее место по площадям и валовому сбору зерна. Посевные площади пшеницы в России составляют около 40 млн га, валовые сборы — 40–50 млн т¹.

В настоящее время в производстве имеется много сортов, обладающих высокой продуктивностью и хорошим качеством зерна, однако они очень часто формируют высокий урожай зерна с низкими продовольственными качествами, из-за чего его используют на фуражные и технические цели [2, 3]. Несмотря на многие ценные качества и свойства районированных сортов пшеницы на Дальнем Востоке, каждый из них обладает целым рядом существенных недостатков, которые необходимо улучшить путем целенаправленного и научно обоснованного ведения селекционного процесса [4]. Одним из путей решения данной проблемы является внедрение в производство новых конкурентоспособных сортов с высокой и стабильной урожайностью [5]. Для решения этой задачи необходимо располагать генетически разнообразными и комплексно изученными исходными материалами в условиях муссонного климата.

Цель работы — изучение сортов яровой мягкой и твердой пшеницы различного происхождения по основным хозяйственно ценным признакам в условиях Приморского края.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили в лаборатории селекции зерновых и крупяных культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Приморский край, Россия) в 2020–2022 гг.

Объектом исследований являлись 16 сортов яровой пшеницы разного происхождения: 6 сортов яровой мягкой пшеницы: Приморская 39, Приморская 40, Приморская 50 (ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»), Хабаровчанка (ФГБНУ ХФИЦ ДВО РАН), Воронежская 18 (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»), Рима (ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»); 10 сортов яровой твердой — Донская элегия, Вольнодонская, Мелодия Дона (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»), Людмила (ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока»), Омская янтарная, Омский корунд (ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»), Солнечная 573, Алейская (ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»), Воронежская 7, Воронежская 9 (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»). В качестве стандарта взят сорт Приморская 39.

Почвы опытного участка — лугово-бурые отбеленные с содержанием органического вещества (3,16%), легкогидролизуемого азота (70 кг/кг), подвижного фосфора (16 мг/кг), подвижного калия (69 мг/кг), pH солевой вытяжки (6,0 ед.), кальция (14,75 мг экв.), магния

(2,70 мг экв.), серы (22,4 мг экв.), Нг (2,02 мг экв.), азота общего (0,20%).

Посев проводили сеялкой СКС-6-10. Площадь учетной делянки — 10 м², повторность — трехкратная. Норма высева семян — 5,5 млн всх. зерен на 1 га. Уборка — комбайном «Хеге-125». Полевые опыты закладывали согласно методике Б.А. Доспехова².

Учеты, наблюдения и лабораторные исследования яровой пшеницы проводили в соответствии с методическими указаниями Государственного испытания сельскохозяйственных культур³. Технологические и биохимические качества зерна определяли согласно установленным ГОСТам (ГОСТ 10840-2017⁴, ГОСТ 52554-2006⁵, ГОСТ ISO 520-2014⁶, ГОСТ 10846-91⁷, ГОСТ Р 54478-2011⁸).

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2010 (США).

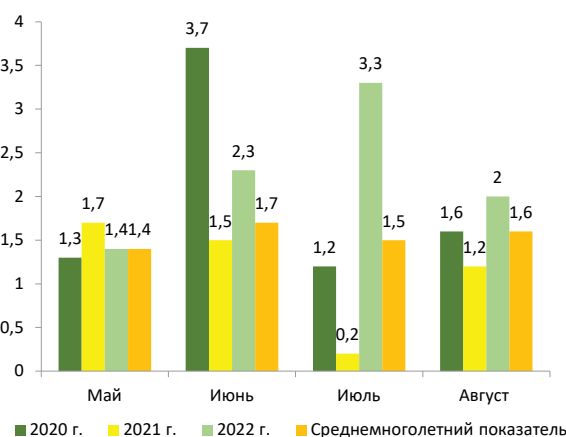
Дальний Восток России характеризуется муссонным климатом с высокой влажностью воздуха, частыми туманами, способствующими усилению развития болезней, снижению качества зерна, устойчивости к полеганию [6]. Погодно-климатические условия за годы исследований были контрастными по температурному режиму и влагообеспеченности и отражали особенности региона (рис. 1). Многолетние значения гидротермического коэффициента (ГТК) вегетационного периода зерновых культур в условиях Приморского края находятся в пределах 1,8.

Количество осадков, выпавшее за вегетационный период пшеницы в 2020 г., составило 357,2 мм при среднемноголетних значениях 268 мм. Максимальное переувлажнение почвы наблюдалось в июне (ГТК = 3,7), что привело к полеганию растений и снижению продуктивности зерна.

Метеорологические условия в 2021 г. были относительно благоприятны для роста и развития растений яровой пшеницы, способствовали формированию

Рис. 1 Гидротермический коэффициент 2020–2022 гг.

Fig. 1. Hydrothermal coefficient 2020–2022



¹ Площадь и урожайность пшеницы в Приморском крае [Электронный ресурс]. — Режим доступа https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx (дата обращения: 22.05.2023).

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп., стереотип изд. М.: Альянс. 2014; 351.

³ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Москва. 2019; 329.

⁴ ГОСТ 10840-2017. Зерно. Метод определения натурности. 2019; 8.

⁵ ГОСТ 52554-2006. Пшеница. Технические условия. М.: Изд-во стандартов. 2006; 13.

⁶ ГОСТ ISO 520-2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. 2015; 11.

⁷ ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. М.: Изд-во стандартов. 1993; 6.

⁸ ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. М.: Изд-во стандартов. 2013; 9.

высокой урожайности зерна с хорошими качествами. Условия характеризовались высоким температурным режимом и равномерным выпадением осадков по фазам развития (ГТК = 1,0).

Значительное количество осадков, выпавшее в период формирования и созревания зерна пшеницы в вегетационный период 2022 г., существенно снизило его урожайность и качество. Так, в июне ГТК составил 2,3, в июле — 3,3, в августе — 2,0, что в сочетании с повышенной влажностью воздуха (92%) привело к переувлажнению почвы и снижению продуктивности. Разнообразие погодных условий за годы исследований позволило все-сторонне оценить селекционный материал на адаптивность и устойчивость к стрессовым факторам.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Современные сорта в агроэкологических условиях Дальнего Востока обладают достаточно высокими потенциальными возможностями, однако урожайность генотипов варьирует в широких пределах в зависимости от условий окружающей среды [6].

Анализ результатов сравнительного изучения сортов яровой мягкой и твердой пшеницы по элементам продуктивности показал, что максимальную продуктивную кустистость сформировали сорта Мелодия Дона (2,2 шт.) и Омская янтарная (1,9 шт.) (табл. 1).

За годы изучения более высокой реализацией генетического потенциала урожайности обладали сорта яровой мягкой пшеницы Воронежская 18 (4,3 т/га), Рима (4,1 т/га), Приморская 50 (4,0 т/га), яровой твердой пшеницы Донская элегия (4,0 т/га). Превышение по этому показателю у данных сортов над стандартом (Приморская 39 — 3,9 т/га) составляло 0,1–0,4 т/га.

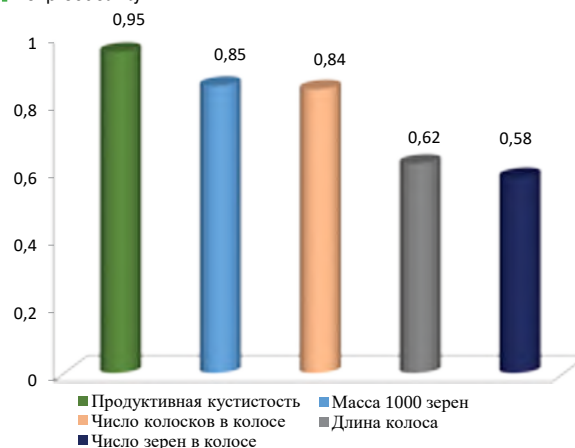
Важным элементом продуктивности колоса является его длина. Данный признак сильно изменяется в зависимости от сортовых особенностей. По длине колоса выделились сорта мягкой пшеницы Воронежская 18 (8,2 см) и Приморская 40 (8,5 см). У стандарта Приморская 39 длина колоса за годы исследования составила 7,3 см. Число зерен в колосе варьировало от 20,0 шт. (Приморская 50) до 29,6 шт. (Воронежская 9).

Таблица 1. Урожайность и элементы ее структуры у сортов яровой мягкой и твердой пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.)
Table 1. Yield and productivity components of soft and hard wheat varieties (the average over 2020–2022)

Сорт	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Урожайность, т/га
Яровая мягкая пшеница					
Приморская 39 (st)	1,6	7,3	12,5	23,9	3,9
Приморская 40	1,4	8,5	12,4	23,6	3,3
Приморская 50	1,7	7,2	11,7	24,0	4,0
Хабаровчанка	1,6	7,2	11,6	20,2	3,5
Воронежская 18	1,7	8,2	13,6	27,7	4,3
Рима	1,7	7,2	12,3	26,4	4,1
Яровая твердая пшеница					
Донская элегия	1,7	6,3	12,0	27,1	4,0
Вольнодонская	1,6	5,4	10,0	22,8	3,1
Людмила	1,6	6,5	12,4	23,7	3,3
Мелодия Дона	2,2	5,7	11,4	24,3	3,9
Омская янтарная	1,9	6,2	11,9	22,0	3,2
Омский корунд	1,5	6,2	12,0	23,5	3,9
Солнечная 573	1,7	5,8	12,1	21,2	3,9
Алейская	1,4	6,3	11,9	24,0	3,5
Воронежская 7	1,5	6,3	13,7	27,9	3,5
Воронежская 9	1,8	6,4	14,3	29,6	3,8
НСР _{0,95}	0,1	0,5	1,2	2,0	0,2

Рис. 2 Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и элементами ее структуры

Fig. 2. Correlation coefficient between grain yield and the components of productivity



Характер взаимосвязи элементов продуктивности таков, что позволяет усилить либо ослабить один или несколько признаков, для того чтобы получить их оптимальное сочетание и, как результат, высокую продуктивность. Проведенный корреляционный анализ показал степень влияния различных элементов продуктивности на формирование урожайности, что позволяет более целенаправленно проводить отбор в селекционном процессе [7]. Урожайность на генотипическом уровне достоверно и наиболее тесно сопряжена с продуктивной кустистостью ($r = 0,95$), массой 1000 зерен ($r = 0,85$) и количеством колосков в колосе ($r = 0,84$). В средней степени урожайность коррелирует с длиной главного колоса ($r = 0,62$) и числом зерен в колосе ($r = 0,58$) (рис. 2).

Признак «масса 1000 зерен» используется как один из параметров оценки технологических качеств зерна. Известно, что чем больше масса зерновки наряду с ее выполненностью, тем лучше мукомольные свойства сорта [3, 8]. В среднем по опыту изучаемый признак варьировал от 34,1 до 45,7 г (табл. 2). Наибольшая масса за годы исследования отмечена у сортов Алейская (45,7 г), Омская янтарная (44,3 г), Приморская 40 (44,1 г) и Приморская 50 (44,0 г).

Показатель величины стекловидности зерна сорта обязательно учитывается при его использовании в переработке [9, 10]. Среди яровых мягких пшениц максимальную стекловидность зерна имел сорт Воронежская 18 (55%), а среди твердых пшениц — Омская янтарная (70,5%), Солнечная 573 (67,5%) и Вольнодонская (65,7%). Результаты исследований показали, что натура зерна варьировала от 710 г/л (Воронежская 7) до 785 г/л (Солнечная 573).

Выделены сорта, у которых количество белка и клейковины в годы изучения было максимальным: Алейская (13,8% и 26,3%), Хабаровчанка (13,8% и 26,7%), Приморская 40 (13,9% и 28,3%) соответственно.

Для сортов, выведенных в других регионах и являющихся различными экологическими биотипами, характерна различная реакция на изменение условий окружающей среды, что проявляется в значительном варьировании. Высокая и стабильная урожайность зерновых культур во времени и пространстве может быть достигнута при совокупности в генотипе высокой потенциальной продуктивности с устойчивостью к неблагоприятным экологическим факторам внешней среды.

Таблица 2. Технологические и биохимические качества яровой мягкой и твердой пшеницы (среднее за 2020–2022 гг.)
Table 2. Technological and biochemical qualities of spring soft and durum wheat (average for 2020–2022)

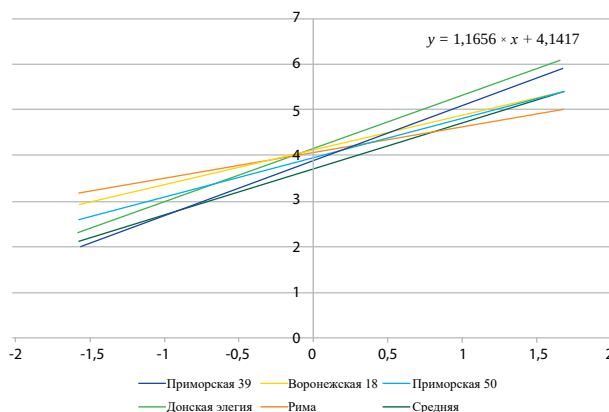
Сорт	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Белок, %	Клейковина %
Яровая мягкая пшеница					
Приморская 39 (st)	47,6	37,3	773,3	13,3	28,2
Приморская 40	47,0	44,1	788,3	13,9	28,3
Приморская 50	39,3	44,0	778,3	13,0	24,6
Хабаровчанка	44,3	34,1	771,7	13,8	26,7
Воронежская 18	55,0	37,2	766,7	12,6	24,0
Рима	45,8	37,9	760,0	12,7	25,2
Яровая твердая пшеница					
Донская элегия	55,8	42,7	756,7	12,2	22,6
Вольнодонская	65,7	41,9	775,0	12,1	22,8
Людмила	50,7	43,7	760,0	13,0	25,2
Мелодия Дона	54,2	41,5	771,7	12,9	24,1
Омская янтарная	70,5	44,3	766,7	13,4	25,7
Омский корунд	60,7	42,1	756,7	13,4	26,2
Солнечная 573	67,5	42,9	785,0	13,4	26,3
Алейская	61,3	45,7	761,7	13,8	26,3
Воронежская 7	37,8	43,2	710,0	12,9	24,4
Воронежская 9	59,8	42,0	748,3	13,1	25,2
НСР _{0,95}	5,0	3,8	20,0	0,2	0,4

Индекс условий среды (*Ij*) определяет изменчивость условий выращивания и может принимать положительное или отрицательное значение [11].

Среди изученных 16 сортов пшеницы об урожайности выделились 5: яровая мягкая пшеница Приморская 39, Приморская 50, Воронежская 18, Рима, яровая твердая пшеница Донская элегия, у которых данный показатель в среднем за 2020–2022 гг. превысил стандарт. Индекс условий среды (*Ij*) по годам изменялся от 1,58 до 1,68 (рис. 3). Лучшие условия для сортов сложились в 2021 г., когда индекс среды принимал наибольшее положительное значение (*Ij* = 1,68).

Для 2020 и 2022 гг. был характерен отрицательный индекс среды, где факторами, влияющими на урожайность яровой пшеницы, послужили значительное количество выпавших осадков и, как следствие, переувлажнение почвы в течение всей вегетации. Высокий отрицательный индекс условий среды в 2022 г. (*Ij* = -1,58) указывает на достаточно высокую долю влияния погодных условий региона. Пересечение средней урожайности по опыту, коэффициент регрессии которой равен 1, с ординатой урожая, восстановленной из точки

Рис. 3. Линии регрессии урожайности сортов яровой пшеницы на изменение условий среды (среднее за 2020–2022 гг.)
Fig. 3. Lines of yield regression of spring wheat varieties in response to changes in the environmental conditions (the average over 2020–2022)



с индексом условий среды, который всегда равен 0, устанавливает среднюю — 3,7 т/га. Линии регрессии урожая сортов Приморская 50, Донская элегия, Воронежская 18 и Рима находятся выше точки средней по опыту, что выражается более высоким уровнем урожайности в среднем за годы исследования.

В результате изучения сортов яровой мягкой и твердой пшеницы выделены сорта, которые сочетают в себе высокую продуктивность с устойчивостью к условиям муссонного климата.

Выводы/Conclusion

На основании проведенных исследований установлено, что сорта яровой мягкой пшеницы Приморская 50, Воронежская 18, Рима, яровой твердой пшеницы Донская элегия формируют урожайность более 4,0 т/га. Данные сорта рекомендуется использовать в качестве ценных источников при создании новых сортов яровой пшеницы, а также в сельскохозяйственном производстве.

В результате корреляционного анализа выявлены положительные связи между урожайностью и продуктивной кустистостью ($r = 0,95$), массой 1000 зерен ($r = 0,85$), количеством колосков в колосе ($r = 0,84$).

Наибольший интерес по технологическим и биохимическим качествам зерна представляют сорта: с относительно высокими показателями стекловидности (67%) и натуры зерна (785 г/л) — Солнечная 573, белка (13,8%) и клейковины (26,3%) — Алейская и Хабаровчанка.

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

Исследования выполнялись в рамках госзадания по Программе фундаментальных научных исследований в РФ на 2021–2030 гг. (госрегистрация № 122022600066-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдова Н.В. и др. Формирование урожайности яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья в зависимости от густоты стеблестоя. *Аграрная наука*. 2019; (7-8): 32–34. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-32-34>
2. Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Изучение адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы селекции Аграрного научного центра «Донской» по признаку «масса 1000 зерен». *Аграрная наука*. 2022; (7-8): 142–145. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-142-145>

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 research was carried out within the framework of the state task under the Program of Fundamental Scientific Research in the Russian Federation for 2021–2030. (state registration No. 122022600066-1).

REFERENCES

1. Davydova N.V. et al. The formation of spring wheat yield in Russia Central region as a function of productive stalks density. *Agrarian science*. 2019; (7-8): 32–34 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-32-34>
2. Nekrasov E.I., Marchenko D.M., Ivanisov M.M. The study of adaptive potential of the winter common wheat varieties developed by the agricultural research center «Donskoy» according to the trait 1000-grain weight. *Agrarian Science*. 2022; (7-8): 142–145 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-142-145>

3. Балашов В.В., Бородин В.В., Набойченко К.В., Агафонов А.К. Изменчивость продуктивности сортов яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2020; (1): 57–64. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-05>
4. Клыкков А.Г., Муругова Г.А., Тимошинова О.А., Коновалова И.В., Самагина Ю.В. Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых культур приморской селекции. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2022; (3): 18–32. <https://www.elibrary.ru/jthhxp>
5. Громова С.Н., Скрипка О.В., Самофалов А.П., Подгорный С.В., Некрасова О.А., Чернова В.Л. Продуктивность и элементы структуры урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании в условиях «АНЦ «Донской»». *Зерновое хозяйство России*. 2019; (3): 26–29. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29>
6. Murugova G.A., Pavlova N.A., Klykov A.G. E Evaluation of Adaptive Properties of the Spring Barley Varieties Using Mathematical Analysis. Smagin S.I., Zatsarinnyy A.A. eds. *ITHPC-2019. V International Conference Information Technologies and High-Performance Computing. Short Paper Proceedings*. 2019; 110–115. <https://www.elibrary.ru/wmqnrj>
7. Иванова И.Ю., Иванова А.О., Ильина С.В. Корреляционная зависимость урожайности пшеницы мягкой яровой от элементов продуктивности. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019; (4): 119–125. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11142>
8. Асеева Т.А., Зенкина К.В., Ломакина И.В., Рубан З.С. Технологические и хлебопекарные свойства зерна яровой мягкой пшеницы. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2020; (4): 14–19. <https://www.elibrary.ru/ynndrx>
9. Жаркова С.В. Показатели качества зерна сортов твердой пшеницы. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2021; (2-1): 13–15. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-2-1-13-15>
10. Громова С.Н., Скрипка О.В., Подгорный С.В., Самофалов А.П., Чернова В.Л., Кравченко Н.С. Результаты изучения хозяйственно-биологических характеристик сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник в условиях юга Ростовской области. *Аграрная наука*. 2022; (2): 67–70. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-356-2-67-70>
11. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Засыпкина И.М. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (4): 8–14. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14>

ОБ АВТОРАХ

Наталья Викторовна Кузьменко,

младший научный сотрудник
nata.kuzmenko.2907@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9824-1512>

Галина Александровна Муругова,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
gal.murugova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

Алексей Григорьевич Клыкков,

доктор биологических наук, академик РАН
alex.klykov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Инна Витальевна Коновалова,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
konovalovainna@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539, Россия

3. Balashov V.V., Borodichev V.V., Naboychenko K.V., Agafonov A.K. Variability of productivity of spring wheat varieties depending on hydrothermal conditions on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2020; (1): 57–64 (In Russian). <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-01-05>

4. Klykov A.G., Murugova G.A., Timoshinova O.A., Konovalova I.V., Samagina Yu.V. The adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops bred in Primorye territory. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2022; (3): 18–32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/jthhxp>

5. Gromova S.N., Skripka O.V., Samofalov A.P., Podgorny S.V., Nekrasova O.A., Chernova V.L. Productivity and its structure elements of the winter soft wheat varieties and lines in the competitive variety-testing conducted by the «ANC «Donskoy»». *Grain Economy of Russia*. 2019; (3): 26–29 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-63-3-26-29>

6. Murugova G.A., Pavlova N.A., Klykov A.G. E Evaluation of Adaptive Properties of the Spring Barley Varieties Using Mathematical Analysis. Smagin S.I., Zatsarinnyy A.A. eds. *ITHPC-2019. V International Conference Information Technologies and High-Performance Computing. Short Paper Proceedings*. 2019; 110–115. <https://www.elibrary.ru/wmqnrj>

7. Ivanova I.Yu., Ivanova A.O., Ilyina S.V. Correlation dependence of soft spring wheat productivity on productivity elements. *Legumes and Groat Crops*. 2019; (4): 119–125 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11142>

8. Aseeva T.A., Zenkina K.V., Lomakina I.V., Ruban Z.S. Technological and baking properties of spring soft wheat grain. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020; (4): 14–19 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ynndrx>

9. Zharkova S.V. Indicators of grain quality of durum wheat varieties. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2021; (2-1): 13–15 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2021-2-1-13-15>

10. Gromova S.N., Skripka O.V., Podgorny S.V., Samofalov A.P., Chernova V.L., Kravchenko N.S. Study results of the economic and biological characteristics of winter common wheat varieties when sown after sunflower in the south of the Rostov region. *Agrarian science*. 2022; (2): 67–70 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-356-2-67-70>

11. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasyupkina I.M. Estimation of ecological adaptability and stability of promising winter barley varieties and lines in the competitive variety testing. *Grain Economy of Russia*. 2021; (4): 8–14 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14>

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Viktorovna Kuzmenko,

Junior Researcher
nata.kuzmenko.2907@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9824-1512>

Galina Aleksandrovna Murugova,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist
gal.murugova@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4203-851X>

Aleksey Grigoryevich Klykov,

Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences
alex.klykov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Inna Vitalievna Konovalova,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist
konovalovainna@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East
named after A.K. Chaika,
30B Volozhenin Str., Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai,
692539, Russia

Е.Н. Барсукова¹, ✉
А.Г. Клыков¹,
Е.Л. Чайкина²

¹Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

²Тихоокеанский институт биоорганической
химии им. Г.Б. Елякова, Дальневосточное
отделение Российской академии наук,
Владивосток, Россия

✉ stud_info87@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Elena N. Barsukova¹, ✉
Alexei G. Klykov¹
Elena L. Chaikina²

¹Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

²G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic
Chemistry (Far Eastern Branch of Russian
Academy of Sciences), Vladivostok, Russia

✉ stud_info87@mail.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Селекционная оценка сортообразцов гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench), полученных с использованием ионов меди и цинка

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Использование в селекции гречихи новых направлений — биотехнологических методов, включающих скрининг толерантных к ионам меди и цинку форм — повышает адаптивность генотипов и позволяет получить перспективный исходный материал для селекции.

Методы. Исследования по получению образцов гречихи, толерантных к меди и цинку, и селекционной оценке проведены в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2020–2022 г. в полевых условиях. Объектом исследования служили 10 образцов, полученных на основе сортов Китавадесоба (Япония), Изумруд (Россия), гибрида Изумруд × Китавадесоба, микропогони и семена которых подвергали воздействию ионов меди и цинка. В качестве стандарта взят районированный сорт Изумруд. Применялся метод клеточно-тканевой селекции *in vitro*, а также проращивание семян в концентрированных растворах солей меди и цинка (*in vivo*).

Результаты. В условиях муссонного климата Приморского края проведено трехлетнее испытание 10 образцов гречихи, полученных при воздействии ионов меди и цинка в культуре *in vitro* и *in vivo*. В результате изучения для дальнейшей селекции отобраны три образца (№ 989, 1013, 783), которые характеризуются комплексом хозяйственно ценных признаков: высокой семенной продуктивностью (6,5–7,1 г), стрессоустойчивостью, генетической гибкостью, высокой массой 1000 семян (37,8–44,8 г), сочетанием высокой массы 1000 ядер (27,4–33,1 г) с низкой пленчатостью (23,3–25,5%), и два образца (№ 997, 1005) с повышенным содержанием рутина в плодах (7,1–7,7 мг / 100 г).

Ключевые слова: гречиха посевная, *Fagopyrum esculentum* Moench, селекция, *in vitro*, *in vivo*, медь, цинк, семенная продуктивность, рутин, технологические показатели

Для цитирования: Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л. Селекционная оценка сортообразцов гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench), полученных с использованием ионов меди и цинка. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 84–89. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89>

© Барсукова Е.Н., Клыков А.Г., Чайкина Е.Л.

Breeding evaluation of the common buckwheat accessions (*Fagopyrum esculentum* Moench) obtained with the use of copper and zinc ions

ABSTRACT

Relevance. Employing new biotechnological methods in the breeding of buckwheat, including the screening of forms with tolerance to copper and zinc ions, might increase the adaptability of genotypes and allow the creation of promising starting material for further breeding.

Methods. The research on common buckwheat with tolerance to copper and zinc ions and breeding evaluation of the obtained accessions were conducted at FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika» in 2020–2023. The research object was 10 accessions obtained from buckwheat varieties Kitavasesoba (Japan) and Izumrud (Russia) and hybrid Izumrud×Kitavasesoba, whose microshoots and seeds were exposed to copper and zinc ions. Released variety Izumrud was used as the standard. The method of cell and tissue culture *in vitro* as well as the germination of seeds in concentrated solutions of copper and zinc salts *in vivo* were employed.

Results. In the conditions of the monsoon climate of Primorsky Krai, a three-year test of 10 buckwheat samples obtained under the influence of copper and zinc ions in culture *in vitro* and *in vivo* was carried out. As a result of the study, three samples were selected for further selection (No. 989, 1013, 783), which are characterized by a complex of economically valuable traits: high seed productivity (6.5–7.1 g), stress resistance, genetic flexibility, high mass of 1000 seeds (37.8–44.8 g), a combination of high mass of 1000 kernels (27.4–33.1 d) with low film content (23.3–25.5%), and two samples (No. 997, 1005) with an increased content of rutin in fruits (7.1–7.7 mg / 100 g).

Key words: common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench, breeding, *in vitro*, *in vivo*, copper, zinc, seed productivity, rutin, technological parameters

For citation: Barsukova E.N., Klykov A.G., Chaikina E.L. Breeding evaluation of the common buckwheat accessions (*Fagopyrum esculentum* Moench) obtained with the use of copper and zinc ions. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 84–89 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-84-89>

© Barsukova E.N., Klykov A.G., Chaikina E.L.

Введение/Introduction

Гречиха по уровню урожайности существенно уступает другим зерновым культурам, средняя ее урожайность составляет 0,94 т/га [1, 2]. Продуктивность гречихи отличается нестабильностью в связи с тем, что возделываемые сорта характеризуются низкой устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды [3]. Перспективным направлением повышения эффективности селекционного процесса является использование современных методов биотехнологии, позволяющих за короткие сроки существенно расширить диапазон изменчивости существующих сортов и создать формы с новыми свойствами и признаками. Значительное место в решении этих задач занимает клеточно-тканевая селекция, основанная на отборе генотипов, устойчивых к селективному фактору, в частности к ионам тяжелых металлов [4–6].

Использование в селекции форм гречихи, толерантных к ионам тяжелых металлов, позволяет повысить адаптивность исходного материала за счет явления сопряженной устойчивости, при которой действие на растения одним видом стресса делает организм более устойчивым и к другим экстремальным факторам¹. Селекция гречихи с применением повышенных концентраций ионов меди и цинка в нашем учреждении проводится с 2006 г. За этот период создано более 70 образцов, один из которых включен в гибридизацию при создании сорта гречихи Уссуричка, районированного в 2021 г. в Дальневосточном регионе [7]. Полученные положительные результаты подтверждают необходимость и перспективность развития данного направления исследований, расширения поиска эффективных концентраций тяжелых металлов для увеличения генетического разнообразия исходного материала гречихи².

Традиционная селекция гречихи направлена на повышение урожайности и технологических качеств зерна, обеспечивающих наибольший выход крупяной продукции при переработке [8]. Крупность семян в меньшей степени зависит от влияния окружающей среды, и вероятность отбора по фенотипу составляет 88% [9], поэтому прямой отбор на крупнозерность достаточно эффективен. По мнению А.В. Амелина с соавторами, роста урожайности гречихи можно достичь как за счет укрупнения семян, так и увеличения их количества. Причем коэффициент корреляции между урожайностью и массой 1000 семян, по их данным, составляет +0,89, что указывает на тесную зависимость этих признаков [10]. Однако важно найти у семян перспективного сорта оптимальное соотношение между крупностью, питательной и технологической ценностью [1].

В селекции гречихи актуальным и приоритетным направлением является выведение сортов с высоким содержанием флавоноидов (рутина) в зерне и надземной части растений [7, 11]. Флавоноиды гречневой крупы предупреждают развитие злокачественных новообразований, предохраняют наш организм от старения и болезней, стимулируют иммунитет [12, 13].

Цель исследования — провести оценку образцов гречихи в полевых условиях, полученных при воздействии повышенных концентраций солей меди и цинка.

Таблица 1. Показатели семенной продуктивности и массы 1000 семян сортообразцов гречихи, полученных при воздействии солей меди и цинка *in vitro* и *in vivo* (СП 2019 г.)
Table 1. Parameters of the seed productivity and 1000 kernel weight of the buckwheat accessions obtained as the result of exposure to copper and zinc salts *in vitro* and *in vivo* (Breeding nursery of 2019)

№	Сорт, сортообразец	Получен при концентрации $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ($\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$), мг/л	Продуктивность растений, г $\bar{X} \pm \bar{S}\bar{X}$	Масса 1000 семян, г
763	Изумруд (стандарт, исходный сорт)	0	$2,9 \pm 0,68$	33,0
764	Китавасесоба (исходный сорт)	0	$4,1 \pm 0,99$	32,2
765	Изумруд × Китавасесоба (исходная форма)	0	$3,6 \pm 0,50$	30,5
Образцы получены <i>in vitro</i>				
989	Изумруд × Китавасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	11,5	$4,1 \pm 0,53$	37,3
997	Изумруд × Китавасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	115,0	$5,4 \pm 1,12$	33,3
1005	Изумруд × Китавасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	161,0	$5,2 \pm 0,82$	33,4
1013	Изумруд × Китавасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	184,0	$3,8 \pm 0,64$	31,1
947	Китавасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	101,0	$5,2 \pm 0,54$	34,8
955	Китавасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	606,0	$6,1 \pm 0,79$	34,7
Образцы получены <i>in vivo</i>				
1030	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	1150	$3,3 \pm 0,34$	33,0
783	Изумруд Cu^{2+} $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	3450	$4,5 \pm 0,67$	40,0
791	Изумруд Cu^{2+} $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	5750	$4,0 \pm 0,64$	41,8
1037	Изумруд $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	404	$2,5 \pm 0,31$	36,6

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Исследования по изучению в полевых условиях образцов гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench), толерантных к ионам меди и цинка, проведены в ФГБНУ «ФНЦ агробiotехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (г. Уссурийск, Россия) в 2020–2022 гг.

Объектом исследования служили 10 образцов, полученных на основе сортов Китавасесоба (Япония), Изумруд (Россия) и гибрида Изумруд × Китавасесоба, краткая характеристика которых по итогам испытания в селекционном питомнике в 2019 г. представлена в таблице 1.

В качестве стандарта использовали районированный сорт Изумруд. Для получения толерантных к меди и цинку образцов гречихи в 2018 г. использовали два подхода. В первом случае применялся метод клеточно-тканевой селекции, при котором микропобеги гречихи культивировали на селективных средах с высокими дозами ионов меди (11,5 мг/л, 115 мг/л, 161 мг/л, 184 мг/л) и цинка (101 мг/л, 606 мг/л) в условиях *in vitro*, во втором — семена проращивали в растворах (*in vivo*) с повышенным содержанием солей меди (1150 мг/л, 3450 мг/л, 5750 мг/л) и цинка (404 мг/л).

¹ Физиологические основы селекции растений / В.А. Драгавцев, Г.В. Удовенко, Н.Ф. Батыгин и др.; ред.: Г.В. Удовенко, В.С. Шевелухи. СПб.: ВИР. 1995; 654 (Теоретические основы селекции. Т. II. Ч. II). ISBN 5-10-002877-7

² Боровая С.А., Клыков А.Г., Барсукова Е.Н., Фисенко П.В. Патент RU 2789885 С1. Способ получения новых генотипов гречихи *in vitro*. Опубликовано 14.02.2023.

Растения-регенеранты и проросшие после обработки семена высаживали в почву для получения семян, далее размноженное семенное потомство изучали в полевых условиях селекционного питомника (СП). Почва опытного участка — лугово-бурая отбеленная, по механическому составу относится к иловато-пылеватым и средним глинам. Пахотный слой почвы — 20–24 см, со сравнительно высоким уровнем плодородия. Опытный участок характеризуется средним гумусовым горизонтом (3,10%), среднекислой pH почвы (4,8), средним содержанием калия (105 мг/кг), высоким значением показателя общего азота (0,24%) и азота легкогидролизуемого (90 мг/кг), низким содержанием подвижных форм фосфора (20 мг/кг). Посев гречихи в селекционном питомнике проводился вручную, площадь делянки — 3,2 м², повторность — однократная.

Климатические условия в период проведения полевых исследований контрастно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков: гидротермический коэффициент (ГТК) в 2020 г. составлял 1,9, в 2021-м — 0,6, в 2022-м — 2,6. Это позволило объективно оценить селекционный материал в полевых испытаниях.

Массу 1000 семян определяли по ГОСТ 12042-80³, показатель пленчатости — по ГОСТ 10843-76⁴. Биохимический анализ на содержание рутина в семенах проводили в Тихоокеанском институте биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН (г. Владивосток, Россия) по методикам М.Н. Запрометова⁵, Kreft *et al.*⁶. Адаптивные свойства селекционных образцов, толерантных к ионам тяжелых металлов, по признакам семенной продуктивности оценивали по параметрам стрессоустойчивости, генетической гибкости⁷. Уровень устойчивости к стрессу определяли по разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_2 - Y_1$). Этот параметр имеет отрицательный знак, и чем его величина меньше, тем выше стрессоустойчивость образца. Средняя урожайность сортов в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях ($Y_1 + Y_2/2$) характеризует их генетическую гибкость. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды.

Статистическую обработку результатов экспериментов проводили по Б.А. Доспехову⁸ с применением компьютерных программ Microsoft Excel 2010.

Таблица 2. Показатели семенной продуктивности сортообразцов гречихи, полученных при воздействии солей меди и цинка *in vitro* и *in vivo* (СП 2020–2022 гг.)

Table 2. Parameters of the seed productivity of the buckwheat accessions obtained as the result of exposure to copper and zinc salts *in vitro* and *in vivo* (Breeding nursery of 2020–2022)

№ в СП 2022 г.	Сорт, сортообразец	Получен при концентрации $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$, мг/л	Продуктивность растения, г		$\pm$ к стандарту, %	Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость
			$\bar{X} \pm S\bar{X}$	lim			
763	Изумруд (стандарт)	0	6,1 $\pm$ 0,47	5,2–6,8	–	-1,6	6,0
Образцы получены <i>in vitro</i>							
989	Изумруд $\times$ Китавадесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	11,5	7,1 $\pm$ 0,30*	6,5–7,7	16,4	-1,2	7,1
997	Изумруд $\times$ Китавадесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	115,0	5,6 $\pm$ 0,86	4,0–6,9	-8,2	-2,9	5,5
1005	Изумруд $\times$ Китавадесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	161,0	5,6 $\pm$ 1,10	4,4–7,9	-8,2	-3,5	6,2
1013	Изумруд $\times$ Китавадесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	184,0	7,1 $\pm$ 0,39*	6,6–7,9	16,4	-1,3	7,3
947	Китавадесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	101,0	5,4 $\pm$ 0,58	4,8–6,6	-11,5	-1,8	5,7
955	Китавадесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	606,0	5,4 $\pm$ 1,3	3,1–7,5	-11,5	-4,4	5,3
Образцы получены <i>in vivo</i>							
1030	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	1150,0	5,3 $\pm$ 0,45	4,8–5,7	-13,1	-0,9	6,3
783	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	3450,0	6,5 $\pm$ 0,45	6,0–6,9	6,6	-0,9	6,4
791	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	5750,0	5,9 $\pm$ 1,6	4,3–9,1	-3,3	-4,8	6,7
1037	Изумруд $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	404,0	6,6 $\pm$ 0,64*	5,6–7,8	8,2	-2,2	6,7
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$		6,05 $\pm$ 0,2				
	V, %		11,1				

Примечание: * Различия достоверны при $p < 0,05$ в сравнении со стандартом, *in vitro* — растения-регенеранты получены в результате культивирования микропобегов на среде с сульфатом меди или цинка, *in vivo* — растения получены в результате проращивания семян в растворах сульфата меди или цинка.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ результатов показал, что наибольшей устойчивостью к стрессу и способностью формировать стабильную продуктивность в различных климатических условиях характеризуются образцы № 783 (-0,9), 989 (-1,2), 1013(-1,3), толерантные к ионам меди (табл. 2).

Продуктивность семян двух образцов гречихи (№ 989 и 1013), полученных при добавлении в селективную среду повышенных доз сульфата меди в условиях *in vitro*, превысила показатели сорта стандарта Изумруд на 16,4% и составила 7,1 г с растения. Среди образцов, толерантных к повышенным концентрациям цинка и меди, полученных *in vivo*, превышение по продуктивности (на 8,2%) отмечено у сортообразца № 1037 (6,6 г) и (на 6,6%) № 783 (6,5 г). Образцы № 989 и 1013 показали также наибольшую генетическую гибкость, что указывает на высокое соответствие между данными генотипами и факторами среды. Важно отметить тот факт, что повышенная устойчивость к стрессу и генетическая гибкость проявлялись у образцов, созданных при воздействии солей меди и цинка как в культуре *in vitro*, так и *in vivo*.

³ ГОСТ 12042-80 Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения массы 1000 семян.

⁴ ГОСТ 10843-76 Зерно. Метод определения пленчатости.

⁵ Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М.: Наука. 1993; 272.

⁶ Kreft S., Strukelj B., Gaberscik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. Journal of Experimental Botany. 2002; 53(375): 1801–1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>

⁷ Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Россельхозакадемии. 2005; (6): 49–53.

⁸ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс. 2014; 351.

Образцы гречи, полученные в результате воздействия высоких концентраций ионов меди и цинка, отличались крупным зерном, среднее значение массы 1000 семян у изученных образцов — 39,6 г (при изменчивости от 35,7 до 44,8 г) (коэффициент вариации — 5,9%) (табл. 3).

Достоверное превышение по крупности семян по сравнению с сортом стандартом Изумруд выявлено у двух образцов (№ 989 и 955), полученных на селективных средах *in vitro*, а также у трех (№ 783, 791 и 1037), полученных *in vivo*.

Показателями технологических свойств зерна гречи, кроме массы 1000 семян и крупности, являются также пленчатость, выход крупы и ядра. Опытные сортообразцы № 997, 1013, 947, 1037 относятся к среднеспелым (20,1–24,9%), остальные — к толстопленчатым (25% и выше) (табл. 3). По данным Ф.З. Кадыровой [14], увеличение крупности семян часто сопровождается и увеличением доли пленчатости. Доля плодовой оболочки у сортов также увеличивается в годы проявления неблагоприятных климатических условий в процессе вегетации, что связано с адаптивными свойствами сорта, поэтому наличие большого количества среди опытных образцов толстопленчатых как раз может быть связано с повышением их адаптивности к климатическим условиям муссонного климата Приморского края.

Для крупяного производства наибольшее значение имеет показатель массы 1000 ядер [14]. Между крупностью семян, выравненностью и выходом ядрицы отмечена прямая тесная связь ($r = 0,72-0,79$) [15]. В исследовании между признаками «масса 1000 семян» и «масса 1000 ядер» установлена средняя корреляционная зависимость ($r = 0,66$). В среднем значение показателя «масса 1000 ядер» у изучаемых сортообразцов составило 28,9 г при низкой изменчивости (коэффициент вариации — 8,3%). Значение показателя массы 1000 ядер сорта Изумруд превысили девять образцов, в том числе пять, созданных в культуре *in vitro*, и четыре — *in vivo* (табл. 2). Максимальное превышение данного показателя по отношению к стандарту отмечено у образцов № 783 (32,9%), № 1037 (26,9%), № 791 (22,9%), полученных при проращивании семян в растворах сульфата меди и цинка (*in vivo*).

В последние годы селекционерами выведены крупноплодные сорта гречи, которые при переработке зерна в крупу требуют совершенствования технологии, предназначенной для зерна меньшего размера. Уменьшение потерь на стадии шелушения и увеличения выхода целого ядра повысит прибыль и рентабельность переработки зерна гречи, улучшит качество [8, 16].

В таблице 4 представлены результаты содержания рутина в плодах гречи. Значение данного показателя находилось в пределах 2,8–7,7 мг /100 г, наблюдалась

Таблица 3. Оценка сортообразцов гречи по технологическим параметрам качества семян
Table 3. Evaluation of the studied buckwheat accessions for the technological properties of seeds

№ СП 2022 г.	Сорт, сортообразец	Получен при концентрации $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ($\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$), мг/л	Масса 1000 семян, г		± к стандарту, %	Масса 1000 ядер, г	± к стандарту, %	Пленчатость, %
			$\bar{X} \pm s\bar{X}$	lim				
763	Изумруд (стандарт)	0	38,0 ± 1,1	36,5–40,2	–	24,9	–	23,4
Образцы получены <i>in vitro</i>								
989	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	11,5	40,4 ± 1,2*	38,0–42,0	6,3	29,6*	18,9	28,0*
997	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	115,0	38,2 ± 2,0	34,8–41,9	0,5	27,9*	16,8	23,7
1005	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	161,0	39,3 ± 2,3	36,4–43,8	3,4	27,0	8,4	28,1*
1013	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	184,0	37,8 ± 1,6	35,0–40,5	-0,5	30,1*	20,9	23,3
947	Кивасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	101,0	35,7 ± 2,3	31,1–38,8	-6,0	27,4*	10,0	23,8
955	Кивасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	606,0	40,6 ± 1,3*	37,9–42,0	6,8	28,3*	13,6	31,5*
образцы получены <i>in vivo</i>								
1030	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	1150	39,8 ± 0,9	38,8–40,8	4,7	29,9*	20,0	26,7*
783	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	3450	44,8 ± 1,4*	43,4–46,3	17,9	33,1*	32,9	25,5
791	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	5750	40,3 ± 1,4*	37,8–42,6	6,0	30,6*	22,9	29,3*
1037	Изумруд $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	404	40,9 ± 0,9*	39,4–42,7	7,6	31,6*	26,9	25,4
$\bar{X} \pm s\bar{X}$			39,6 ± 0,7			28,9 ± 0,7		26,2 ± 0,8
V, %			5,9			8,3		9,9

Примечание: * Различия достоверны при $p < 0,05$ в сравнении со стандартом.

Таблица 4. Содержание рутина в плодах образцов, полученных в результате воздействия ионов меди и цинка (СП 2022 г.)
Table 4. Rutin content in seeds of the buckwheat accessions obtained as the result of exposure to copper and zinc ions (Breeding nursery of 2022)

№ В СП 2022 г.	Сорт, сортообразец	Получен при концентрации $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ($\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$), мг/л	Содержание рутина в плодах	
			мг / 100 г	+/- к стандарту, %
763	Изумруд (стандарт)	0	5,6 ± 0,01	–
Образцы получены <i>in vitro</i>				
989	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	11,5	4,9 ± 0,02	-12,5
997	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	115,0	7,7* ± 0,01	37,5
1005	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	161,0	7,1* ± 0,01	26,8
1013	Изумруд × Кивасесоба $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	184,0	3,5 ± 0,01	-37,5
947	Кивасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	101,0	4,2 ± 0,02	-25,0
955	Кивасесоба $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	606,0	5,6 ± 0,01	0
Образцы получены <i>in vivo</i>				
1030	Изумруд $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	1150	2,8 ± 0,01	-50,0
783	Изумруд $\text{Cu}^{2+} \text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	3450	5,6 ± 0,02	0
791	Изумруд $\text{Cu}^{2+} \text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$	5750	6,3 ± 0,00	12,5
1037	Изумруд $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	404	4,9 ± 0,03	-12,5
$\bar{X} \pm s\bar{X}$			5,3 ± 0,42	
V, %			27,6	

Примечание: * Различия достоверны при $p < 0,05$ в сравнении со стандартом.

значительная изменчивость ($V = 27,6\%$). Максимальное накопление флавоноида выявлено в образцах № 997, 1005, соответственно, 7,7 мг / 100 г и 7,1 мг / 100 г. У образца № 997 превышение данного показателя над стандартом сортом Изумруд составило 37,5%, № 1005 — 26,8%. Содержание рутина в образце № 791 превысило стандарт на 12,5%.

Применение в качестве селективных агентов ионов меди и цинка, как в культуре *in vitro*, так и *in vivo*, способствовало получению перспективного исходного материала для селекции гречихи с улучшенными технологическими характеристиками качества зерна, высокой продуктивностью и стрессоустойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

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

- Амелин А.В., Фесенко А.Н., Кадырова Ф.З., Заикин В.В., Чекалин В.И. Физиолого-генетические аспекты селекции гречихи на адаптивность. Орел: Картуш. 2021; 408. ISBN 978-5-9708-0890-0 <https://elibrary.ru/tmneph>
- Фесенко А.Н., Фесенко И.Н. Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019; 180(1): 113–117. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117>
- Мазалов В.И., Наумкин В.П. Сравнительная оценка урожайности сортов гречихи посевной. Биология в сельском хозяйстве. 2018; (4): 20–25. <https://elibrary.ru/yysyjd>
- Maksymiec W. Effect of copper on cellular processes in higher plants. Photosynthetica. 1997; 34(3): 132–342. <https://doi.org/10.1023/A:1006818815528>
- Gebhart E. Chromosome damage in individuals exposed to heavy metals. Toxicological & Environmental Chemistry. 1984; 8(4): 253–266. <https://doi.org/10.1080/02772248409357057>
- Сергеева Л.Е., Бронникова Л.И. Ионы тяжелых металлов *in vitro*: новые идеи для получения генетически измененных форм растений. Вестник защиты растений. 2016; (3): 152, 153. <https://elibrary.ru/wyrdxp>
- Клыков А.Г., Барсукова Е.Н. Биотехнология и селекция гречихи на Дальнем Востоке России. Владивосток: Дальнаука. 2021; 351. ISBN 978-5-6046477-3-8 <https://elibrary.ru/vppyyz>
- Варлахова Л.Н., Бобков С.В., Мартыненко Г.Е., Михайлова И.М. Особенности технологических качеств зерна новых крупноплодных сортов гречихи. Зернобобовые и крупяные культуры. 2012; (2): 54–60. <https://elibrary.ru/qcrlhb>
- Драгавцев В.А. (ред.) Генофонд и селекция крупяных культур. Гречиха. Санкт-Петербург: ВИР. 2006; 195. <https://elibrary.ru/qkvhtl>
- Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И., Мазалов В.И. Морфоанатомические и физиолого-биохимические параметры семян гречихи в связи с селекцией на высокую и качественную урожайность. Аграрный научный журнал. 2021; (9): 4–8. <https://doi.org/10.28983/asj.y20219pp4-8>
- Магафурова Ф.Ф., Хуснутдинов В.В. Предварительные результаты селекции на повышение урожайности у гибридных комбинаций гречихи с высоким содержанием рутина. Вестник КРАСГАУ. 2022; (9): 27–32. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-27-32>
- Luthar Z. et al. Breeding Buckwheat for Increased Levels of Rutin, Quercetin and Other Bioactive Compounds with Potential Antiviral Effects. Plants. 2020; 9(12): 1638. <https://doi.org/10.3390/plants9121638>
- Тутельян В.А., Батурин А.К., Мартичник Э.А. Флавоноиды: содержание в пищевых продуктах, уровень потребления, биодоступность. Вопросы питания. 2004; 73(6): 43–48. <https://www.elibrary.ru/xvortf>
- Кадырова Ф.З., Климова Л.Р., Кадырова Л.Р. Формирование качества плодов в процессе селекции гречихи. Агроботехнологии и цифровое земледелие. 2022; 1(4): 29–33. <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-29-33>
- Глазова З.И., Михайлова И.М. Урожайность и технологические свойства зерна гречихи в зависимости от сорта и удобрений. Зернобобовые и крупяные культуры. 2018; (1): 87–91. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10006>
- Марын В.А., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Выработка гречневой крупы ядрица без продела. Дальневосточный аграрный вестник. 2019; (3): 51–57. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-13035>

Выводы/Conclusion

В результате трехлетних полевых испытаний 10 образцов гречихи, полученных при воздействии высоких концентраций меди и цинка в культуре *in vitro* и *in vivo*, выделены образцы с селекционно-ценными признаками: высокая семенная продуктивность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость (№ 989, 1013), высокая масса 1000 семян (№ 989, 955, 783, 791, 1037), повышенное содержание рутина в плодах (№ 997, 1005), а также сочетающие высокую массу 1000 ядер с низкой пленчатостью (№ 997, 1013, 947, 783, 1037). Перспективные сортообразцы № 989, 1013, 783 с комплексом хозяйственно ценных признаков будут включены в схему селекционного процесса для дальнейшего изучения.

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.

REFERENCES

- Amelin A.V., Fesenko A.N., Kadyrova F.Z., Zaikin V.V., Chekalin V.I. Physiological and genetic aspects of buckwheat breeding for adaptation. Orel: Kartush. 2021; 408 (In Russian). ISBN 978-5-9708-0890-0 <https://elibrary.ru/tmneph>
- Fesenko A.N., Fesenko I.N. Buckwheat breeding and production in Russia during the past 100 years. Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019; 180(1): 113–117 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117>
- Mazalov V.I., Naumkin V.P. Comparative estimation of yield of buckwheat varieties planting. Biology in Agriculture. 2018; (4): 20–25 (In Russian). <https://elibrary.ru/yysyjd>
- Maksymiec W. Effect of copper on cellular processes in higher plants. Photosynthetica. 1997; 34(3): 132–342. <https://doi.org/10.1023/A:1006818815528>
- Gebhart E. Chromosome damage in individuals exposed to heavy metals. Toxicological & Environmental Chemistry. 1984; 8(4): 253–266. <https://doi.org/10.1080/02772248409357057>
- Sergeeva L.E., Bronnikova L.I. Heavy metal ions in vitro: new ideas for obtaining genetically changed plant forms. Plant Protection News. 2016; (3): 152, 153 (In Russian). <https://elibrary.ru/wyrdxp>
- Klykov A.G., Barsukova E.N. Biotechnology and buckwheat breeding in the Russian Far East. Vladivostok: Dalnauka. 2021; 351 (In Russian). ISBN 978-5-6046477-3-8 <https://elibrary.ru/vppyyz>
- Varlakhova L.N., Bobkov S.V., Martynenko G.E., Mikhajlova I.M. Features of technological qualities of grain of new large-fruited varieties of buckwheat. Legumes and Groat Crops. 2012; (2): 54–60 (In Russian). <https://elibrary.ru/qcrlhb>
- Dragavtsev V.A. (ed.) The Gene bank and breeding of groat crops. Buckwheat. St. Petersburg: All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. 2006; 195 (In Russian). <https://elibrary.ru/qkvhtl>
- Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Chekalin E.I., Mazalov V.I. Morpho-anatomical and physiological-biochemical parameters of buckwheat seeds in connection with selection for high and high-quality yield. The Agrarian Scientific Journal. 2021; (9): 4–8 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y20219pp4-8>
- Magafurova F.F., Khusnutdinov V.V. Preliminary results of breeding to increase buckwheat hybrid combinations yield with rutin high content. Bulletin of KSAU. 2022; (9): 27–32 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-9-27-32>
- Luthar Z. et al. Breeding Buckwheat for Increased Levels of Rutin, Quercetin and Other Bioactive Compounds with Potential Antiviral Effects. Plants. 2020; 9(12): 1638. <https://doi.org/10.3390/plants9121638>
- Tutel'yan V.A., Baturin A.K., Martichnik E.A. Flavonoids: content in food, the rate of consumption, and bioavailability. Problems of Nutrition. 2004; 73(6): 43–48 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xvortf>
- Kadyrova F.Z., Klimova L.R., Kadyrova L.R. Improving fruits quality in the process of breeding buckwheat. Agrobiotechnologies and digital farming. 2022; 1(4): 29–33 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2782-490X-2022-29-33>
- Glazova Z.I., Mihajlova I.M. Yield and technological properties of buckwheat grains depending on variety and fertilizers. Legumes and Groat Crops. 2018; (1): 87–91 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10006>
- Maryin V.A., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Production of unground buckwheat. Far East Agrarian Herald. 2019; (3): 51–57 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2019-13035>

ОБ АВТОРАХ

Елена Николаевна Барсукова¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
enbar9@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>

Алексей Григорьевич Клыков¹,

доктор биологических наук, академик РАН
alex.klykov@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Елена Леонидовна Чайкина²,

научный сотрудник
chaykin.dima@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4413-3414>

¹ Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539, Россия

² Тихоокеанский институт биоорганической химии
им. Г.Б. Елякова — Дальневосточное отделение Российской
академии наук,
пр-т 100 лет Владивостоку, 159, Владивосток, 690022, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Nikolaevna Barsukova¹,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
enbar9@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>

Alexei Grigor'evich Klykov¹,

Doctor of Biological Sciences, Academician of RAS
alex.klykov@mail.ru
<http://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Elena Leonidovna Chaikina²,

Researcher Associate
chaykin.dima@yandex.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4413-3414>

¹ Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology
of the Far East named after A.K. Chaika,
30B Volozhenin Str., Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai,
692539, Russia

² G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry (Far Eastern
Branch of Russian Academy of Sciences),
159 100 Let Vladivostok Ave., Vladivostok, 690022, Russia

Е.М. Фокина,
Д.Р. Разанцевей, ✉
Г.Н. Беляева

Всероссийский научно-исследовательский
институт сои, Благовещенск,
Амурская обл., Россия

✉ rdr@vniisoi.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Evgenia M. Fokina,
Dina R. Razantsvey, ✉
Galina N. Belyaeva

All-Russian Scientific Research Institute of
Soybean, Blagoveshchensk, Amur region,
Russia

✉ rdr@vniisoi.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои

РЕЗЮМЕ

Актуальность. На современном этапе сельскохозяйственного производства первостепенное значение приобретает создание новых отечественных конкурентоспособных сортов различных растений в рамках масштабной программы РФ по импортозамещению. Одной из наиболее важных и востребованных культур в России является соя.

Методы. Материалом для исследований послужили гибридные популяции F_7 - F_{17} поколений селекционного питомника (СП), который ежегодно пополняется отборами индивидуальных растений из гибридного питомника F_6 .

Результаты. Дана оценка продолжительности многократных отборов по методу педигри в селекционном питомнике (СП) до получения гомозиготных линий. Анализ исследований показал, что из 29 сортов сои гибридного происхождения, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ и находящихся в испытании на 2023 г., 13 сортов (Гармония, Лидия, Нега 1, МК-100, Лебедушка, Журавушка, Кружевница, Золушка, Тисей, Ляна, Олимп, Ласточка, Татьяна) (44,8%) были получены на основе многократных отборов F_7 - F_9 в селекционном питомнике, а сорт Персона, который внесен в Госреестр по 11-му региону и востребован в Амурской области, был выделен из гибридной популяции поколения F_{17} . В результате проведенной оценки за 2020–2022 гг. F_7 - F_{17} поколений селекционного питомника по продолжительности расщепления в гибридных популяциях было установлено, что наиболее эффективен многократный отбор до 10-го поколения (F_7 — 35,1%, F_8 — 30,8%, F_9 — 12,1%), но перспективные высокопродуктивные линии с хозяйственно ценными признаками могут быть получены и из более поздних поколений.

Ключевые слова: соя, селекционный питомник, гомозиготные линии, многократный отбор, сорт, гибридные поколения, продуктивность, метод педигри

Для цитирования: Фокина Е.М., Разанцевей Д.Р., Беляева Г.Н. Результаты изучения многократных отборов в селекционном питомнике при создании новых сортов сои. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 90–95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-90-95>

© Фокина Е.М., Разанцевей Д.Р., Беляева Г.Н.

The results of the study of multiple selections in a breeding nursery when creating new soybean varieties

ABSTRACT

Relevance. At the present stage for agricultural production, the creation of new domestic competitive varieties of various plants is of paramount importance within the framework of the large-scale program of the Russian Federation for import substitution, while one of the most important and sought-after crops in Russia is soybean.

Methods. The material for the research was the hybrid populations F_7 - F_{17} generations of the breeding nursery (SP), which is annually replenished with selections of individual plants from the F_6 hybrid nursery.

Results. An estimate of the duration of multiple selections by the pedigree method in a breeding nursery (SP) until obtaining homozygous lines is given. The analysis of the conducted studies showed that out of 29 soybean varieties of hybrid origin included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation and being tested for 2023, 13 varieties (Harmoniya, Lydia, Nega 1, MK-100, Lebedushka, Zhuravushka, Lacemaker, Cinderella, Tisey, Lyana, Olimp, Lastochka, Tatiana) (44.8%) were obtained on the basis of multiple selections F_7 - F_9 in the breeding nursery, and the variety Persona, which is included in the State Register for 11 regions and is in demand in the Amur Region, was isolated from the hybrid population of the F_{17} generation. As a result of the assessment for 2020–2022. F_7 - F_{17} generations of the breeding nursery according to the duration of splitting in hybrid populations, it was found that multiple selection up to the tenth generation is most effective (F_7 — 35.1%, F_8 — 30.8%, F_9 — 12.1%), but promising highly productive lines with economically valuable traits can also be obtained from later generations

Key words: soybean, breeding nursery, homozygous lines, multiple selection, variety, hybrid generations, productivity, pedigree method

For citation: Fokina E.M., Razantsvey D.R., Belyaeva G.N. The results of the study of multiple selections in a breeding nursery when creating new soybean varieties. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 90–95 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-90-95>

© Fokina E.M., Razantsvey D.R., Belyaeva G.N.

Введение/Introduction

Соя — культура известная с глубокой древности и на сегодняшний день является одной из наиболее распространенных белково-масличных культур в мире. Обладая адаптивностью к различным условиям выращивания, произрастает почти на всех континентах нашей планеты [1–3]. Производство сои — одно из приоритетных направлений развития АПК в 46 субъектах РФ [4]. В настоящее время в мире всё активнее применяют молекулярно-биологические методы селекции [5–7]. Однако их внедрение в селекционный процесс не отменяет классических методов отбора. Стоящая перед практической селекцией задача дальнейшего улучшения культурных растений может реализоваться только в сочетании с обычными способами селекции, но ни один из них нельзя считать безупречным для решения современных задач и сохранения практического интереса к селекционному улучшению, основанному на уже известных генетических механизмах рекомбинации и формообразования [8–10].

Всё современное мировое разнообразие методов селекции традиционно раскладывается на три направления: внутривидовую и отдаленную гибридизацию, разные типы мутагенеза, индивидуальный и массовый отбор в разных модификациях и интерпретациях [11]. При этом, как правило, в каждом научно-исследовательском учреждении селекционного профиля разработана и используется собственная, в той или иной степени усовершенствованная схема селекционного процесса, несколько отличающаяся от классической [12].

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»» (ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои Амурская обл., Россия) практически с самого начала развития селекции Glucine использовались традиционные методы получения нового гибридного материала путем внутривидовых и межвидовых (с дикой соей) скрещиваний. В течение времени сформировалась своя модифицированная схема селекционного процесса на основе многократных отборов индивидуальных растений по методу педигри¹ (с прослеживанием родословной по потомствам) до получения гомозиготных линий.

Использование многократного индивидуального отбора с постоянным контролем гомозиготности потомств отобранных растений обеспечивает высокую константность сорта [13]. Отбор растений по методу педигри позволяет в амурских сортах вырабатывать комплекс адаптивности для возделывания в сложных почвенно-климатических условиях Дальневосточного, Восточно-Сибирского, Средневолжского и других регионов России.

На 2023 год в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в производстве, находятся 34 сорта селекции ВНИИ сои, 29 (85%) из которых — гибридного происхождения, различающихся по периоду вегетации, биохимическим и другим хозяйственно ценным признакам².

Во Всероссийском НИИ сои схема селекционного процесса выглядит следующим образом: питомник родительских форм F_0 → гибридные питомники (ГП) (F_1 – F_6) → селекционный питомник (СП), далее СП (F_7 – F_{17}) → контрольный питомник (КП) → предварительное

сортоиспытание (ПСИ) → конкурсное сортоиспытание (КСИ) (три года) → передача сортов в государственное сортоиспытание (ГСИ). От классической она отличается тем, что впервые отобранные в ГП F_4 – F_6 константные линии сои передаются сразу в КП, а в СП изучаются потомства перспективных расщепляющихся популяций — начиная с седьмого и последующих поколений вплоть до завершения процесса гомозиготизации.

Как правило, отбор гомозиготных константных линий в гибридном питомнике F_4 сокращает срок создания отдельных сортов до девяти лет. Во ВНИИ сои за такой период созданы сорта сои Куханна, Невеста, Сентябринка, Статная, Алпетра, Апис [14].

Некоторые ученые полагают, что отборы в гибридных популяциях сои целесообразно проводить до F_6 поколения, другие утверждают, что отборы в F_5 – F_6 , как правило, оказываются неэффективными и пересев гибридных поколений лучше ограничивать F_4 [12, 15]. Однако практические результаты работы во Всероссийском НИИ сои свидетельствуют о том, что расщепление по морфологическим и хозяйственно ценным признакам в отдельных популяциях сои может продолжаться довольно длительное время — до F_{12} и более поздних поколений, при этом возможно обнаружение перспективных высокопродуктивных генотипов — родоначальников новых сортов. Так, сорт сои Персона был создан на основе рекомбинации мутантных форм ((M.G.uss 44 x Восход) x M.P.) в результате проведения многократных индивидуальных отборов в СП до F_{17} поколения.

Цели исследований — провести анализ результатов изучения многократных отборов индивидуальных растений в селекционном питомнике на уровне F_7 – F_{17} поколений, выявить эффективность проведения дальнейших отборов в F_7 и последующих поколениях, изучаемых в СП за 2020–2022 гг.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на полях селекционного севооборота ВНИИ сои (с. Садовое, Тамбовский р-н, Амурская обл.) на типичной луговой черноземовидной среднесиловой почве, реакция почвенной среды — среднекислая (pH_{KCl} 4,9–5,1), содержание гумуса — 3,5–3,9%, минерального азота ($N_{мин}$) в почве — 20,2–24,5 мг/кг почвы, подвижного фосфора (P_2O_5) — 75–98 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) — 165–197 мг/кг почвы. Возделывание сои осуществляли в соответствии с технологией, разработанной для южной сельскохозяйственной зоны Амурской области³.

В годы проведения исследований погодные условия существенно отличались по влагообеспеченности,

Таблица 1. Сумма активных температур и количество осадков по периодам вегетации 2020–2022 гг.

Table 1. The sum of active temperatures and the amount of precipitation by growing season 2020–2022

Год	Сумма активных температур, °C	Отклонение от нормы, °C	Количество осадков за период, мм	Отклонение от нормы, мм	ГТК за вегетационный период
2020	2597	+126	614	+173	2,3
2021	2607	+136	509	+68	1,9
2022	2501	+30	399	-42	1,6
Норма	2471	–	441	–	1,8

¹ Бриггс Ф., Ноулз П. Научные основы селекции растений. М.: Колос. 1972; 398.

² Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М.: Росинформагротех. 2023; 1: 631.

³ Система земледелия Амурской области / под общ. ред. д. с.-х. н., проф. П.В. Тихончука. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ. 2016; 570.

температурному режиму и гидротермическому коэффициенту (ГТК) в период вегетации сои, что позволило провести объективную оценку изучаемого материала (табл. 1).

Селекционную работу выполняли в соответствии с общепринятой методикой селекционного процесса для культур самоопылителей⁴. Материалом для исследований служили гибриды F_7 – F_{17} поколений СП, который ежегодно пополняется отборами индивидуальных растений из гибридного питомника F_6 . Посев СП, как и гибридные питомники F_2 – F_5 , проводился в однократном повторении ручными сажалками на однорядковых трехметровых делянках механизированно размаркированного поля с шириной междурядий 45 см. Для равномерности размещения растений и эффективности отбора посев проводился с помощью трехметровых линеек (с отметками для размещения семян) через 10 см. Каждым 10-м номером высевался стандартный сорт — скороспелый Лидия и среднеспелый Даурия. Делянки СП группировались по гибридным комбинациям.

По созреванию на расщепляющихся делянках проводили визуальную оценку по морфологическим признакам для отбора индивидуальных растений для СП и гомозиготных линий для посева в КП. Биометрия индивидуальных растений проводилась в лабораторных условиях. Определялись высота растений, высота прикрепления нижнего боба, тип роста стебля, количество ветвей на растении и учет других ценных признаков. Биометрия константных линий проводилась в поле. Отобранные линии и стандартные сорта убирали серпом, обмолот проводили на сноповой молотилке, семена очищали от мертвого сора, взвешивали. Определяли урожай с делянки.

Сравнительную оценку константных линий и стандартных сортов проводили с учетом визуальных полевых оценок и количественных признаков: урожайности, периода вегетации, высоты растений, высоты прикрепления нижних бобов, массы 1000 семян. Отобранные линии поступали в контрольный питомник, где посев константных форм проводили сеялкой ССФК-7 (Омский экспериментальный завод, Россия), площадь делянки — 7,2 м² (с нормой высева из расчета 550 тыс. семян на 1 га), размещение делянок — системно-блочное, повторность — трехкратная.

Лучшие по комплексу признаков образцы сои высевали в КСИ сеялкой СН-16-П (Машиностроительный завод опытных конструкций ВИМ, Россия). Площадь делянки — 40,5 м². Посев проводили в четырехкратной повторности, размещение делянок — рендомизированное. Уборку делянок осуществляли комбайном «Сампо 130» (Rosenlew, Финляндия).

Статистическую обработку селекционного материала проводили по методике Б.А. Доспехова⁵.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Успех селекции определяется целенаправленным подбором генетически дивергентных родительских пар для скрещивания, у которых выявлены необходимые хозяйственно ценные признаки [16]. Анализ родословной амурских сортов показывает, что создание высокопродуктивных генотипов для умеренно-холодного климата эффективно с привлечением родительских компонентов по принципу эколого-географической отдаленности

в сложных ступенчатых скрещиваниях. Одним из родителей, как правило, являются адаптированные к местным условиям сорта и сортообразцы местной селекции, гомозиготные линии селекционных питомников, мутантные константные формы, полученные однократным или двукратным облучением γ -лучами в дозе 7, 10 и 15 кр. В качестве второй родительской формы используются преимущественно сорта зарубежной и иной районной селекции: КНР, Канады, Германии, Румынии, США, ВНИИМК (Краснодар) и др. Так, радиационный сорт Восход (Ам.310 γ 7 γ), созданный методом радиационного мутагенеза — путем облучения семян γ -лучами, и сорт Гармония созданы в результате рекомбиногенеза химических мутантов, измененных форм сои, полученных в результате химического мутагенеза посредством воздействия на семена сои химических мутагенов — диметилсульфата и колхицина, с сортами, созданными в Амурской области, Персона — радиационных мутантов дикой и культурной сои.

Внесение в генотип создаваемых сортов хозяйственно ценных признаков, таких как законченный тип роста с расположением бобов в верхней и средней части, многоцветковость в кисти, увеличенное количество бобов в узле (6–8), семян в бобе (3–4), крупность семян, позволило создать в последние годы сорта с большим разнообразием по периоду вегетации, потенциальной урожайности до 4,2 т/га и другим хозяйственно ценным признакам.

Продолжительность достижения гомозиготности зависит от количества признаков, по которым отличаются исходные родительские формы: чем больше различий между родителями, тем дольше будет проходить процесс расщепления в популяциях [12, 15, 16].

Анализ продолжительности многократных отборов по модифицированному методу педигри для получения гомозиготных линий проводился в селекционном питомнике в скороспелой и среднеспелой группе F_7 – F_{17} поколений.

По результатам фенологических наблюдений и полевых визуальных оценок в период созревания (2022 г.) из селекционного питомника на лабораторный анализ были убраны 174 гомозиготные линии. В результате этого анализа по хозяйственно ценным признакам для посева в КП было выделено 28 линий: 21 из скороспелой группы с урожайностью 2,48–3,67 т/га (плюс 0,36–1,55 т/га к скороспелому стандартному сорту Лидия) и 7 среднеспелых с урожайностью 3,70–4,41 т/га (плюс 0,66–1,37 т/га к среднеспелому стандарту Даурия). Лучшие из них (14 скороспелых и 7 среднеспелых линий), выделенные многократным отбором из F_7 – F_{13} поколений гибридов, получены в основном в результате рекомбинационной многоступенчатой гибридизации (табл. 2).

Анализ данных по продолжительности процесса гомозиготизации 2022 г. показал, что в результате многократных отборов из 21 лучшей по продуктивности гомозиготной линии 5 линий (23,8%) выделены из гибридов F_7 поколения, 8 линий (38,1%) — из гибридов F_8 , 2 линии — из F_9 (9,5%), 5 линий — из F_{10} (23,8%), 1 — из гибридов F_{13} (4,8%).

Анализируя данные за три года (2020–2022 гг.) F_7 – F_{17} гибридных поколений, СП показал, что в результате многократных отборов была выделена 91 гомозиготная линия, из которых 32 (35,1%) получены из гибридов

⁴ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: МСХ СССР. 1985; 1: 263.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. 6-е изд., стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс. 2011; 350.

Таблица 2. Характеристика лучших, высокопродуктивных линий сои селекционного питомника СП, 2022 г.
Table 2. Characteristics of the best, highly productive soybean lines of the breeding nursery BN, 2022

Происхождение	Покорение гибридов	Период вегетации, дни	Урожайность, т/га		Масса 1000 семян, г	Высота, см	
			всего	отклонение от стандарта		растения	прикрепления нижнего боба
2	3	4	5	6	7	8	9
Скороспелая группа							
Лидия (стандарт — st)		95	2,12		139,1	61	15
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х Хэй 3308 (КНР)] х ♂ Л2671 (Отб. Китросса)	F ₇	90	3,06	+0,94	170,6	80	13
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х Хэй 3308 (КНР)] х ♂ Л2671 (Отб. Китросса)	F ₇	95	2,90	+0,78	161,9	89	18
♀ [Октябрь 70 γ7 γ7 кр х [Хэйхэ 11 (КНР) х Смена]] х ♂ Хэй 2254 (КНР)	F ₇	100	3,17	+1,05	147,7	83	18
♀ [Иван Караманов (ДальНИИСХ) х Ам. 2056] х ♂ Евгения (Ам. 2102)	F ₇	93	3,17	+1,05	185,3	53	7
♀ [K5862-№840-7-3 (Швеция) х Хэйхэ 19(КНР)] х ♂ (Л1371 х Л536) в. о.	F ₈	101	3,67	+1,55	152,3	72	12
♀ [(M.G.uss-44 х Восход) х МР] х [L37/6 х Hodson78 (Канада)] в. о. х ♂ И611477-№1218-4-4 (Швеция)	F ₈	89	2,48	+0,36	172,9	67	8
♀ [(M.G.uss-44 х Восход) х МР] х [L37/6 х Hodson78 (Канада)] в. о. х ♂ И611477 № 1218-4-4 (Швеция)	F ₈	98	3,24	+1,12	130,2	79	10
♀ (Л1371 х Л536) в. о. х ♂ Хэйхэ 9 (КНР)	F ₈	98	3,32	+1,20	140,6	59	17
♀ [(M.G.uss.8-6 γ7 кр х Л1546 γ7 кр) х Л2096 (Соната γ10 кр)] х ♂ Хэйхэ 33 (КНР)	F ₈	99	3,26	+1,14	165,3	84	11
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	98	3,26	+1,14	152,4	63	17
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	98	3,50	+1,38	165,0	60	18
♀ Евгения х ♂ (Сонатах Марината)-ДальНИИСХ	F ₁₀	98	2,95	+0,83	167,4	53	10
♀ [(K9953-Соер4(ЕОС) х Хэй 3308 (КНР)] х К9953-Соер 4 (ЕОС)] х ♂ (Соната х Л3185 т. к.)	F ₁₀	92	3,40	+1,28	181,4	50	6
♀ Ам. 2149 х ♂ К10043-Алтом (АНИИСХ)	F ₁₃	98	2,99	+0,85	153,8	82	5
Среднеспелая группа							
Даурия (st)	—	106	3,04		187,6	76	14
♀ Ам. 965 х ♂ Ам. 2348 [[Хэйхэ-4 (КНР) х Соната] х [(Л15249 х Л15188) х К9953-Соер 4 (ЕОС)]]	F ₇	107	4,41	+1,37	143,7	81	8
♀ (Л1371 х Л536) в. о. х ♂ [[Хэйхэ 11 (КНР) х Смена] х Октябрь 70 γ7 γ7 кр] х Уркан	F ₈	105	3,70	+0,66	194,7	71	16
♀ Хэйхэ 18 (КНР) х ♂ [Хэйхэ 18 (КНР) х Лидия]	F ₈	112	3,78	+0,74	191,4	74	14
♀ [(K9953-Соер 4 (ЕОС) х Ам. 1084] х Лазурная) х ♂ Евгения (Ам. 2102)	F ₈	105	4,09	+1,05	177,2	80	26
♀ [(G.uss х K5671 Merit –Канада) х Л4942] х Лазер 83 (КНР)] х ♂ М. Смены 7-л.	F ₉	106	4,41	+1,37	135,4	84	14
♀ М. Смены 7-л х ♂ [Ам. 2055 х Хэй 2043 (КНР)]	F ₉	111	4,15	+1,11	165,2	74	7
♀ [Хэйхэ 14 (КНР) х Ам. 2016] х ♂ И612821-Альбина (Украина)	F ₁₀	107	4,38	+1,34	156,3	79	21

F₇ поколения, 28 (30,8%) — из гибридов F₈, 11 — из гибридов F₉ (12,1%), 5 — из гибридов F₁₀ (5,5%), 2 — из гибридов F₁₁ (2,2%), 6 — из гибридов F₁₂ (6,6%), 4 — из гибридов F₁₃ (4,4%), 1 — из гибридов F₁₄ (1,1%), 2 — из гибридов F₁₇ (2,2%) (табл. 3).

В контрольном питомнике в 2022 г. выделено шесть константных линий, которые были отобраны в СП из гибридов F₇–F₁₂ поколений 2021 г. с различным периодом вегетации, высотой растений 61–99 см, массой 1000 семян 153,4–207,9 г и урожайностью, превышающей стандартные сорта на 0,20–0,53 т/га (табл. 4).

Данные линии будут изучаться в питомнике предварительно-го сортоиспытания в 2023 г.

В конкурсном сортоиспытании в 2022 г. также выделились шесть гомозиготных линий, из которых две были переданы в ГСИ на 2023 г. в качестве новых сортов: Ам. 2464 — сорт сои Ласточка (отбор в СП из гибридов F₇) и Ам. 2522 — сорт Татьяна (отбор в СП из гибридов F₉) (табл. 5).

В 2021 году в государственное сортоиспытание был передан

Таблица 3. Лучшие линии СП, отобранные для посева в КП, 2020–2022 гг.
Table 3. Best BN lines selected for planting in the control nursery CN, 2020–2022

Гибридное поколение	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Сумма линий за три года, шт.	Среднее за три года, %
	Кол-во линий, шт.	%	Кол-во линий, шт.	%	Кол-во линий, шт.	%		
F ₇	13	38,2	12	41,4	7	25,0	32	35,1
F ₈	15	44,1	3	10,3	10	35,7	28	30,8
F ₉	3	8,8	6	20,7	2	7,1	11	12,1
F ₁₀	—	—	—	—	5	17,8	5	5,5
F ₁₁	2	5,9	—	—	—	—	2	2,2
F ₁₂	1	3,0	5	17,3	—	—	6	6,6
F ₁₃	—	—	1	3,4	3	10,7	4	4,4
F ₁₄	—	—	—	—	1	3,7	1	1,1
F ₁₇	—	—	2	6,9	—	—	2	2,2

Таблица 4. Характеристика лучших константных форм сои КП, 2022 г.
Table 4. Characteristics of the best constant forms of soybean CN, 2022

Название сорта, сорто-образца	Покорение гибридов в СП, 2021 г.	Урожайность линий в СП 2021 г.	Покорение гибридов в КП, 2022 г.	Период вегетации, дни	Урожайность, т/га		Масса 1000 семян, г	Высота, см	
					всего	отклонение от st		растения	прикрепления нижнего боба
Лидия (st)	—	—	—	100	2,08		145,5	71	15
Даурия (st)	—	—	—	110	2,45		185,4	81	16
Д 193	F ₇	3,52	F ₈	105	2,57	+0,49	161,2	74	17
Д 195	F ₇	3,42	F ₈	107	2,61	+0,53	167,2	61	10
Д 201	F ₈	3,18	F ₉	103	2,32	+0,24	165,1	66	18
Д 206	F ₁₂	2,96	F ₁₃	106	2,28	+0,20	153,4	67	15
Д 223	F ₇	4,44	F ₈	120	2,77	+0,32	207,9	99	26
Д 227	F ₈	3,76	F ₉	115	2,72	+0,27	162,2	78	19
НСР ₀₅					0,11				
Ф факт.					20,7				
Ф теор.					1,74				

Таблица 5. Характеристика образцов сои конкурсного сортоиспытания, 2022 г.
Table 5. Characteristics of soybean samples of competitive variety testing, 2022

Название сорта, сорто-образца	Покло-ние ги-бридов СП	Покло-ние ги-бридов КСИ	Период вегета-ции, дни	Урожайность семян сои		Масса 1000 семян, г	Содержание в семенах, %		Высота, см	
				т/га	± к ст		белка	жира	рас-тения	прикр. ниж. боба
Лидия (st)	–	–	97	2,12	–	157,0	35,6	20,3	70	17
Даурия (st)	–	–	109	2,52	–	184,3	36,5	20,3	78	20
Ам. 2464	F ₇	F ₁₄	97	2,29	+0,17	210,6	37,5	20,2	70	15
Ам. 2484	F ₈	F ₁₃	97	2,23	+0,11	160,3	35,5	19,0	71	23
Ам. 2522	F ₉	F ₁₄	108	2,87	+0,35	155,4	38,3	18,0	77	15
Ам. 2524	F ₉	F ₁₄	108	2,70	+0,18	173,1	35,8	19,2	81	20
Ам. 2567	F ₇	F ₁₁	108	2,85	+0,33	183,5	38,9	18,3	73	24
Ам. 2576	F ₇	F ₁₁	112	2,61	+0,09	196,6	40,0	17,4	77	20
НСР ₀₅			0,14							
F факт			8,62							
F теор.			1,98							

перспективный скороспелый сорт Ляна (Ам. 2463), полученный методом внутривидовой искусственной гибридизации ♀ Хэйхэ 40 (КНР) × ♂ Ам. 2104 с многолетней (2014–2021 гг.) проработкой гибридного и сортолинейного материала, константная форма выделена из F₈ СП. Сорт характеризуется полудетерминантным типом развития, форма куста — прямостоячая, потенциальная урожайность — 3,15 т/га, стебель — прямой, формирует 1–3 длинные и короткие ветви. Высота растений от корневой шейки до верхушки — 86 (73–95) см, высота прикрепления нижних бобов — в среднем 18 см (с колебанием по годам от 17 до 20 см), лист — заостренно-яйцевидный, трехлистковый, цельнокрайний, цветок фиолетовой окраски. Семена желтые, овальной формы, поверхность семян гладкая, без блеска. Рубчик короткий узкий, цвета семени — с белым глазом. Масса 1000 семян — 201,7–224,3 г, средняя — 215,3 г. Содержание в семенах белка — 41,2% (39,9–41,9%), жира — 19,9% (18,6–20,9%). Сорт устойчив к болезнетворным патогенам, толерантен к переувлажнению. При перестое на корню створки бобов не растрескиваются.

Выводы/Conclusion

Оценка проводимых исследований F₇–F₁₇ поколений по результативности многократного отбора ценных генотипов сои на уровне отдельных линий в селекционном питомнике показала, что из 29 сортов гибридного происхождения, внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ и находящихся в ГСИ на 2023 г., 14 сортов (48,3%) были получены на основе многократных отборов в СП, из них 10 сортов (71,4%) созданы выделением гомозиготных линий из гибридов седьмого поколения (F₇): Гармония (2003 г. внесения в Госреестр), МК-100 (2011 г.), Лебедушка (2017 г.), Журавушка (2018 г.), Кружевница (2018 г.), Золушка (2019 г.), Тисей, Ляна Олимп и Ласточка в ГСИ. Из гибридов восьмого поколения (F₈) (14,3%) выделены две родоначальные линии сортов — Лидия (2005 г. внесения в Госреестр) и Нега 1 (2009 г.), из гибридов девятого поколения (F₉) (7,15%) — одна гомозиготная линия (сорт Татьяна) в ГСИ на 2023 г., из многократных отборов 17-го поколения получен гибридный межмутантный радиационный сорт Персона (2014 г. внесения в Госреестр) — 7,15%.

Анализ данных по продолжительности процесса гомозиготизации линий F₇–F₁₇ поколений в 2020–2022 гг. в селекционном питомнике и изучение продуктивных в КП и КСИ позволили установить, что наиболее эффективны многократные отборы в F₇–F₁₃ поколениях.

Таким образом, проведенный анализ результатов изучения многократных индивидуальных отборов F₇–F₁₇ поколений в СП показал, что длительная проработка гибридного материала практически полностью исключает возможность потери ценных генотипов сои и позволяет создавать чистотипные сорта северного экотипа, фенотипически выровненные, с высоким адаптивным потенциалом для возделывания в зонах с ограниченными тепловыми ресурсами.

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. Тевченков А.А., Фёдорова 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>
2. Li M.-W. et al. Impacts of genomic research on soybean improvement in East Asia. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020; 133(5): 1655–1678. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>
3. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S., Feng L., Chaky J.M. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019; 132(9): 2541–2552. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03369-2>
4. Свищева М.И. Состояние и оценки развития соевого рынка в России. *Управление рисками в АПК*. 2021; (4): 64–70. <https://doi.org/10.53988/24136573-2020-04-06>
5. Tiwari S., Tripathi N., Tsuji K., Tantai K. Genetic diversity and population structure of Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as revealed by microsatellite markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019; 25(4): 953–964. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00682-4>
6. Hudcovicová M., Kraic J. Utilisation of SSRs for Characterisation of the Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003; 39(4): 120–126. <https://doi.org/10.17221/3729-CJGPB>
7. Thudi M. et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*. 2021; 257: 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>

REFERENCES

1. 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>
2. Li M.-W. et al. Impacts of genomic research on soybean improvement in East Asia. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020; 133(5): 1655–1678. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03462-6>
3. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S., Feng L., Chaky J.M. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019; 132(9): 2541–2552. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03369-2>
4. Svishcheva M.I. State and assessment of the development of the soybean market in Russia. *Agricultural Risk Management*. 2021; (4): 64–70 (In Russian). <https://doi.org/10.53988/24136573-2020-04-06>
5. Tiwari S., Tripathi N., Tsuji K., Tantai K. Genetic diversity and population structure of Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) as revealed by microsatellite markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019; 25(4): 953–964. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00682-4>
6. Hudcovicová M., Kraic J. Utilisation of SSRs for Characterisation of the Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003; 39(4): 120–126. <https://doi.org/10.17221/3729-CJGPB>
7. Thudi M. et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*. 2021; 257: 153351. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153351>

8. Li M. *et al.* Identification of Traits Contributing to High and Stable Yields in Different Soybean Varieties Across Three Chinese Latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 10: 1642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01642>
9. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Методы селекции сои и льна. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2019; (2): 19–23. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/19-23>
10. Zhao Q. *et al.* Characterization of the Common Genetic Basis Underlying Seed Hilum Size, Yield, and Quality Traits in Soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 610214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
11. Зеленцов С.В. О новых методах селекции сои за рубежом и о возможности их использования в селекции сои. *Масла и жиры*. 2018; (3-4): 36–39.
12. Чайка А.К. (ред.). Соя на Дальнем Востоке. Монография. Владивосток: Дальнаука. 2010; 434. ISBN 978-5-8044-1080-4 <https://www.elibrary.ru/qbiuhv>
13. Горлова Л.А., Боцкарева Э.Б., Трубина В.С., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. Метод педигри в селекции рапса и горчицы во ВНИИМК: основные идеи, схема, модификации. *Масличные культуры*. 2020; (2): 33–39. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-33-39>
14. Фокина Е.М., Беляева Г.Н., Разанцев Д.Р. Признаковая коллекция сои как основа для создания сортов нового поколения. *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук*. 2020; (4): 86–92. <https://www.elibrary.ru/yautal>
15. Зеленцов С.В. Методические основы селекционного процесса у сои и его улучшающие модификации во ВНИИМК (обзор). *Масличные культуры*. 2020; (2): 128–143. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143>
16. Лукомец В.М., Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Теоретическое обоснование возможности отбора перспективных особей в сортовых популяциях самоопылителей на примере сои. *Масличные культуры*. 2021; (2): 31–40. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-2-186-31-40>
8. Li M. *et al.* Identification of Traits Contributing to High and Stable Yields in Different Soybean Varieties Across Three Chinese Latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 10: 1642. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01642>
9. Lukomets V.M., Zelentsov S.V. Soybean and flax selection methods. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2019; (2): 19–23 (In Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/2/19-23>
10. Zhao Q. *et al.* Characterization of the Common Genetic Basis Underlying Seed Hilum Size, Yield, and Quality Traits in Soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 610214. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.610214>
11. Zelentsov S.V. On new methods of soybean breeding abroad and on the possibility of their use in soybean breeding. *Oils & Fats*. 2018; (3-4): 36–39 (In Russian).
12. Chaika A.K. (ed.). Soy in the Far East. Monograph. Vladivostok: Dalnauka. 2010; 434 (In Russian). ISBN 978-5-8044-1080-4 <https://www.elibrary.ru/qbiuhv>
13. Gorlova L.A., Bochkaryova E.B., Trubina V.S., Serdyuk V.V., Strelnikov E.A. A pedigree method in breeding of rapeseed and mustard in VNIIMK: general ideas, scheme, modification. *Oil Crops*. 2020; (2): 33–39 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-33-39>
14. Fokina E.M., Belyaeva G.N., Razantsvey D.R. Characteristic collection of soybeans as a basis for creating new generation varieties. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020; (4): 86–92 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yautal>
15. Zelentsov S.V. Methodological fundamentals of the breeding process in soybean and its improving modifications at VNIIMK (review). *Oil Crops*. 2020; (2): 128–143 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-128-143>
16. Lukomets V.M., Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Theoretical justification of the possibility to select perspective individuals in cultivar populations of self-pollinators on the example of soybean. *Oil Crops*. 2021; (2): 31–40 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-2-186-31-40>

ОБ АВТОРАХ

Евгения Михайловна Фокина,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
fem@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4554-8830>

Дина Раисовна Разанцевей,

старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
rdr@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8701-5250>

Галина Николаевна Беляева,

старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
<http://orcid.org/0000-0002-8895-7258>

Всероссийский научно-исследовательский институт сои,
Игнатьевское шоссе, 19, Благовещенск, Амурская обл., 675027,
Россия

ABOUT THE AUTHORS

Evgenia Mikhailovna Fokina,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
fem@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0003-4554-8830>

Dina Raisovna Razantsvey,

Senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
rdr@vniisoi.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8701-5250>

Galina Nikolaevna Belyaeva,

senior Researcher at the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
<http://orcid.org/0000-0002-8895-7258>

All-Russian Research Institute of Soybean,
19 Ignatievskoe shosse, Blagoveshchensk, Amur region, 675027,
Russia

Л.М. Лукьянчук, ✉
Е.С. Бутовец

Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Приморский
край, Россия

✉ otdelsoy@mail.ru

Поступила в редакцию:
26.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Ludmila M. Lukyanchuk, ✉
Ekaterina S. Butovets

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ otdelsoy@mail.ru

Received by the editorial office:
26.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Реакция сортов сои на погодные условия Приморского края

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Селекционный процесс сои, ориентированный на увеличение уровня качественных и репродуктивных показателей культуры под средством проведения гибридизации, дальнейшей оценке полученных генотипов и отборе перспективных образцов, имеет крайне актуальное направление исследования.

Результаты. По результатам исследования установлено влияние погодно-климатических факторов на формирование урожайности перспективных сортов сои, белка в семенах, устойчивость к грибным болезням в условиях Приморского края. Выделены отдельные представители с высокой урожайностью (30,8–35,9 ц/га) в комбинациях «Ариса × Тайфун», «НИИСХ 3 × Тайфун». Высокое значение массы 1000 семян (207 г) было в гибридной комбинации «Приморская 13 × Кофу». За период вегетации культуры сложились условия недостаточного (2021 г.) и избыточного (2022 г.) увлажнения, оказавшие различное влияние на уровень урожайности сортов сои в среднем по опыту (17,1 ц/га и 34,0 ц/га соответственно). Условия 2022 г. были более подходящими для онтогенеза сои. Наибольшая урожайность сортов получена в 2022 г.: Приморская 1690, Приморская 1693, Приморская 1696 (превышение над стандартом от 38,0 до 54,7%). Формирование более высокой урожайности происходит при краткосрочных обильных осадках в сочетании с повышенными температурами воздуха в течение вегетации. Высокий процент белка в семенах сои накапливается при условии обильных осадков с короткими периодами переувлажнения с июля по август. При более благоприятных условиях развития грибных патогенов (2022 г.) степень поражения растений сои незначительно увеличилась (на 16,0%). Тестируемые сорта сои обладали устойчивостью к пероноспорозу и церкоспорозу (степень поражения не превышала 25,0%).

Ключевые слова: сорт, соя, Приморский край, погодные условия, урожайность, белок, устойчивость к болезням

Для цитирования: Лукьянчук Л.М., Бутовец Е.С. Реакция сортов сои на погодные условия Приморского края. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 96–100. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-96-100>

© Лукьянчук Л.М., Бутовец Е.С.

Response of soybean varieties to weather conditions in Primorsky Krai

ABSTRACT

Relevance. The soybean breeding process, focused on increasing the level of qualitative and reproductive indicators of the culture under the means of hybridization, further evaluation of the obtained genotypes and selection of promising samples, has an extremely relevant research direction.

Results. The research determined how weather and climatic factors influenced the yield, protein content in seeds, and resistance to fungal diseases of promising soybean varieties under the conditions of Primorsky Krai. High-yielding accessions (3.08–3.59 t/ha) from combinations «Arisa × Taifun» and «NIISKH 3 × Taifun» were selected. A high TKW was characteristic of hybrid combination «Primorskaya 13 × Kofu» (207 g). During the growing season of the crop, there were conditions of insufficient (2021) and excessive (2022) moisture, which had a different effect on the yield level of soybean varieties on average according to experience (17.1 c/ha and 34.0 c/ha, respectively). The conditions of 2022 were optimal for the ontogeny of soybean. Varieties Primorskaya 1690, Primorskaya 1693, and Primorskaya 1696 had the highest yield in 2022 exceeding the standard by 38.0–54.7%. The highest yield was achieved under the conditions of short-term heavy precipitation in combination with high temperature during the growing period. Soybean seeds had a higher protein content after heavy precipitation with short periods of moisture excess from July to August. Under more favorable conditions for the development of fungal pathogens (in 2022), the degree of damage to soybean plants significantly increased (by 16.0%). The studied varieties were resistant to downy mildew and *Cercospora* leaf spot (the degree of damage was up to 25.0%).

Key words: variety, soybean, Primorsky Krai, weather conditions, yield, protein, resistance to diseases

For citation: Lukyanchuk L.M., Butovets E.S. Response of soybean varieties to weather conditions in Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 96–100 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-96-100>

© Lukyanchuk L.M., Butovets E.S.

Введение/Introduction

В сравнении с другими зернобобовыми культурами соя занимает видную позицию благодаря разностороннему использованию. Главной особенностью сои является химический состав зерна (содержание белка достигает 50%, масла — 26%). Белок характеризуется высокой физиологической полезностью и высоким содержанием незаменимых аминокислот: триптофана, метионина, лизина. Данная сочетательная сбалансированность питательных веществ определяет сою как одну из основных кормовых культур, находит широкое применение в промышленности [1–3].

Соя возделывают в различных природно-климатических зонах и континентах, которым, как правило, характерны контрастность климата, суровость условий в период вегетации. Общеизвестно, что климатические условия оказывают значительное влияние на развитие растений, формирование качественных показателей и урожайности сои. При всем этом важные условия для реализации генетического потенциала культуры — подбор сорта, оценка его реакции на погодно-климатические условия зоны выращивания и уровня адаптивности к стрессовым ситуациям, устойчивости к патогенам и полеганию [4–8].

Традиционно основные посевы сои в России сосредоточены на Дальнем Востоке, территория которого разнообразна по почвенному покрову, влагообеспеченности, температурному режиму, солнечной инсоляции, длины дня [9]. Поэтому для успешного возделывания сои в регионе необходимо учитывать особенности генерации качественных и урожайных показателей сорта в зависимости от климатических условий зоны выращивания [10, 11].

Кроме условий возделывания, накопление и состав питательных веществ в семенах сои (белка и масла), формирование значений элементов структуры урожая зависят и от процесса селекционной модернизации культуры в течение работы [12–14]. Селекционный процесс, направленный на повышение уровня качественных и репродуктивных показателей сои, организуется под руководством включения в гибридизацию источников данных признаков (родительские формы), дальнейшей оценке полученных генотипов и отборе перспективных образцов [15]. Для выполнения поставленных задач в лаборатории селекции сои ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки были созданы гибриды сои с высокими показателями хозяйственно ценных признаков [16]. В процессе селекционного отбора и оценки выявлен ряд перспективных сортов сои для всесторонней оценки.

Цель исследований — установить влияние климатических факторов на формирование урожайности сортов сои, белка в семенах, устойчивость к грибным болезням в условиях Приморского края.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Изучение перспективных сортов сои проходило в 2021 г. и 2022-м в лаборатории селекции сои ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» на полях, расположенных вблизи Уссурийска. Сумма активных температур (выше 10 °C) в Приморском крае колеблется в пределах 2400–2600 °C, гидротермический коэффициент (ГТК) — 1,6–2,0.

По данным агрометеорологической станции «Тимирязевский» (ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»), погодные условия 2021 г. резко отличались от среднеемноголетней нормы повышенным температурным режимом и продолжительными периодами отсутствия осадков. Совокупность повышенной температуры воздуха и отсутствия осадков с III декады июня по II декаду августа негативно отразилась на процессах развития сои (сформировалась низкая урожайность культуры).

Условия 2022 г. характеризовались периодами избыточного увлажнения и повышенным температурным фоном. В сравнении со среднеемноголетними значениями сумма осадков с июня по сентябрь превышала на 24,7–101,0 мм за месяц. Наибольшее количество осадков наблюдалось в III декаде июня — 78,8 мм (среднеемноголетнее — 25,0 мм), II декаде июля — 163,4 мм (среднеемноголетнее — 38,0 мм), III декаде августа — 81,7 мм (среднеемноголетнее — 45,0 мм). Благоприятное сочетание влаги и тепла способствовало формированию полноценных продуктивных завязей бобов, что позитивно отразилось на урожайности культуры.

В годы проведения опытов метеорологические условия были контрастными, но в основном соответствовали биологическим потребностям сои, которые складываются при ГТК 1,3–2,0.

Почва экспериментального участка — лугово-бурая, отбеленная, с тяжелым механическим составом. Объекты исследований — 32 перспективных сорта сои селекции ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (12 гибридных комбинаций). Стандарт — среднеспелый сорт Приморская 4, районированный и допущенный к использованию по дальневосточной зоне. Закладку опыта и статистическую обработку полученных результатов осуществляли согласно методике полевого опыта по Б.А. Доспехову¹, расположение делянок — систематическое. Площадь делянки — 9 м², повторность — двукратная, норма высева семян — 500 тыс. шт/га. Экспериментальные данные обрабатывали методами дисперсионного и парного корреляционного анализа согласно тому же автору.

В течение периода вегетации сои проводились фенологические наблюдения, оценка продуктивности и учеты по основным хозяйственно ценным признакам². Содержание белка и масла в семенах сои определяли на приборе Inframatic 9200 (Perten Instruments AB, Швеция) в лаборатории агрохимических анализов ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

Визуальную оценку и учет пораженности листовой пластинки грибными болезнями (септориоз, пероноспороз, церкоспороз) проводили на естественном фоне развития патогенов³ в период развития сои «налив бобов».

По шкале определения болезнеустойчивости сои дана иммунологическая оценка сортам: степень поражения листовой пластинки до 10% — высокоустойчивый, 11–25% — устойчивый, 26–50% — среднеустойчивый, 51–75% — восприимчивый, 76–100% — сильновосприимчивый.

¹ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию. 2012; 352.

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва. 1989; 2: 194.

³ Методические указания по изучению устойчивости сои к грибным болезням [сост. Н.И. Корсаков, А.М. Овчинникова, В.М. Мизева]. Ленинград: ВАСХНИЛ, ВИР. 1979; 46.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результатам длительной оценки селекционного материала, созданного методом гибридизации в 2016 г., были выделены перспективные сорта сои по ряду ценных хозяйственных признаков (табл. 1). С целью выявления высоких признаков параметров в определенной гибридной комбинации сорта сои были сгруппированы по происхождению, установлены диапазоны варьирования средних значений показателя. По периоду вегетации сои большинство гибридных комбинаций (58,3%) стабильно относилось к средней группе спелости (срок созревания — 111–119 дней). В остальных гибридных комбинациях присутствовали представители как среднеранней группы спелости (период вегетации — до 110 дней), так и среднепоздней (от 120 дней).

Одним из основных признаков технологичности культуры является высота растений, формирование которой зависит от генотипа сорта. Все изучаемые гибридные комбинации сои обладали средней высотой растений (от 47 до 77 см). Между сортами в комбинациях (Ариса × Тайфун, Ариса × Киото) наблюдалось наибольшее варьирование признака, размах значений составлял 30 см и 12 см соответственно.

В среднем за два года исследований в гибридных комбинациях сои сформировалась урожайность как ниже стандарта (на 3,8 ц/га), так и выше (на 12,6 ц/га). Отмечены отдельные представители с высокой урожайностью (30,8–35,9 ц/га) в комбинациях «Ариса × Тайфун», «НИИСХ 3 × Тайфун». Перспективные образцы сои в преимущественном соотношении образовывали семена среднего размера (масса 1000 семян — от 150 до 190 г), более высокое значение признака (207 г) было отмечено в гибридной комбинации «Приморская 13 × Кофу».

Уровень формирования урожайности культуры зависит не только от генотипа, но в большей мере от влияния погодно-климатических условий в период вегетации растений (рис. 1). Основными показателями для оценки погодных условий являются количество осадков и температура воздуха, а совокупным показателем, одновременно учитывающим оба параметра, — гидро-термические коэффициенты (ГТК). В целях демонстрации реакции сортов сои на погодные условия использовали селекционный материал, превысивший стандарт Приморская 4 по урожайности в среднем за два года на 15,0% и более.

За период вегетации культуры отмечены недостаток и избыток увлажнения (ГТК 1,1 и 2,5 соответственно), оказавшие различное влияние на уровень урожайности

Таблица 1. Хозяйственно значимые показатели гибридных комбинаций сои (2021–2022 гг.)

Table 1. Economically significant indicators of hybrid soybean combinations (2021–2022)

Гибридная комбинация	Сорта сои	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см	Период вегетации, дни
Приморская 4, ст.	—	23,3	170	68	114
Прим.* 1385 × Прим. 96	Прим. 1679	20,5–22,3	140–150	51–58	115–117
Прим. 13 × Прим. 1385	Прим. 1705	20,1–22,1	150–155	56–62	111–113
Прим. 96 × Тайфун	Прим. 1674	21,2–23,0	150–152	65–73	108–113
Прим. 96 × НИИСХ 4	Прим. 1685, Прим. 1686	24,3–26,4	142–160	63–69	117–120
Прим. 13 × Кофу	Прим. 1659	20,0–22,4	190–207	68–77	112–117
Кофу × Ариса	Прим. 1682 — Прим. 1684	20,5–23,1	167–172	54–61	115–117
Ариса × Прим. 1385	Прим. 1680	21,3–27,3	150–180	70–76	117–122
Ариса × Тайфун	Прим. 1693 — Прим. 1704	20,1–35,9	150–180	47–77	113–119
Ариса × Киото	Прим. 1675, Прим. 1676	23,7–24,6	155–170	61–73	112–117
Тайфун × Кофу	Прим. 1657, Прим. 1681	23,1–23,9	170–181	61–69	115–119
НИИСХ 3 × Тайфун	Прим. 1687 — Прим. 1690	24,3–35,6	147–172	48–71	115–121
НИИСХ 3 × Прим. 13	Прим. 1691, Прим. 1692	19,52–3,5	175–182	60–66	113–120
НСР _{0,05}	—	3,5	23,5	12,6	4,3

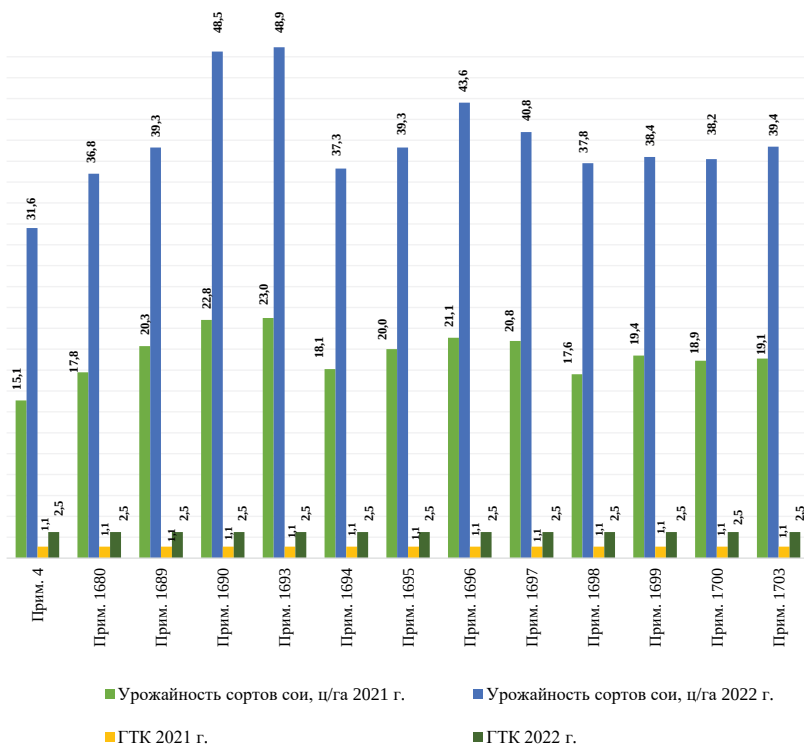
Примечание: Прим.* — Приморская.

Рис. 1. Влияние ГТК на формирование урожайности сортов сои

Примечание: Прим. — Приморская

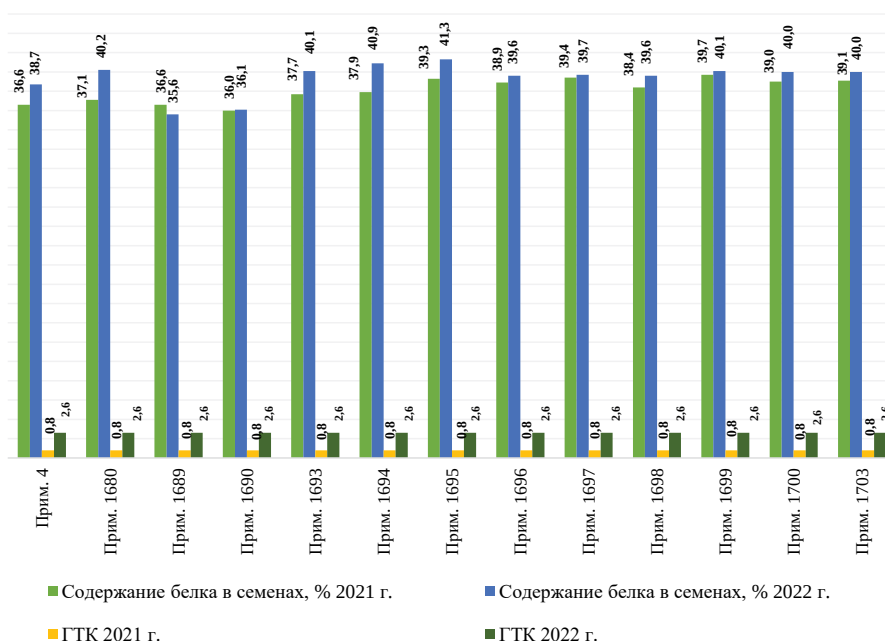
Fig. 1. The influence of the SCC on the formation of the yield of soybean varieties

Note: Approx. — Primorskaya



перспективных сортов сои: среднее значение показателя по опыту в 2021 г. — 17,1 ц/га, в 2022-м — 34,0 ц/га. По данным В.Б. Енкена, считается, что благоприятное значение ГТК для развития и роста сои складывается при 1,3–2,0 [17]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что условия 2022 г. (присутствие периодов избыточного увлажнения почвы) были более подходящими для онтогенеза сои. Наибольшая урожайность в данном году получена у сортов Приморская 1690, Приморская 1693, Приморская 1696. Прибавка над стандартом составила от 38,0 до 54,7%.

По результатам корреляционного анализа выявлена прямая полная достоверная связь между уровнем урожайности и значением ГТК ($r = 1,0$). Можно предположить, что для формирования более высокой

Рис. 2. Влияние ГТК на формирование белка в семенах сортов сои**Fig. 2.** The effect of SCC on protein formation in soybean seeds

урожайности сое необходимы краткосрочные обильные осадки в сочетании с повышенными температурами воздуха в течение вегетации.

Для оценки воздействия климатических факторов на массовую долю белка в зерне сои применяли ГТК в период накопления питательных веществ в семени (II и III декады августа, I и II декады сентября) (рис. 2).

Формирование наибольшего процента белка в семенах сортов сои было в 2022 г. при ГТК 2,6, более низкого — в 2021-м (0,8), значения которого характеризуются как «недостаточное увлажнение». Возможно, что для накопления высокого процента белковости сое необходимы обильные осадки с короткими периодами переувлажнения во второй половине августа и первой половине сентября (к таковому относится 2022 год). Наблюдалась исключительная реакция сорта Приморская 1689 (более высокий процент белка был образован в год с периодами недостатка влаги — 2021-й).

При дополнительном выявлении корреляционных связей между урожайностью и содержанием белка в семенах установлено практическое отсутствие их взаимозависимости ($r = -0,18$).

Таблица 2. Поражение перспективных сортов сои грибными болезнями, %**Table 2. Defeat of promising soybean varieties by fungal diseases, %**

Сорта	Септориоз		Пероноспороз		Церкоспороз	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
Приморская 4	31,5	33,0	8,0	10,0	5,0	10,0
Приморская 1680	23,0	25,0	13,0	15,0	10,0	15,0
Приморская 1689	27,5	35,0	9,0	12,0	8,0	15,0
Приморская 1690	30,0	32,0	10,0	11,0	9,0	15,0
Приморская 1693	22,0	35,0	9,0	13,0	6,0	10,0
Приморская 1694	20,0	36,0	11,0	10,0	5,0	13,0
Приморская 1695	23,5	38,0	5,0	15,0	11,0	15,0
Приморская 1696	25,0	30,0	12,0	15,0	12,0	17,0
Приморская 1697	23,0	32,0	13,0	12,0	13,5	12,0
Приморская 1698	23,5	36,0	10,0	7,0	6,0	10,0
Приморская 1699	32,0	36,0	5,0	6,0	5,0	14,0
Приморская 1700	32,0	36,0	5,0	10,0	10,0	12,0
Приморская 1703	25,0	35,0	10,0	15,0	5,0	10,0

Установлены закономерности воздействия погодных условий на степень развития листостебельных грибных инфекций (септориоз, пероноспороз, церкоспороз) на перспективных сортах сои (табл. 2). Для оценки влияния погодных факторов на развитие фитопатогенов использовали гидротермический коэффициент в период формирования репродуктивных органов культуры, когда инфекции выходят из латентного состояния (II и III декады июля, I и II декады августа).

В фазу формирования репродуктивных органов сои присутствовали периоды избыточного увлажнения — ГТК 2,7 (2022 г.) и недостаточного — ГТК 0,3 (2021 г.). При этом степень поражения растений сои незначи-

тельно изменялась (увеличение показателя на 16,0%) при более благоприятных условиях развития патогенов (2022 г.). Данную реакцию сои можно объяснить высоким иммунным статусом перспективных сортов, что в принципе преследуется при выполнении селекционной программы. По иммунологической характеристике (согласно шкале определения болезнеустойчивости) изучаемые сорта сои обладали устойчивостью к пероноспорозу и церкоспорозу (степень поражения не превышала 25,0%).

Выводы/Conclusion

По итогам исследования обнаружено влияние погодных факторов на формирование хозяйственно значимых показателей перспективных сортов сои в условиях Приморского края. По периоду вегетации большинство гибридных комбинаций перспективных сортов (58,3%) относились к средней группе спелости (111–119 дней). Отмечены отдельные представители с высокой урожайностью (30,8–35,9 ц/га) в комбинациях «Ариса × Тайфун», «НИИСХ 3 × Тайфун». Максимальное значение массы 1000 семян (207 г) установлено в гибридной комбинации «Приморская 13 × Кофу». За период вегетации сои сложились условия недостатка (2021 г.) и избытка (2022 г.) увлажнения почвы, проявившие различное влияние на формирование урожайности сортов сои в среднем по опыту (17,1 ц/га и 34,0 ц/га соответственно). Полученные результаты свидетельствуют о том, что условия 2022 г. (присутствие периодов избыточного увлажнения почвы) были более подходящими для онтогенеза сои. Высокая урожайность перспективных сортов сои получена в 2022 г.: Приморская 1690, Приморская 1693, Приморская 1696, прибавка над стандартом составила от 38,0 до 54,7%.

Для формирования более высокой урожайности сое необходимы краткосрочные обильные осадки в сочетании с повышенными температурами воздуха в течение вегетации. Накопление высокого процента белка в семенах сои происходит при условии обильных осадков с короткими периодами переувлажнения. При более благоприятных условиях развития грибных патогенов наблюдалось незначительное увеличение (на 16,0%) степени поражения растений сои.

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

1. Некрасов А.Ю. Исходный материал для создания скороспелых сортов сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018; (3): 52–57. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11032>
2. Давлетов Ф.А., Ахмадуллина И.И., Гайнуллина К.П. Результаты изучения сортов сои в условиях Республики Башкортостан. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2021; (2): 49–55. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55>
3. Тараканов Р.И. Оценка устойчивости сортов сои к бактериальным болезням на искусственном инфекционном фоне. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022; (5): 92–107. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-5-92-107>
4. Цехмейструк Н.Г., Шелякин В.А., Магомедов Р.Д. Урожайность сортов сои в зависимости от климатических условий зоны выращивания. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2016; (3): 49–52. <https://www.elibrary.ru/zcdcgdb>
5. Гамботова М.У., Базгиев М.А., Гандаров М.Х., Бадургова К.Ш. Сравнительная оценка высокопродуктивных сортов сои в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия. *Проблемы развития АПК региона*. 2021; 48: 43–47. https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_43
6. Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Матвеева О.Л. Влияние погодных условий на признаки технологичности и урожайности сои в северо-восточной части РФ. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018; (5): 59–63. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63>
7. Суворова Ю.Н., Омелянюк Л.В., Асанов А.М. Подсолнечник и соя — перспективные интродуцированные масличные культуры для Западной Сибири. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021; (4): 64–73. https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_64
8. Ряскова О.М., Зайцева Г.А. Метеоусловия как фактор, влияющий на урожайность сельскохозяйственных культур. *Наука и образование*. 2021; 4(4): 170. <https://www.elibrary.ru/gaxowl>
9. Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Устарханова Э.Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения. *Масличные культуры*. 2020; (2): 62–69. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69>
10. Гаврилин Д.С., Полевщиков С.И. Сравнительная оценка сбора белка и масла у сортов сои отечественной селекции при разных сроках посева в условиях Тамбовской области. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014; (1): 30–36. <https://www.elibrary.ru/rpwwxx>
11. Бразжникова В.Н., Бразжникова О.Ф., Бразжникова Д.В. Влияние агроклиматических условий на продуктивность и жирнокислотный состав масла льна масличного. *Таврический вестник аграрной науки*. 2019; (4): 6–15. <https://www.elibrary.ru/nsrwfd>
12. Новикова Л.Ю. и др. Влияние погодных-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(6): 708–715. <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>
13. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: моделирование механизмов увеличения белка в семенах (сообщение 1). *Масличные культуры*. 2016; (2): 34–41. <https://www.elibrary.ru/wxsckv>
14. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Получение исходного материала для селекции сои методом физического мутагенеза. *Аграрная наука*. 2022; (5): 73–77. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-73-77>
15. Васина Е.А., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022; 183(4): 19–29. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29>
16. Бутовец Е.С., Васина Е.А., Кукуруза Г.О., Страшненко Т.Н., Лукьянчук Л.М. Селекционно-генетический анализ гибридов сои 1–3-го поколений. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2021; (4): 15–22. <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-4-15-22>
17. Енкен В.Б. Соя. М.: Сельхозгиз. 1959; 622.

ОБ АВТОРАХ

Людмила Михайловна Лукьянчук,
научный сотрудник лаборатории селекции сои
otdelsoy@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Екатерина Сергеевна Бутовец,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории селекции сои
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, 692539, Россия

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.

REFERENCES

1. Nekrasov A.Yu. Starting material for the creation of early ripening soybean varieties. *Legumes and Groat Crops*. 2018; (3): 52–57 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11032>
2. Davletov F.A., Akhmadullina I.I., Gainullina K.P. The results of studying soybean cultivars in the conditions of the Republic of Bashkortostan. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*. 2021; (2): 49–55 (In Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-88-2-49-55>
3. Tarakanov R.I. Evaluation of the resistance of soybean cultivars to bacterial diseases on an artificial inoculation background. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022; (5): 92–107 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-5-92-107>
4. Tsekhmeistruk N.G., Shelyakin V.A., Magomedov R.D. The yield of soybean varieties depending on the climatic conditions of a growing region. *Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*. 2016; (3): 49–52 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zcdcgdb>
5. Gambotova M.U., Bazgiev M.A., Gandarov M.Kh., Badurgova K.Sh. Comparative evaluation of highly productive soybean varieties in the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2021; 48: 43–47 (In Russian). https://doi.org/10.52671/20790996_2021_4_43
6. Fadeeva M.P., Vorobyova L.V., Matveeva O.L. The influence of weather conditions on the signs of adaptability and soy crop in the North-East of Russia. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (5): 59–63 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.59-63>
7. Suvorova Yu.N., Omelyanyuk L.V., Asanov A.M. Sunflower and soy are promising introduced oilseeds for Western Siberia. *Bulletin of Omsk State. Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2021; (4): 64–73 (In Russian). https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_4_64
8. Ryakova O.M., Zaitseva G.A. Meteorological conditions as a factor affecting yield of agricultural crops. *Nauka i obrazovanie*. 2021; 4(4): 170 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/gaxowl>
9. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Ustarkhanova E.G. Influence of weather factors on the productivity of perspective soybean lines in the unstable moisture zone. *Maslichnye kul'tury*. 2020; (2): 62–69 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69>
10. Gavrilin D.S., Polevshchikov S.I. Comparative evaluation of the collection of protein and oil in soybean varieties of domestic breeding at different times of sowing conditions in Tambov region. *Legumes and Groat Crops*. 2014; (1): 30–36 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/rpwwxx>
11. Brazhnikov V.N., Brazhnikova O.F., Brazhnikov D.V. Influence of agroclimatic conditions on yield and fatty acid composition of oil flax. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2019; (4): 6–15 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nsrwfd>
12. Novikova L.Yu. et al. Impact of weather and climate on seed protein and oil content of soybean in the North Caucasus. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(6): 708–715 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ18.414>
13. Zelentsov S.V., Moshnenko E.V. Prospects for breeding of high-protein soybean cultivars: modelling of mechanisms of protein increase in the seeds (report 1). *Maslichnye kul'tury*. 2016; (2): 34–41 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wxsckv>
14. Davletov F.A., Gainullina K.P. Obtaining the initial material for soybean breeding by physical mutagenesis. *Agrarian science*. 2022; (5): 73–77 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-73-77>
15. Vasina E.A., Butovets E.S., Lukyanchuk L.M. Results of a study of soybean source material for breeding purposes under the conditions of Primorsky Territory. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2022; 183(4): 19–29 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-19-29>
16. Butovets E.S., Vasina E.A., Kukuruza G.O., Strashnenko T.N., Lukyanchuk L.M. Selective genetic analysis of soybean hybrids of the 1–3 generations. *Far East Agrarian Herald*. 2021; (4): 15–22 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/1999-6837-2021-4-15-22>
17. Enken V.B. Soybean. Moscow: Sel'khozgiz. 1959; 622 (In Russian).

ABOUT THE AUTHORS

Ludmila Mikhailovna Lukyanchuk,
Researcher at the Soybean Breeding Laboratory
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7584-4652>

Ekatereina Sergeevna Butovets,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
of the Laboratory of Soybean Breeding
otdelsoy@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2879-3570>

A.K. Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies
of the Far East,
30 Volozhenin Str., village Timiryazevsky, Ussuriysk, Primorsky Krai,
692539, Russia

УДК 633.853.494.632.95(571.51)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-101-104

Рябцев А.А.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

✉ stud_info87@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023Одобрена после рецензирования:
14.08.2023Принята к публикации:
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-101-104

Alexander A. Ryabtsev

*Krasnoyarsk State Agrarian University,
Krasnoyarsk, Russia*

✉ stud_info87@mail.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023Accepted in revised:
14.08.2023Accepted for publication:
29.08.2023

Эффективность гербицидов нового поколения в снижении засоренности посевов ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи

РЕЗЮМЕ

Результаты. Приведены результаты по эффективности гербицидов нового поколения в снижении засоренности гибридов ярового рапса немецкой селекции Лакриц и Культус КЛ в почвенно-климатических условиях Красноярской лесостепи. Исследования были проведены на опытном участке учебного опытно-производственного комплекса «Борский» Красноярского ГАУ (2021–2022 гг.) полевые эксперименты с целью изучения влияния гербицидов на сорную растительность и урожайность маслосемян новых гибридов ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи. Объекты исследований — гербициды химического класса имидазолиноны. Определен видовой состав сорной растительности рапсового агроценоза. Тип засорения — малолетний. Опрыскивание посевов от сорняков проводилось в фазе развития ярового рапса «3–4-й настоящий лист». Способ применения — однократно совместно с гербицидом избирательного действия в дозе 0,35 л/га и гербицид сплошного действия в дозе 0,06 л/га, для усиления контакта препарата с поверхностью растений использовали адъювант в дозе 0,2 л/га на 200 л рабочего раствора. Под воздействием смеси гербицидов в агрофитоценозе ярового рапса установлено снижение сорного компонента на 98,4%. На делянках с применением гербицидных препаратов зафиксировано увеличение урожайности маслосемян у гибрида Культус КЛ в 2 раза.

Ключевые слова: гербициды, яровой рапс, сорные растения, биологическая эффективность, урожайность

Для цитирования: Рябцев А.А. Эффективность гербицидов нового поколения в снижении засоренности посевов ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 101–104. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-101-104>

© Рябцев А.А.

The effectiveness of new generation herbicides in reducing the contamination of spring rape crops in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe

ABSTRACT

Results. The results on the effectiveness of herbicides of a new generation in reducing the contamination of hybrids of spring rapeseed of German selection of Licorice and Cultus CL in the soil and climatic conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe are presented. The research was carried out at the pilot site of the Borsky training and production complex of the Krasnoyarsk State Agrarian University (2021–2022) field experiments to study the effect of herbicides on weed vegetation and the yield of oilseeds of new spring rapeseed hybrids in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. The objects of research are herbicides of the chemical class imidazolinones. The species composition of the weed vegetation of rapeseed agroecosystem has been determined. The type of blockage is juvenile. Spraying of crops from weeds was carried out in the phase of development of spring rapeseed «3–4th real leaf». Method of application — once together with a selective herbicide at a dose of 0.35 l/ha and a continuous herbicide at a dose of 0.06 l/ha, an adjuvant at a dose of 0.2 l/ha per 200 liters of working solution was used to enhance the contact of the drug with the plant surface. Under the influence of a mixture of herbicides in the agrophytocenosis of spring rapeseed, a decrease in the weed component by 98.4% was found. On plots with the use of herbicidal preparations, an increase in the yield of oilseeds in the Hybrid Cultus CL was recorded by 2 times.

Key words: herbicides, spring rape, weeds, biological efficiency, yield

For citation: Ryabtsev A.A. The effectiveness of new generation herbicides in reducing the contamination of spring rape crops in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 101–104 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-101-104>

© Ryabtsev A.A.

Введение/Introduction

По данным российских ученых, площади масличных культур в Красноярском крае увеличиваются [1, 2]. По урожаю семян рапса Красноярский край третий год подряд выходит на 1-е место в России.¹ Доля его в общероссийском производстве — более 12%. Районы, лидирующие по урожайности ярового рапса: Новоселовский (30,5 ц/га), Ужурский (27,7 ц/га), Нижнеингашский (25,4 ц/га), Минусинский (24,8 ц/га) и Березовский (24,7 ц/га)². В связи с ограниченными ресурсами пашни дальнейшее увеличение производства ярового рапса будет связано не с расширением площадей посева, а с увеличением его урожайности за счет внедрения новых сортов и гибридов и оптимизации защиты растений от вредных организмов (сорные растения, вредители и болезни) [3–5]. Поэтому возникает необходимость поиска новых, более эффективных средств защиты для сортов и гибридов, возделываемых в условиях лесостепи Красноярского края.

Цель работы — оценить биологическую и хозяйственную эффективность применения гербицидов нового поколения по классической защите и технологии Клеарфилд (гибриды и сорта устойчивые к имидазолинонам) на гибридах ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве объектов исследования выступали гибриды ярового рапса Лакриц и Культус КЛ³. Гибрид Культус КЛ включен в государственный реестр селекционных достижений в 2016 г. по 11-му Восточно-Сибирскому региону доступа и получил широкое распространение на территории Красноярского края. Гибрид Лакриц внесен в реестр и проходит государственное сортоиспытание для расширения по 11-му региону допуска, является перспективным гибридом для возделывания на территории Красноярского края⁴.

Дата посева — II декада мая 2021–2022 гг. На опытном поле Красноярского ГАУ в УНПК «Борский» лесостепной зоны Сухобузимского района Красноярского края. Фаза развития растений рапса в момент обработки гербицидами — «3–4-й настоящий лист». Гибриды рапса высевали по предшественнику пар после первичной обработки. Норма высева гибридов — 70 шт/м², глубина — 3–4 см. Сеяли сеялкой ССНП-16 с послепосевным прикатыванием. Площадь варианта — 2000 м². Повторность четырехкратная, размещение систематическое.

Химические средства защиты применялись при достижении вредным организмом (сорные растения, вредители и болезни) экономического порога вредоносности (ЭПВ). Учеты засоренности проводились в соответствии с методикой проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами⁵ и перед обработкой (исходная засоренность) через 15, 30, 45 суток после обработки и перед уборкой. При первом учете считалось количество сорняков, при последующих — количество и масса сорняков отдельно по видам. Отмечались фазы развития сорняков в период опрыскивания

Таблица 1. Схема опыта защиты ярового рапса в 2021 году
Table 1. Scheme of experience in protecting spring rape in 2021

Вариант	Действующее вещество пестицида	Норма расхода, л, кг/га
I. Гибрид ярового рапса Лакриц	Гербицид 1.1 (клопиралид, 300 г/л) + пиклорам, 75 г/л) + Гербицид 1.2 (этаметсульфурон-метил, 750 г/кг) + Гербицид 1.3 (клотодим, 130 г/л) + галоксифоп-Р-метил, 80 г/л) + ПАВ	0,3 л/га + 0,025 кг/га + 0,4 л/га + 0,2 л/га
II. Гибрид ярового рапса Культус (CL)	Гербицид 2.1 (имазамокс, 120 г/л) + Гербицид 2.2 (имазапир, 250 г/л) + ПАВ	0,33 л/га + 0,06 л/га + 0,2 л/га
Контроль (без обработки)		
Фоновые обработки всех вариантов		
	Инсектицид 1 (лямбда-цигалотрин, 100 г/л) (против крестоцветных блошек)	0,1 л/га
	Инсектицид 2 (альфа-циперметрин, 125 г/л) + имidakлоприд, 100 г/л + клотианидин, 50 г/л) (против рапсового цветоеда) + Фунгицид 1 (пропиконазол, 300 г/л) + тебуконазол, 200 г/л) (против альтернариоза)	0,15 л/га + 0,3 л/га

Таблица 2. Схема опыта защиты ярового рапса в 2022 году
Table 2. Scheme of experience in protecting spring rape in 2022

Вариант	Действующее вещество пестицида	Норма расхода, л/га, кг/га
I. Гибрид ярового рапса Лакриц	Гербицид 1.1 (клопиралид, 300 г/л) + пиклорам, 75 г/л) + Гербицид 1.2 (этаметсульфурон-метил, 750 г/кг) + Гербицид 1.3 (клотодим, 130 г/л) + галоксифоп-Р-метил, 80 г/л) + ПАВ	0,3 л/га + 0,025 кг/га + 0,4 л/га + 0,2 л/га
II. Гибрид ярового рапса Культус (CL)	Гербицид 2.1 (имазамокс, 120 г/л) + Гербицид 2.2 (имазапир, 250 г/л) + ПАВ	0,33 л/га + 0,06 л/га + 0,2 л/га
III. Гибрид ярового рапса Культус (CL)	Гербицид 3. (имазетапир, 40 г/л) + имазамокс, 30 г/л) + ПАВ	1,0 л/га + 0,2 л/га
Контроль (без обработки)		
Фоновые обработки всех вариантов		
	Инсектицид 1 (лямбда-цигалотрин, 100 г/л) (против крестоцветных блошек)	0,1 л/га
	Инсектицид 2 (альфа-циперметрин, 125 г/л) + имidakлоприд, 100 г/л) + клотианидин, 50 г/л) (против рапсового цветоеда) + Фунгицид 1 (пропиконазол, 300 г/л) + тебуконазол, 200 г/л) (против альтернариоза)	0,15 л/га + 0,3 л/га

и симптомы проявления гербицидной активности в период вегетации (фотонаблюдения за сорняками, динамика проявления гербицидной активности препаратов на основные виды сорных растений).

За неделю до комбайновой уборки были отобраны пробные снопы с каждой из четырех типичных деленок площадью 0,25 м² (в сумме — 1 м²). Фактический урожай учитывали 22 сентября селекционным комбайном TERRION 2010 (АО «Агротехмаш», Россия). Урожайность приводили к 8%-ной влажности по ГОСТ 10583-76⁶ и 100%-ной чистоте⁵.

Математическую обработку вели по Б.А. Доспехову (1985)⁷.

Схемы опытов представлены в таблицах 1, 2. Для проведения опытов были выбраны пестициды, разрешенные к применению на территории Российской Федерации на основании действующих веществ, широко используемых в Красноярском крае в защите ярового рапса⁸.

¹ АБ-Центр — Экспертно-аналитический центр агробизнеса ab-centre.ru (дата обращения: 22.05.2023).

² Аграрии Красноярского края намолотили 2,9 млн т зерна. <https://mcx.gov.ru/pressservice/regions/agrarii-krasnoyarskogo-kraya-namolotili-2-9-mln-tonn-zerna/> (дата обращения: 22.05.2023).

³ Германский семенной альянс | Продукты | Рапс | Гибриды ярового рапса (german-seed-alliance.de) (дата обращения: 22.05.2023).

⁴ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Электронный ресурс]. Поиск по реестру (gossortrf.ru).

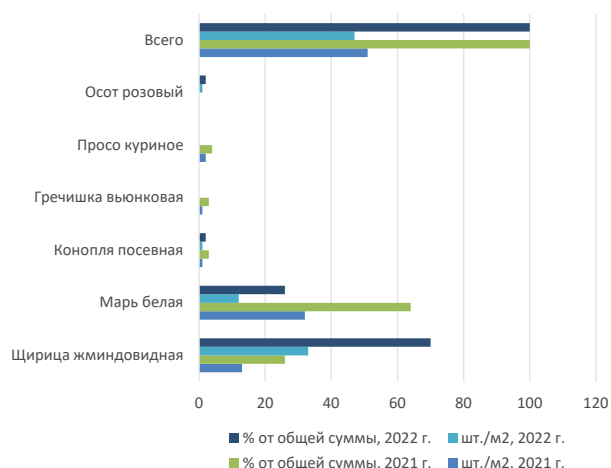
⁵ Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общей редакцией В.М. Лукомца. Краснодар. 2010; 327

⁶ ГОСТ 10583-76 Семена рапса. Промышленное сырье (с изм. от 22 ноября 1990 года № 2897).

⁷ Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Под общей редакцией Б.А. Доспехова. Москва. 1985; 351.

⁸ Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Справочное издание. 2022; 880.

Рис. 1. Исходная засоренность опытного участка в 2021–2022 гг.
Fig. 1. Initial contamination of the pilot site in 2021–2022



В схему опыта в 2022 г. был добавлен дополнительный вариант с двухкомпонентным гербицидом, действующими веществами (имазетапир, 40 г/л + имазамокс, 30 г/л) по технологии Клеарфилд (сорта, гибриды устойчивые к имидазолинонам), который проходит технологические испытания на рапсе.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Первая обработка гербицидами была проведена в фазе рапса «3–4-й настоящий лист» против таких сорняков, как марь белая, щирица жминдовидная, конопля сорная и гречишка вьюнковая. Учет исходной засоренности по годам (рис. 1, 2) исследования показал, что состав сорной растительности в 2021 г. представлен малолетними сорняками (в основном из группы двудольных) — марь белая и щирица жминдовидная. В 2022 году наряду с малолетними сорняками был представитель и многолетних — осот розовый.

Исходная засоренность в 2021 г. (рис. 1) показала наличие таких сорных растений, как: щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides*) — 13 шт/м² (или 26%), марь белая (*Chenopodium album*) — 32 шт/м² (или 64%), конопля посевная (*Cannabis sativa*) — 1 шт/м² (или 3%), гречишка вьюнковая (*Fallópiá convólulus*) — 1 шт/м² (или 3%), просо куриное (*Echinochloa caudata*) — 2 шт/м² (или 4%). Общая засоренность составила 51 шт/м².

Исходная засоренность в 2022 г. (рис. 1) показала наличие таких сорных растений, как: щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides*) — 33 шт/м² (или 70%), марь белая (*Chenopodium album*) — 12 шт/м² (или 26%), конопля посевная (*Cannabis sativa*) — 1 шт/м² (или 2%), осот розовый (*Cirsium arvense*) — 1 шт/м² (или 2%). Общая засоренность составила 47 шт/м².

Анализ биологической эффективности схемы защиты растений ярового рапса от сорной растительности гербицидами показал их высокую результативность (табл. 3).

Таблица 3. Биологическая эффективность гербицидов в 2021 году

Table 3. Biological effectiveness of herbicides in 2021

Группа	Снижение засоренности к контролю, %					
	через 15 дней		через 30 дней		через 45 дней	
	по массе	по количеству	по массе	по количеству	по массе	по количеству
Контроль	100	100	100	100	100	100
I	80	59	90	86	92	99
II	85	78	92	89	98	99

Таблица 4. Количество сохранившихся растений к уборке и урожайность гибридов ярового рапса в 2021 г. в вариантах опыта и контроле

Table 4. The number of preserved plants for harvesting and the yield of spring rapeseed hybrids in 2021 in the experimental and control variants

Группа	Количество растений к уборке, шт/м²	Урожайность, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
Контроль	42	25,7	0	0
I	64	62,5	+36,8	+143
II	64	67,8*	+42,1	+164
HCP ₀₅	* Доля влияния фактора пестициды 97%			

Таблица 5. Биологическая эффективность гербицидов в 2022 году

Table 5. Biological effectiveness of herbicides in 2022

Группа	Снижение засоренности к контролю, %					
	через 15 дней		через 30 дней		через 45 дней	
	по массе	по количеству	по массе	по количеству	по массе	по количеству
Контроль	100	100	100	100	100	100
I	59	80	86	90	99	99
II	78	85	89	92	99	99
III	57	85	99	98	100	100

Так, эффективность в первом варианте опыта по массе увеличивалась с 80 до 92%, по количеству сорных растений — с 59 до 99%, во втором варианте: по массе сорных растений — с 85 до 98%, по количеству — с 78 до 99%.

Оценка гибридов рапса (табл. 4) показала, что количество сохранившихся растений ко времени уборки урожая была одинаковой у двух гибридов: при норме высева 70 шт. на 1 м² к уборке осталось 64 растения, что составило 91% от высеянных семян.

Оценка гибридов ярового рапса по фактической уборочной урожайности (табл. 4), проведенная комбайновым способом, показала, что созревание в конце вегетации проходило одновременно.

Наивысшую урожайность семян в 2021 г. при полной защите сформировал гибрид Культус КЛ, урожайность которого составила 67,8 ц/га. Доля влияния фактора (гербициды) составила 97%.

Анализ биологической эффективности схемы защиты растений ярового рапса от сорной растительности гербицидами показал их высокую результативность (табл. 5).

Так, эффективность в первом варианте опыта по массе увеличивалась с 59 до 99%, по количеству сорных растений — с 80 до 99%, во втором варианте: по массе сорных растений — с 78 до 99%, по количеству — с 85 до 99%. В третьем варианте опыта по массе сорных растений эффективность увеличивалась с 57 до 100%, по количеству — с 85 до 100% (самый высокий результат).

Оценка гибридов ярового рапса (табл. 6) показала, что выживаемость растений к уборке в 2022 г. была более низкой, чем в предыдущие годы. Это связано с очень

Таблица 6. Количество сохранившихся растений к уборке и урожайность гибридов ярового рапса в 2022 г. (в вариантах опыта и на контроле)

Table 6. The number of preserved plants for harvesting and the yield of spring rapeseed hybrids in 2022 (in the experimental variants and under control)

Опыт	Количество растений к уборке, шт/м²	Урожайность, ц/га	Прибавка	
			ц/га	%
Контроль	42	20,25	0	0
I	48	45,75	+25,50	+55
II	44	39,00	+18,75	+48
III	54	40,75*	+20,50	+50
HCP ₀₅	* Доля влияния фактора пестициды 72%			

засушливой погодой в начале вегетации. Так, гибрид Культус КЛ всходил неравномерно и продолжительное время. Если сорт Лакриц взойшел быстро и равномерно, то Культус КЛ — продолжительное время (до двух недель).

При норме высева 70 шт. семян на 1 м² к уборке у сорта Лакриц осталось 54 растения, что составило 77% от высеянных семян, соответственно, у сорта Культус КЛ — 62–68%, а на контроле — и того меньше (60%).

Оценка гибридов ярового рапса по фактической уборочной урожайности (табл. 6), проведенная комбайновым способом, показала, что созревание в конце вегетации проходило одновременно.

Наивысшую урожайность семян в 2022 г. при полной защите сформировал гибрид Культус КЛ в третьем варианте (45,7 ц/га). На контрольном варианте без применения пестицидов урожайность была в 2,1 раза ниже. Доля влияния фактора (пестициды) составила 72%. Все варианты применения средств защиты растений значительно превосходили контроль по урожайности.

Выводы/Conclusion

Оценка биологической и хозяйственной эффективности применения гербицидов нового поколения по классической защите и технологии Клеарфилд (гибриды и сорта, устойчивые к имидазолинонам) на гибридах ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи показала следующие результаты: в 2021 г. эффективность

в первом варианте опыта по массе увеличивалась с 80 до 92%, по количеству сорных растений — с 59 до 99%, во втором варианте: по массе сорных растений — с 85 до 98%, по количеству — с 78 до 99%.

Наивысшую урожайность семян в 2021 г. при полной защите сформировал гибрид Культус КЛ во втором варианте опыта (67,8 ц/га). На контрольном варианте без применения гербицидов урожайность была 25,7 ц/га, или в 2,6 раза ниже, чем на втором варианте опыта. Доля влияния фактора (гербициды) составила 97%.

В 2022 году эффективность в первом варианте опыта по массе увеличивалась с 59 до 99%, по количеству сорных растений — с 80 до 99%, во втором варианте: по массе сорных растений — с 78 до 99%, по количеству — с 85 до 99%. В третьем варианте опыта по массе сорных растений эффективность увеличивалась с 57 до 100%, по количеству — с 85 до 100% (самый высокий результат).

Наивысшую урожайность семян в 2022 г. при полной защите сформировал гибрид Культус КЛ в третьем варианте (45,7 ц/га). На контрольном варианте без применения пестицидов урожайность была в 2,1 раза ниже. Доля влияния фактора (пестициды) составила 72%. Все варианты применения средств защиты растений значительно превосходили контроль по урожайности.

Полевые исследования достоверно зарегистрировали проявление экономического эффекта примененных схем защиты ярового рапса и способствовали повышению фактической урожайности на 48–55 п. п.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author is responsible for the work and the submitted data.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Финансирование в рамках конкурса проектов академической мобильности поддержано КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» (код заявки — 2023030709480).

FUNDING

Financing within the framework of the competition of academic mobility projects was supported by the KGAU «Krasnoyarsk Regional Foundation for the Support of Scientific and Scientific-Technical Activities» (application code — 2023030709480).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бопл В.Л., Курченко Н.Л., Халипский А.Н., Чураков А.А., Ступницкий Д.Н. Семенная продуктивность гибридов рапса. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2021; (4): 6–16. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-6-16>
- Олейникова Е.Н., Янова М.А., Пыжикова Н.И., Рябцев А.А., Бопл В.Л. Яровой рапс — перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края. *Вестник КрасГАУ*. 2019; (1): 74–80. <https://www.elibrary.ru/yzcqtj>
- Бопл В.Л., Халипский А.Н., Чураков А.А., Ступницкий Д.Н. Применение гербицидов в посевах ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи. *Вестник КрасГАУ*. 2021; (12): 135–141. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-135-141>
- Khalipsky A.N., Oleynikova E.N., Grishina I.I. Biological efficiency of cultivation of new spring rape hybrids in Eastern Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*. 2021; 848: 012217. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012217>
- Khalipsky A.N., Oleynikova E.N., Pyzhikova N.I., Grishina I.I. Productivity and economic efficiency of protection of spring rape hybrids in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*. 2020; 548: 022068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/2/022068>
- Бекетова О.А., Иванова Н.В., Жохова Е.А. Особенности видового состава сорной флоры Красноярского природного округа. *Вестник КрасГАУ*. 2019; (4): 10–15. <https://www.elibrary.ru/zyepxf>
- Осипова Г.М., Потопов Д.А. Рапс (особенности биологии, селекция в условиях Сибири и экологические аспекты использования). Новосибирск: ЦИНСХБ. 2009; 131. ISBN 978-5-904424-03-9 <https://www.elibrary.ru/qlctvz>
- Осипова Г.М. и др. Возделывание ярового рапса в Красноярском крае. Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт кормов РАСХН. 2016; 63. <https://www.elibrary.ru/vricsx>

REFERENCES

- Bopp V.L., Kurachenko N.L., Khalipsky A.N., Churakov A.A., Stupnitskiy D.N. Seed productivity of rapeseed hybrid. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2021; (4): 6–16 (In Russian). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2021-61-4-6-16>
- Oleynikova E.N., Yanova M.A., Pyzhikova N.I., Ryabtsev A.A., Bopp V.L. Spring rape is a promising crop for the development of the agro-industrial complex of the Krasnoyarsk Territory. *Bulletin of KrasGAU*. 2019; (1): 74–80. <https://www.elibrary.ru/yzcqtj>
- Bopp V.L., Khalipsky A.N., Churakov A.A., Stupnitskiy D.N. Application of herbicides in spring rape seeds in the conditions of Krasnoyarsk forest steppe. *Bulletin of KSAU*. 2021; (12): 135–141 (In Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-12-135-141>
- Khalipsky A.N., Oleynikova E.N., Grishina I.I. Biological efficiency of cultivation of new spring rape hybrids in Eastern Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*. 2021; 848: 012217. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/848/1/012217>
- Khalipsky A.N., Oleynikova E.N., Pyzhikova N.I., Grishina I.I. Productivity and economic efficiency of protection of spring rape hybrids in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*. 2020; 548: 022068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/2/022068>
- Beketova O.A., Ivanova N.V., Zhokhova E.A. Features of the species composition of the weed flora of the Krasnoyarsk Natural District. *Bulletin of KrasGAU*. 2019; (4): 10–15. <https://www.elibrary.ru/zyepxf>
- Osipova G.M., Potapov D.A. Rapeseed (features of biology, breeding in Siberia and environmental aspects of use). Novosibirsk: *Central Scientific Agricultural Library*. 2009; 131 (In Russian). ISBN 978-5-904424-03-9 <https://www.elibrary.ru/qlctvz>
- Osipova G.M. et al. Cultivation of spring rape in the Krasnoyarsk Territory. Novosibirsk: *Siberian Research Institute of Feeds, Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2016; 63. <https://www.elibrary.ru/vricsx>

ОБ АВТОРАХ

Александр Анатольевич Рябцев, старший преподаватель кафедры растениеводства, селекции и семеноводства
stud_info87@mail.ru

Красноярский государственный аграрный университет, пр. Мира, 90, Красноярск, 660049, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Alexander Anatolyevich Ryabtsev, Senior Lecturer of the Department of Plant Breeding, Breeding and Seed Production
stud_info87@mail.ru

Krasnoyarsk State Agrarian University, 90 Mira Ave., Krasnoyarsk, 660049, Russia

А.В. Платонов^{1, 2}, ✉
И.И. Рассохина¹,
Г.Ю. Лаптев³,
Е.Е. Хоштария⁴

¹Вологодский научный центр Российской академии наук, Вологда, Россия

²Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний России, Вологда, Россия

³Санкт-Петербургский аграрный университет, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

⁴ООО «Зазеркалье», Панфилово, Грязовецкий р-н, Вологодская обл., Россия

✉ platonov70@yandex.ru

Поступила в редакцию:
28.03.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Andrey V. Platonov^{1, 2}, ✉
Irina I. Rassokhina¹,
Georgij Yu. Laptev³,
Elgudza E. Khoshtariya⁴

¹Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, Vologda, Russia

²Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, Vologda, Russia

³Saint-Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

⁴Ltd «Zazerkalie», Panfilovo, Gryazovetsky District Vologda Region, Russia

✉ platonov70@yandex.ru

Received by the editorial office:
28.03.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Действие препарата, созданного на основе бактерий *Lactobacillus buchneri*, на продуктивность травосмеси клевера и тимopheевки

РЕЗЮМЕ

Актуальность и методы. Бобово-злаковые травосмеси являются источником полноценных кормов для молочного скота, что обусловлено хорошей перевариваемостью и сбалансированностью по белку, углеводам, аминокислотам и витаминам. Изучено влияние микробиологического удобрения («Натурост-Актив»), основой которого служат живые бактерии *Lactobacillus buchneri*, на продуктивность и питательную ценность клеверо-тимopheевочной травосмеси. Исследование проводили мелкочаевым полевым опытом в ФГБУН «ВолНЦ РАН» (Вологодская обл.) в 2019–2022 гг., а также в 2021–2022 гг. в условиях производства на полях ООО «Зазеркалье» (Вологодская обл.).

Результаты. В мелкочаевом опыте показано, что под влиянием обработки микробиологическим удобрением продуктивность травосмеси клевера и тимopheевки увеличивалась на 7–39% в зависимости от года вегетации, а общий сбор сухой биомассы за четыре года исследования в опытном варианте превосходил контроль на 16%. Оценка питательной ценности травосмеси показала, что внесение изучаемого удобрения способствовало повышению содержания кормовых единиц в сухом веществе до 10%, также несколько увеличивалось содержание обменной энергии, сырого и перевариваемого протеина, сахаров и снижалось содержание клетчатки. В условиях производственного эксперимента под влиянием микробиологического удобрения сбор зеленой массы возрастал на 10–17%, сухой — на 9–22%. Питательная ценность по общему содержанию кормовых единиц в 1 кг биомассы в опыте выше контроля на 6%. Валовой сбор кормовых единиц с 1 га поля при действии биопрепарата «Натурост-Актив» возрастал на 9,6 ц/га.

Ключевые слова: микробиологическое удобрение, *Lactobacillus buchneri*, клевер, тимopheевка, травосмесь, урожайность зеленой массы, питательная ценность

Для цитирования: Платонов А.В., Рассохина И.И., Лаптев Г.Ю., Хоштария Е.Е. Действие препарата, созданного на основе бактерий *Lactobacillus buchneri*, на продуктивность травосмеси клевера и тимopheевки. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 105–109. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-105-109>

© Платонов А.В., Рассохина И.И., Лаптев Г.Ю., Хоштария Е.Е.

Effect of preparation based on the bacteria *Lactobacillus buchneri* on the productivity of clover and timothy mixture

ABSTRACT

Relevance and methodology. Legume-grass mixtures are a source of complete feed for dairy cattle due to good digestibility and balance of protein, carbohydrates, amino acids and vitamins. We studied the effect of a microbiological fertilizer («Naturst-Aktiv») based on live microorganisms *Lactobacillus buchneri* on the productivity and nutritive value of clover and timothy grass mixture. The study was carried out by small-scale field experience in the FSBI «VolSC RAS» (Vologda region) in 2019–2022, as well as in 2021–2022 in the production conditions in the fields of LLC «Zazerkalie» (Vologda region).

Results. In the small-plot experiment we showed that under the influence of the microbiological fertilizer treatment, the productivity of clover and timothy grass mixture increased by 7–39% depending on the year of vegetation; the total dry biomass collection for 4 years of the study in the experimental version exceeded the control by 16%. Evaluation of the nutritive value of the grass mixture showed that the fertilizer increased the content of fodder units in dry matter up to 10%, also the content of metabolizable energy, crude and digestible protein, sugars increased slightly and the content of fiber decreased. In the conditions of the production experiment under the influence of the microbiological fertilizer the herbage collection increased by 10–17%, dry mass — by 9–22%. The nutritive value of the total content of fodder units in 1 kg of biomass in the experiment exceeded the control by 6%. The gross yield of fodder units from 1 hectare of the field increased by 9.6 cwt/ha under the effect of «Naturst-Aktiv».

Key words: microbiological fertilizer, *Lactobacillus buchneri*, clover, timothy, grass mixture, herbage yield, nutritive value

For citation: Platonov A.V., Rassokhina I.I., Laptev G.Yu., Khoshtariya E.E. Effect of preparation based on the bacteria *Lactobacillus buchneri* on the productivity of clover and timothy mixture. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 105–109 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-105-109>

© Platonov A.V., Rassokhina I.I., Laptev G.Yu., Khoshtariya E.E.

Введение/Introduction

Молочное животноводство является важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства Вологодской области. Для своего поступательного развития оно нуждается в надежной кормовой базе. В связи с существенно возросшей молочной продуктивностью животных в последнее десятилетие повышаются требования к качеству заготавливаемых кормов.

Особую ценность для кормопроизводства представляют бобово-злаковые травосмеси, возделывание которых считается наиболее рентабельным за счет того, что бобовый компонент содержит довольно высокое содержание протеина, а выращивание совместно со злаковыми культурами позволяет получить из травосмеси качественный силос. На основе бобово-злаковых смесей получают полноценные корма, обладающие высоким пищевым достоинством, что обусловлено хорошей переваримостью и сбалансированностью по белку, углеводам, аминокислотам и витаминам [1].

Высокая продуктивность бобово-злаковых смесей обусловлена симбиотической азотфиксацией, а также различным расположением корневых систем злаковых и бобовых растений, что позволяет им наиболее полно использовать имеющиеся в почве питательные компоненты [2]. Кроме того, травосмеси с клевером луговым способны сохранить плодородие дерново-подзолистых почв при снижении объемов внесения органических и минеральных удобрений [3].

Почвенные микроорганизмы являются важнейшими участниками взаимодействия растений и почвы в ризосфере. Бактерии, способствующие росту растений, широко используются в качестве биостимуляторов для активации ростовых процессов и повышения урожайности, а также улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур. При этом кислотолюбивые бактерии относительно мало изучены с точки зрения повышения продуктивности растений, как правило, направление изучения данных организмов связано с их ролью в заготовке сочных кормов [4]. Однако данные микроорганизмы довольно конкурентоспособны, что позволяет им успешно существовать в почве и эффективно взаимодействовать в системе с растениями. Так, представители рода *Lactobacillus* повышают устойчивость растений к стрессорам, патогенам [5, 6], а также приводят к активации роста и развития растений [6, 7]. Установлено, что антимикробная и ростостимулирующая активность молочнокислых бактерий связана с продуцированием ими различных метаболитов [5, 8, 9], в частности валериановой и масляной кислот [10]. Эти бактерии способны к синтезу фитогормонов группы ауксина [11], что может способствовать более быстрому росту трав и накоплению сухого вещества.

Цель исследования — изучение действия микробиологического удобрения, созданного на основе живых бактерий *Lactobacillus buchneri*, на продуктивность и питательную ценность клеверо-тимофеечной травосмеси в условиях мелкоделяночных и производственных испытаний.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования по изучению действия микробиологического удобрения (биопрепарата) проводились на опытном поле ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук» (Вологодский р-н, Вологодская обл., Россия), а также в производственных условиях

Таблица 1. Погодные условия 2019–2022 гг. в окрестностях г. Вологды

Table 1. Weather conditions in 2019–2022 around Vologda

Показатель	Среднее *	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднемесячная температура мая, °C	11,0	12,0	9,0	12,1	8,0
Количество осадков в мае, мм	41,4	32,0	137,0	65,0	65,0
Среднемесячная температура июня, °C	14,5	16,1	16,0	19,1	16,0
Количество осадков в июне, мм	59,6	51,0	61,0	31,0	61,0
Среднемесячная температура июля, °C	17,9	14,1	17,0	19,1	19,2
Количество осадков в июле, мм	66,3	159,0	142,0	27,0	81,0
Среднемесячная температура августа, °C	15,2	12,1	14,1	16,0	19,3
Количество осадков в августе, мм	70,5	92,0	71,0	139,0	27,0

* Среднее значение за 2000–2018 гг.

на полях ООО «Зазеркалье» (Грязовецкий р-н, Вологодская обл., Россия).

В качестве культуры использовалась смесь клевера лугового и тимopheевки луговой. Экспериментальный биопрепарат «Натурост-Актив», в основе которого лежат живые бактерии *L. buchneri*, создан компанией ООО «Биотроф» (г. Санкт-Петербург, Россия). Бактерии культивировали на питательной среде, которая включала в себя свекловичную мелассу (2%) и минеральные соли, источником азота служил нитрат натрия. В 1 мл препарата содержание живых бактерий исходного штамма составляло не менее 1×10^8 КОЕ.

Мелкоделяночные полевые опыты проводили в течение четырех лет (2019–2022 гг.), а производственные испытания — в вегетационные периоды 2021–2022 гг. Погодные условия 2019–2022 гг. существенно отличались — как по температурному режиму, так и по количеству осадков (табл. 1).

В целом 2019 год можно охарактеризовать как умеренно-влажный с прохладным концом лета, 2020-й — сырой и умеренно-теплый, 2021-й — сухой и жаркий, а 2022-й — умеренно-влажный и жаркий (с довольно холодным маем).

Учетная площадь мелкоделяночного опыта — 6 м², повторность — четырехкратная. Посев травосмеси происходил в соответствии с принятыми нормами высевы — 16–22 кг/га, при этом масса семян клевера лугового составила 12–16 кг/га, а тимopheевки луговой — 4–6 кг/га [12]. Перед посевом семена опытной группы замачивали в рабочий раствор биопрепарата (концентрация рабочего раствора — 1 мл препарата на 1 л воды), семена контрольной группы — в воде. Через месяц после посева и через две недели после укоса проводили опрыскивание растений рабочим раствором (весной внесение препаратов осуществляли после отрастания). Уход за культурами происходил в соответствии с общепринятыми агротехническими приемами, минеральные удобрения не вносились.

В производственном опыте на поле ООО «Зазеркалье» объектом исследования стала травосмесь первого и второго года вегетации (посев в 2020 г.). Общая площадь посевов — около 30 га, внесение бактерий осуществлялось путем опрыскивания вегетирующих растений с нормой расхода рабочего раствора 200 л/га, рабочий раствор готовился из расчета 1 л препарата на 1 га. В первый год вегетации обработку проводили в конце июля при отрастании после укоса предшествующей культуры

(викуновья травосмесь), во второй год вегетации всходы обрабатывали после перезимовки (14 июня).

В течение экспериментов был проведен учет зеленой и сухой биомассы травосмеси, которая скашивалась в фазу «начало цветения клевера». Содержание питательных компонентов в биоматериале определяли на ИК-анализаторе SpectraStar 2200 (Unity Scientific, США) в ЦКП «Центр сельскохозяйственных исследований и биотехнологий» ФГБУН «ВолНЦ РАН».

Статистическую обработку данных осуществляли по стандартным методикам с использованием пакета анализа данных программы MS Excel 2010 (США).

В таблицах представлены средние арифметические значения показателей и величины их стандартных ошибок. Оценку достоверности различия выборочных средних проводили при значении доверительной вероятности 0,95.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Первичные результаты исследования действия биопрепарата «Натурост-Актив» в условиях мелкоделяночного полевого опыта показали его эффективность в первые два года вегетации травосмеси [13]. Наибольший укос зеленой массы травосмеси получен на второй и третий год вегетации. При этом на четвертый год вегетации наблюдалось выпадение клевера из посевов (до 50%), что является негативным фактором для заготовки кормов, так как именно за счет клевера поддерживается необходимое количество белка [14].

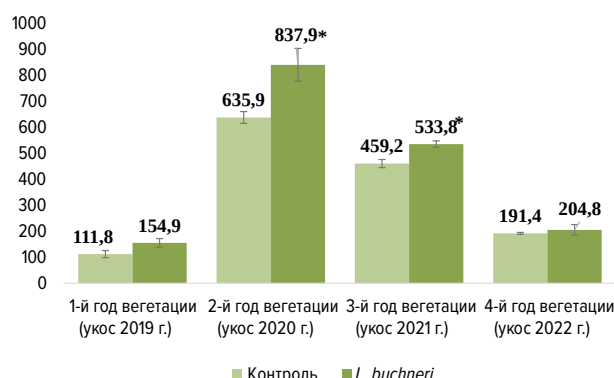
В первый год исследований (2019 г.) наблюдалось увеличение зеленой массы укосов опытных вариантов (по сравнению с контролем) на 39%. На начало вегетационного периода второго и третьего годов исследований (2020 г. и 2021 г.) опытные и контрольные варианты внешне не отличались, перезимовка прошла успешно. Условия вегетационного периода 2020 года были обеспечены влагой, и это позволило сделать два укоса биомассы травосмеси. Общая урожайность зеленой массы травосмеси во второй год исследования у варианта с использованием *L. buchneri* была выше контроля на 19%. В третий год вегетации (2021 г.) из-за засухливых погодных условий был сделан только один укос, по результатам которого наблюдалось увеличение зеленой массы опытного варианта (относительно контроля) на 16%. Всего за три года вегетации при внесении изучаемого экспериментального биопрепарата прибавка зеленой массы в опытной группе составила 26%.

Погодные условия 2022 года отличались очень низкими температурами в начале вегетации (май и начало июня), а также единичными осадками при жаркой температуре в середине вегетации (июль), что не позволило снять второй укос (рост трав не происходил). Кроме того, разница между опытным и контрольным вариантами была уже менее выражена (различия по зеленой массе в пределах 7%). Суммарно за четыре года вегетации при внесении препарата «Натурост-Актив» зеленая масса травосмеси оказалась выше контроля на 24% (рис. 1).

Не менее важно количество сухого вещества в травосмеси, так как именно оно может косвенно показывать действие биопрепарата на содержание питательных веществ в траве и продуктивность фотосинтеза растений. В первый год вегетации (2019 г.) содержание сухого вещества было относительно невысоким (17–19% от зеленой массы), что, в общем, характерно для посевов первого года вегетации, в последующие годы (2020–2022 гг.) относительная доля

Рис. 1. Укос зеленой массы травосмеси в мелкоделяночном опыте, ц/га

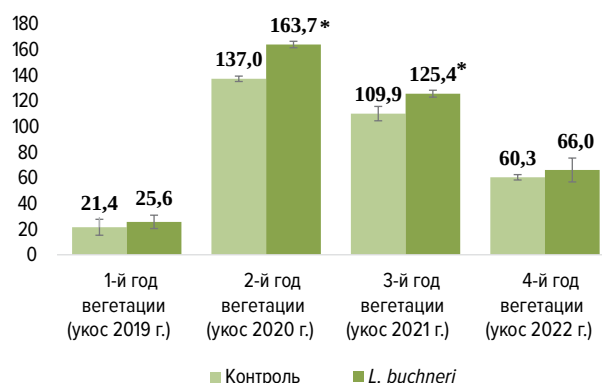
Fig. 1. Grass mixture herbage harvesting in the small-plot experiment, cwt/ha



* Разница с контролем статистически достоверна при $p < 0,5$.

Рис. 2. Масса сухого вещества травосмеси в мелкоделяночном опыте, ц/га

Fig. 2. Dry matter mass of grass mixture in the small-plot experiment, cwt/ha



* Разница с контролем статистически достоверна при $p < 0,5$.

сухого вещества в биомассе возрастает до 32%. При этом *L. buchneri* способствовали увеличению содержания сухого вещества в первый год вегетации на 20%, во второй год — на 29%, в третий год — на 14% (относительно контроля). Всего за три года вегетации при внесении изучаемого экспериментального препарата прибавка по сухой массе в опытной группе составила 17%.

Отметим, что в четвертый год вегетации различия опытного и контрольного вариантов по сухой массе составили всего 9%, а суммарно за четыре года вегетации валовый сбор сухого вещества клеверо-тимофеечной травосмеси превзошел контроль на 16% (рис. 2).

При заготовке кормов важное значение имеет не только продуктивность кормовых трав, но и качество корма, и его питательная ценность [1]. Результаты таблицы 1 показывают, что содержание питательных веществ в биомассе травосмеси изменялось в зависимости от года исследования. Так, питательная ценность корма, полученная в 2020 году, была несколько ниже по сравнению с 2019, 2021 и 2022 годами, что, возможно, связано с разницей погодных условий вегетационных периодов. Например, суммарное количество осадков с мая по июль 2020 года было выше на 40% по сравнению с 2019 годом, на 176% по сравнению с 2021-м и на 64% по сравнению с 2022-м. При этом (независимо от условий вегетационного периода) биопрепарат способствовал повышению питательной ценности травосмеси.

Таблица 2. Содержание питательных веществ в биомассе травосмеси клевера и тимopheевки при действии препаратов (в 1 кг сухого вещества)
Table 2. Nutrient content in the biomass of clover and timothy grass mixture under the action of preparations (in 1 kg of dry matter)

Год	Вариант опыта	Кормовые единицы	Обменная энергия, МДж	Содержание протеина, %	Содержание клетчатки, %	Содержание жира, %	Перевариваемый протеин, г/кг	Содержание сахара, %
2019	Контроль	1,00	11,50	20,83	19,06	4,41	158,0	9,98
	<i>L. buchneri</i>	1,09	11,56	20,73	19,28	4,52	157,3	9,72
2020	Контроль	0,83	10,20	17,23	26,56	3,62	134,0	11,52
	<i>L. buchneri</i>	0,88	10,68	17,18	25,53	3,73	130,5	10,46
2021	Контроль	1,03	11,52	13,65	20,91	3,65	94,8	12,80
	<i>L. buchneri</i>	1,13	11,71	18,62	17,46	4,28	138,6	8,95
2022	Контроль	0,92	10,56	13,23	24,65	3,39	91,30	12,32
	<i>L. buchneri</i>	0,98	11,05	15,00	21,87	3,74	108,85	11,16

Следует отметить, что в 2022 году общее содержание белка было существенно ниже, чем в предыдущие годы вегетации, что связано с выпадением части клевера из посевов. В целом действие бактерий способствовало увеличению содержания кормовых единиц до 10%, обменной энергии — до 5%, а протеина — до 36%. При этом наблюдалось снижение содержания клетчатки до 16% (табл. 2).

Полученные положительные результаты мелко-деляночного опыта позволили провести производственные испытания на полях ООО «Зазеркалье» (Грязовецкий р-н, Вологодская обл., площадь опытного и контрольного участков — около 30 га).

Следует отметить относительно невысокий сбор зеленой массы травосмеси в 2022 году, что связано с неблагоприятными погодными условиями, которые не позволили осуществить полноценный второй укос (в течение конца августа и сентября травосмесь фрагментарно скашивалась на подкормку без учета биомассы). Внесение *L. buchneri* способствовало повышению зеленой массы травосмеси на 10–17%, сухой массы — на 9–22% (в зависимости от года исследования), при этом за оба года исследования зеленая масса травосмеси увеличивалась на 13%, сухая — на 14% (табл. 3).

Общее содержание кормовых единиц и обменной энергии в 1 кг биомассы, а также содержание протеина

Таблица 3. Результаты производственного опыта
Table 3. Results of the production experience

Параметр	Контроль	<i>L. buchneri</i>
Урожайность зеленой массы первого года, ц/га	120,6 ± 5,7	142,4 ± 4,3
Урожайность сухой массы первого года, ц/га	30,4 ± 2,1	37,3 ± 2,3
Урожайность зеленой массы второго года, ц/га	255,0 ± 26,7	281,5 ± 12,2
Урожайность сухой массы второго года, ц/га	59,5 ± 3,6	64,8 ± 2,8
Урожайность зеленой массы за два года, ц/га	376,6	423,9
Урожайность сухой массы за два года, ц/га	89,9	102,1
Кормовые единицы в 1 кг	1,08	1,14
Обменная энергия, МДж	11,80	11,72
Содержание протеина, %	17,94	18,19
Содержание клетчатки, %	17,69	18,85
Содержание жира, %	3,84	3,98
Перевариваемый протеин, г/кг	138,00	140,50
Содержание сахара, %	12,06	11,13
Кормовые единицы, ц/га	64,3	73,9
Кормопротеиновые единицы, ц/га	73,18	82,48

в контроле и опыте сходно. Валовый сбор кормовых единиц с 1 га поля (при действии препарата «Натурост-Актив») возрастал на 15% (на 9,6 ц/га), а кормопротеиновых — на 13% (на 9,3 ц/га).

Полученные данные свидетельствуют о меньших затратах на производство единицы молока при использовании травы опытного варианта.

Таким образом, использование микробиологического удобрения, созданного на основе живых бактерий *L. buchneri*, в реальных условиях ведения кормопроизводства способствовало увеличению и биомассы клеверо-тимopheежной смеси, и ее питательной ценности.

Закключение/Conclusion

Применение изучаемого микробиологического удобрения, созданного на основе живых бактерий *L. buchneri*, способствовало повышению урожайности зеленой массы клеверо-тимopheежной смеси за четыре года вегетации в условиях мелкоделяночных опытов до 24%, сухой массы — до 16%. В условиях производственного эксперимента зеленая масса возрастала на 10–17%, сухая — на 9–22%. Питательная ценность травосмеси колебалась в зависимости от условий вегетационного периода, однако при действии биопрепарата «Натурост-Актив» была выше контроля во все периоды исследования.

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. Калсамун А.Д., Павлючик Е.Н., Иванова Н.Н. Изучение питательной и продуктивной ценности многолетних бобово-злаковых травосмесей на мелиорированных землях Верхневолжья. *Аграрная наука*. 2022; (10): 91–95. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95>
2. Лазарев Н.Н., Кухаренкова О.В., Авдеев С.М., Куренкова Е.М., Дикарева С.А. Симбиотическая фиксация азота многолетними бобовыми травами в луговых агрофитоценозах. *Кормопроизводство*. 2022; (2): 20–28. <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.2.2022.002>
3. Гладышева О.В., Свирина В.А. Элементы технологии воспроизводства почвенного плодородия. *Аграрная наука*. 2019; (7-8): 43–46. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-43-46>
4. Taylor C.C., Ranjit N.J., Mills J.A., Neylon J.M., Kung Jr.L. The Effect of Treating Whole-Plant Barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on Silage Fermentation, Aerobic Stability, and Nutritive Value for Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2002; 85(7): 1793–1800. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74253-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74253-7)

REFERENCES

1. Kapsamun A.D., Pavlyuchik E.N., Ivanova N.N. Study of the nutritional and productive value of perennial legume-grass mixtures on reclaimed lands of the Upper Volga region. *Agrarian science*. 2022; (10): 91–95 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-363-10-91-95>
2. Lazarev N.N., Kukharenkova O.V., Avdeev S.M., Kurenkova E.M., Dikareva S.A. Symbiotic nitrogen fixation by perennial legumes in meadow ecosystems. *Fodder Production*. 2022; (2): 20–28 (In Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2022.2.2022.002>
3. Gladysheva O.V., Svirina V.A. Elements of technology of reproduction of soil fertility. *Agrarian science*. 2019; (7-8): 43–46 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-330-7-43-46>
4. Taylor C.C., Ranjit N.J., Mills J.A., Neylon J.M., Kung Jr.L. The Effect of Treating Whole-Plant Barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on Silage Fermentation, Aerobic Stability, and Nutritive Value for Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2002; 85(7): 1793–1800. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74253-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74253-7)

5. Kuwaki S., Ohhira I., Takahata M., Hirota A., Murata Y., Tada M. Effects of the fermentation product of herbs by lactic acid bacteria against phytopathogenic filamentous fungi and on the growth of host plants. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2004; 98(3): 187–192. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(04\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(04)00264-6)
6. Limanska N. et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013; 35(5): 1587–1595. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1200-y>
7. Ржевская В.С., Отурина И.П., Теплицкая Л.М. Изучение биологических свойств штаммов молочнокислых бактерий. *Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2014; 27(1): 145–160. <https://elibrary.ru/vbfbxx>
8. Данилова Т.А., Аджиева А.А., Данилина Г.А., Поляков Н.Б., Соловьев А.И., Жуковичский В.Г. Антимикробное действие супернатанта *Lactobacillus plantarum* на патогенные микроорганизмы. *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. 2019; 167(6): 709–712. <https://elibrary.ru/yeokgx>
9. Чичерин И.Ю., Погорельский И.П., Лундовских И.А., Малов А.А., Шабалина М.Р., Дармов И.В. Динамика содержания лактобацилл, микробных метаболитов и антибактериальной активности растущих культур *Lactobacillus plantarum* 8P-A3. *Журнал инфектологии*. 2014; 5(3): 50–55. <https://elibrary.ru/ringlv>
10. Лапицкая Е.А., Петров В.Б., Никонов И.Н., Кряжевских Л.А., Лаптев Г.Ю. Препарат «Биотроф-600» — стимулятор роста томатов. *Аграрный вестник Урала*. 2008; (5): 42–44. <https://elibrary.ru/iszgml>
11. Gummalla S., Broadbent J.R. Tryptophan Catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* Cheese Flavor Adjuncts. *Journal of Dairy Science*. 1999; 82(10): 2070–2077. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2)
12. Маркова И.А., Гузюк М.Е., Вerveйко И.В. Основы сельскохозяйственных пользователей. Санкт-Петербург: ЛТА. 2001; 126.
13. Платонов А.В., Рассохина И.И., Сухарева Л.В., Лаптев Г.Ю., Большаков В.Н. Продуктивность кормовых трав при использовании микробиологических препаратов в условиях Вологодской области. *Кормопроизводство*. 2021; (1): 21–25. <https://doi.org/10.25685/KRM.2021.1.2021.001>
14. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И., Фатыхов И.Ш. Питательная ценность и продуктивность агрофитоценозов многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного в условиях Среднего Предуралья. *Кормопроизводство*. 2020; (7): 18–22. <https://doi.org/10.25685/KRM.2020.7.2020.002>
5. Kuwaki S., Ohhira I., Takahata M., Hirota A., Murata Y., Tada M. Effects of the fermentation product of herbs by lactic acid bacteria against phytopathogenic filamentous fungi and on the growth of host plants. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2004; 98(3): 187–192. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(04\)00264-6](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(04)00264-6)
6. Limanska N. et al. Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013; 35(5): 1587–1595. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1200-y>
7. Rzhetskaya V.S., Oturina I.P., Teplitskaya L.M. Study of the biological characteristics of the lactic acid bacteria strains. *Scientific notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2014; 27(1): 145–160 (In Russian). <https://elibrary.ru/vbfbxx>
8. Danilova T.A., Adzhieva A.A., Danilina G.A., Polyakov N.B., Soloviev A.I., Zhukhovitsky V.G. Antimicrobial Activity of Supernatant of *Lactobacillus plantarum* against Pathogenic Microorganisms. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 2019; 167(6): 751–754. <https://doi.org/10.1007/s10517-019-04615-9>
9. Chicherin I.Yu., Pogorelskiy I.P., Lundovskikh I.A., Malov A.A., Shabalina M.R., Darmov I.V. Dynamics of the content of lactobacilli, microbial metabolites and antimicrobial activity of growing culture of *Lactobacillus plantarum* 8P-A3A3. *Journal of Infectology*. 2014; 5(3): 50–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/ringlv>
10. Lapitskaja E.A., Petrov V.B., Nikonov I.N., Krjazhevskih L.A., Laptev G.Yu. The drug «Biotrof-600» is a tomato growth stimulator. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2008; (5): 42–44 (In Russian). <https://elibrary.ru/iszgml>
11. Gummalla S., Broadbent J.R. Tryptophan Catabolism by *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus helveticus* Cheese Flavor Adjuncts. *Journal of Dairy Science*. 1999; 82(10): 2070–2077. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75448-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75448-2)
12. Markova I.A., Guzyuk M.E., Verveйко I.V. Fundamentals of agricultural use. St. Petersburg: Forestry Academy. 2001; 126 (In Russian).
13. Platonov A.V., Rassokhina I.I., Sukhareva L.V., Laptev G.Yu., Bolshakov V.N. Productivity of forage grasses affected by microbial preparations in the Vologda region. *Fodder Production*. 2021; (1): 21–25 (In Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2021.1.2021.001>
14. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I., Fatykhov I.Sh. Nutritional value and productivity of ecosystems with tetraploid red clover in the Middle Ural region. *Fodder Production*. 2020; (7): 18–22 (In Russian). <https://doi.org/10.25685/KRM.2020.7.2020.002>

ОБ АВТОРАХ

Андрей Викторович Платонов^{1, 2},

кандидат биологических наук:

- доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биоэкономики и устойчивого развития
- доцент

platonov70@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1110-7116>

Ирина Игоревна Рассохина¹,

научный сотрудник лаборатории биоэкономики и устойчивого развития

rasskhinairina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-6129-6912>

Георгий Юрьевич Лаптев³,

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой на производстве «Биотехнология кормов»

georg-laptev@rambler.ru

<http://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

Елгуджа Евлардиевич Хоштария⁴,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, председатель elgho@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8309-1643>

¹ Вологодский научный центр Российской академии наук, ул. Горького, 56А, Вологда, 160014, Россия

² Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний России, ул. Щетинина, 2, Вологда, 160002, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, 2, Пушкин, Санкт-Петербург, 196601, Россия

ООО «Зазеркалье», д. Панфилово, 80, Грязовецкий р-н, Вологодская обл., 162035, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Andrey Viktorovich Platonov^{1, 2},

Candidate of Biological Sciences:

- Associate Professor Leading Researcher of the Laboratory for Bioeconomics and Sustainable Development
- Assistant Professor

platonov70@yandex.ru

<http://orcid.org/0000-0002-1110-7116>

Irina Igorevna Rassokhina¹,

Researcher of the Laboratory for Bioeconomics and Sustainable Development

rasskhinairina@mail.ru

<http://orcid.org/0000-0002-6129-6912>

Georgij Yurievich Laptev³,

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department at the production of «Biotechnology of Feed»

georg-laptev@rambler.ru

<http://orcid.org/0000-0002-8795-6659>

Elgudza Evlardievich Khoshtariya⁴,

Candidate of Agriculture Sciences, Associate Professor, Chairperson elgho@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8309-1643>

¹ Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences, 56A Gorky Str., Vologda, 160014, Russia

² Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penitentiary Service of Russia, 2 Shchetinin Str., Vologda, 160002, Russia

³ Saint-Petersburg State Agrarian University, 2 Peterburgskoe shosse, Pushkin, Saint Petersburg, 196601, Russia

⁴ Ltd «Zazerkalye», 80 village Panfilovo, Gryazovetsky District, Vologda Region, 162035, Russia

В.Ю. Острошенко

Федеральный научный центр
биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии, Дальневосточного
отделения Российской академии наук,
Владивосток, Россия

✉ OstroshenkoV@mail.ru

Поступила в редакцию:
21.03.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Research article

 creative commons

Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-110-115

Valentina Yu. Ostroshenko

Federal Scientific Center of the East Asia
Terrestrial Biodiversity Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, Russia

✉ OstroshenkoV@mail.ru

Received by the editorial office:
21.03.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Влияние стимуляторов роста на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной (белокорой) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из основных способов лесовосстановления является использование стимуляторов роста, которые нашли широкое применение в сельском хозяйстве России и зарубежья. В лесном хозяйстве их использование проводится в опытный порядок. Наблюдается повышение посевных качеств семян, активизируется нарастание биометрических показателей сеянцев, их сохранность. В связи с этим применение таких стимуляторов роста, как Циркон, НВ-101, Корень Супер и Феровит, является актуальным.

Методы. Изучено влияние корневой подкормки стимуляторами Циркон, НВ-101, Корень Супер и Феровит на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.). Опыты проводили в питомнике ГТС — филиале ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Изучали нарастание саженцев по показателям высоты стволика, прироста по высоте, а также диаметра у корневой шейки.

Результаты. Установлено, что наибольший эффект на рост саженцев пихты оказывает корневая подкормка стимуляторами Циркон и НВ-101. Отмечено повышение высоты саженцев на 3,9–60,7%, прироста по высоте — на 11,4–137,1%, а также диаметра у корневой шейки — на 16,7–66,7%. Выявлено, что применение стимулятора НВ-101 в концентрации раствора 0,5 мл / 10 л оказывает более положительный эффект, по сравнению с концентрацией раствора препарата 0,5 мл / 5 л воды.

Ключевые слова: саженцы, стимуляторы роста, корневая подкормка, пихта почкочешуйная (белокорая), НВ-101, Корень Супер, Феровит, высота, диаметр у корневой шейки, прирост по высоте

Для цитирования: Острошенко В.Ю. Влияние стимуляторов роста на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной (белокорой) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.). *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 110–115. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-110-115>

© Острошенко В.Ю.

Influence of growth stimulants on the biometric indicators of four-year-old Khingam fir (white-bark) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) seedlings

ABSTRACT

Relevance. One of the main methods of reforestation is the use of growth stimulants, which are widely used in agriculture in Russia and abroad. In forestry, their use is carried out on an experimental basis. The increase in the sowing qualities of seeds, in the biometric indicators of seedlings is observed, their safety is activated. In this regard, the use of such growth stimulants as Zircon, HB-101, Root Super and Ferovit is relevant.

Methods. The effect of root feeding with stimulants Zircon, HB-101, Root Super and Ferovit on the biometric parameters of four-year-old seedlings of Khingam fir (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) was studied. The experiments were carried out in the nursery of GTS — the branch of Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS. The growth of seedlings was studied in terms of stem height, height gain and root collar diameter.

Results. It has been established that root fertilization with the stimulants Zircon and HB-101 has the greatest effect on the growth of fir seedlings. The increase in the height of seedlings is by 3.9–60.7%, in height gain — by 11.4–137.1%, as well as in the diameter of root collar — by 16.7–66.7% was noted. It was revealed that the use of the stimulator HB-101 in the solution concentration of 0.5 ml / 10 l has a more positive effect compared with the concentration of the drug solution of 0.5 ml / 5 l of water.

Key words: seedlings, growth stimulants, root fertilizing, Khingam fir (white-bark), HB-101, Root Super, Ferovit, height, diameter of the root collar, height gain

For citation: Ostroshenko V.Yu. Influence of growth stimulants on the biometric indicators of four-year-old Khingam fir (white-bark) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) seedlings. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 110–115 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-110-115>

© Ostroshenko V.Yu.

Введение/Introduction

Дальневосточные леса Российской Федерации занимают обширную территорию. 70,6% их площади представлено хвойными породами. Среди них — кедр корейский (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.), ель аянская (*Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr.), лиственница амурская (*Larix amurensis* B. Kolesn.), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), а также пихта почкочешуйная (белокорая) (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.) [1].

Пихта почкочешуйная является наиболее распространенным видом среди рода *Abies*. Она имеет большое народнохозяйственное значение. Служит водорегулирующей и горноукрепительной древесной породой. Ее древесина используется для изготовления тарных крежей, строительных и пиловочных бревен, свай, рудничной стойки и т. д. Из хвои получают эфирные масла. Пихта почкочешуйная широко используется в ландшафтном строительстве [2]. Вместе с тем рубка леса и лесные пожары приводят к сокращению ее площади.

Одним из основных способов лесовосстановления является применение стимуляторов роста, которые нашли широкое применение в сельском хозяйстве России и зарубежья [3–10]. В лесном хозяйстве их использование проводится в опытным порядке. Наблюдается повышение посевных качеств семян, активизируется нарастание биометрических показателей сеянцев, их сохранность [11–27]. В связи с этим применение таких стимуляторов роста, как Циркон, НВ-101, Корень Супер и Феровит, является актуальным.

Из всех упомянутых препаратов при выращивании пихты белокорой ранее проводились опыты только со стимулятором роста Циркон. Отмечено повышение энергии прорастания семян, их лабораторной всхожести, а также стимуляция корнеобразования, высоты, биомассы, развитие боковых побегов и формирование кроны растений [17, 18]. Эффективность данного препарата доказана при выращивании других хвойных пород. Так, Н.В. Пентелькиной, Ю.С. Пентелькиной установлено значительное влияние внекорневой подкормки стимулятором Циркон на рост и развитие сеянцев сосны крымской (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour). Наблюдались повышение высоты сеянцев и увеличение биомассы их надземной части, а также увеличение длины корней и их биомассы [19, 20]. Н.В. Чукариной проведено испытание различных стимуляторов роста, в том числе и Циркона, при выращивании сосны обыкновенной и крымской. Установлено, что эффективность стимулятора Циркон возрастает при совместном применении его с препаратом Цитовит [24]. С.А. Кабановой, А.М. Данченко и др. испытан стимулятор Циркон при предпосевной обработке семян сосны обыкновенной. Выявлен его положительный эффект на энергию прорастания семян и лабораторную всхожесть [14].

Изучением стимулятора роста НВ-101 при обработке двухлетних сеянцев сосны обыкновенной занималась Т.С. Устинова. Отмечено повышенное влияние препарата на развитие корневой системы сеянцев и их надземной части [23]. Е.А. Бакшеевой доказан положительный эффект стимулятора НВ-101 на грунтовую всхожесть семян ели гибридной (*Picea ×mariorica*) [12]. С.В. Бродниковым показано активное влияние стимулятора НВ-101 на лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной [13].

А.В. Кульковой, Н.Н. Бессчетновой документирована эффективность препарата Феровит на грунтовую

всхожесть семян ели Шренка (*Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Mey) [16]. Установлено, что Феровит активизирует лабораторную всхожесть семян ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), а также обеспечивает интенсивный рост сеянцев и их сохранность [11, 22].

Указанные препараты не фитотоксичны, не загрязняют грунтовых вод, безопасны для человека и животных, свободно реализуются торговой сетью.

Цель исследований — изучить эффективность корневой подкормки одно-трехлетних саженцев пихты почкочешуйной стимулятором Циркон и препаратами НВ-101, Корень Супер и Феровит на их биометрические показатели в четырехлетнем возрасте.

Исходя из поставленной цели, решались следующие задачи:

- проведение корневой подкормки одно-трехлетних саженцев пихты почкочешуйной стимуляторами роста Циркон и препаратами НВ-101, Феровит и Корень Супер различной концентрации;
- анализ влияния испытываемых стимуляторов на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты (высоту, прирост по высоте и диаметр у корневой шейки).

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объектом исследований явились четырехлетние саженцы пихты почкочешуйной (белокорой). Опытные работы проводили в 2018–2022 гг. на территории питомника ГТС — филиала ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. Почва бурая, подзолистая, тяжелосуглинистая, с постепенным переходом в пониженной части пологого склона в лугово-бурую. В целом почва характеризуется как окультуренная среднего потенциального плодородия. Содержание гумуса в почве низкое (2,83%), обменная кислотность нейтральная (6,5 рН), содержание фосфора очень высокое (20,5 мг / 100 г почвы), а калия — низкое (7,3 мг / 100 г почвы). Рельеф слабоволнистый с минимальным уклоном.

Климат на территории исследований муссонный. Температура в июле — августе достигает 30 °С. Распределение атмосферных осадков неравномерное. Среднее их количество составляет около 80% в теплое время года и лишь 20% в зимний период. Наибольшее их число выпадает в июле — октябре (около 50–57%), когда наблюдаются проливные дожди. В зимний период (раз в три года) наблюдается снеготом, что приводит к гибели растений. Динамика изменения влажности воздуха своеобразная, в летнее время года достигает наибольших значений (более 80%), в апреле — мае — наименьших (50–70%).

Погодные условия в период проведения опытов были в пределах среднесезонных значений.

Стимуляторы роста: Циркон, НВ-101, Корень Супер и Феровит.

Циркон (производитель: «НЭСТ М», Россия) — природный стимулятор роста растений, изготовленный на основе растительного сырья — эхинацеи пурпурной. Действующее вещество препарата — гидроксикоричные кислоты, которые относятся к классу фенольных соединений, активно участвующих в процессе дыхания растений [17, 21].

НВ-101 (производитель: Flora Co.LTD, Япония) — натуральный фиталайзер для растений. Произведен из экстрактов гималайского кедра, сосны, подорожника и кипариса. Обеспечивает стимуляцию роста растений,

способствуя при этом эффективному использованию внутренних ресурсов для их развития. Является экологически безопасным стимулятором иммунной системы. Препарат содержит белковый комплекс, антиоксиданты, минералы, является стимулятором роста и одновременно активатором иммунной системы сельскохозяйственных культур, деревьев, кустарников, грибов и газонов [23].

Феровит (производитель: «НЭСТ М», Россия) — универсальный стимулятор фотосинтеза и дыхания, особенно необходим при недостаточной освещенности, хлорозе, вызванном дефицитом биодоступного железа и повреждением вредителями и болезнями. Содержит раствор хелатного железа не менее 75 г/л и азота — 40 г/л в виде мочевины [28].

Корень Супер (производитель: «Август», Россия) — регулятор роста растений, стимулятор корнеобразования саженцев и черенков плодовых, ягодных, декоративных культур для применения в личных подсобных хозяйствах. Действующее вещество препарата — 4-(индол-3-ил) масляная кислота [29].

В 1-й и 2-й годы роста саженцы пихты подвергали корневой подкормке стимулятором Циркон (производитель: «НЭСТ М», Россия) концентрацией раствора 1 мл / 10 л. В качестве контроля выступали саженцы, не обработанные препаратом. На 3-й год роста саженцы подкармливали стимуляторами НВ-101 (производитель: Flora Co LTD, Япония), Феровит (производитель: «НЭСТ М», Россия) и Корень Супер (производитель: «Август», Россия) в различных концентрациях растворов (табл. 1).

Контроль — саженцы, не подвергавшиеся какой-либо обработке. Повторность опытов трехкратная. В каждой повторности по 20 шт. растений. В течение периода вегетации саженцев проводился агротехнический уход, заключающийся в прополке, рыхлении почвы, регулярном поливе, корневой подкормке сеянцев растворами стимуляторов роста и их защите от болезней и вредителей. На 4-й год роста (после окончания периода вегетации) проводили замеры всех опытных растений по показателям высоты стволика, прироста по высоте, а также диаметра у корневой шейки.

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Experience scheme

Варианты опытов	Концентрации растворов	
Контроль (саженцы без обработки стимуляторами)		
Циркон + НВ-101	0,5 мл / 5 л	0,5 мл / 10 л
Циркон + Феровит	1,5 мл / 1,5 л	1,5 мл / 3 л
Циркон + Корень Супер	5 мл / 5 л	5 мл / 10 л

Таблица 2. Влияние корневой подкормки стимуляторами на рост четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)
Table 2. Influence of root top dressing with stimulants on the growth of four-year-old seedlings of Khingam fir (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.)

№ п/п	Вариант опыта	Высота, М ± m, см	Существенность различий (Т) (по формуле)	Прирост по высоте, см	Диаметр шейки корня, см
1	Контроль	33,3 ± 3,1		7,0 ± 1,0	1,2 ± 0,1
2	Циркон 1 мл / 10 л + НВ-101 0,5 мл / 5 л	34,6 ± 2,3	0,3 ≤ 3,0	7,8 ± 1,6	1,4 ± 0,1
3	Циркон 1 мл / 10 л + НВ-101 0,5 мл / 10 л	53,5 ± 3,3	4,5 ≥ 3,0	16,6 ± 5,1	2,0 ± 0,2
4	Циркон 1 мл / 10 л + Феровит 1,5 мл / 1,5 л	26,8 ± 4,3	1,2 ≤ 3,0	3,9 ± 0,8	1,1 ± 0,2
5	Циркон 1 мл / 10 л + Феровит 1,5 мл / 3 л	33,0 ± 4,6	0,1 ≤ 3,0	8,4 ± 2,0	1,2 ± 0,3
6	Циркон 1 мл / 10 л + Корень Супер 5 мл / 5 л	30,1 ± 4,4	0,3 ≤ 3,0	5,3 ± 1,6	1,2 ± 0,2
7	Циркон 1 мл / 10 л + Корень Супер 5 мл / 10 л	26,2 ± 3,0	1,7 ≤ 3,0	4,2 ± 1,0	0,9 ± 0,3

Результаты подвергали статистической обработке в программе Microsoft Excel 2007. Определение отличий от показателей контрольной группы проведено путем применения специальной формулы расчета существенности различий между двумя средними значениями. Достоверность различий между вариантами опытов и контролем по показателям высоты саженцев определяли также по критерию Фишера.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Выявлен положительный эффект совместного применения стимуляторов роста Циркон и НВ-101 на увеличение биометрических показателей четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной. Наиболее значительное влияние на высоту саженцев (60,7% выше контроля) оказало применение стимулятора НВ-101 в концентрации раствора 0,5 мл / 10 л, где она составила 53,5 см при 33,3 см в контрольных вариантах (табл. 2). Достоверность этих различий подтверждается формулой существенности различий ($T_{\text{факт.}} \geq T_{\text{табл.}}$), а также дисперсионным анализом, где расчетное значение критерия Фишера превышало табличное ($p = 7,45 > 4,23$). При корневой подкормке раствором более высокой концентрации (0,5 мл / 5 л) средняя высота составила 34,6 см, что также несколько выше, чем в контроле. Однако различия несущественны (табл. 2).

Напротив, при корневой подкормке препаратами Циркон + Феровит отмечалось снижение высоты стволиков по отношению к контролю на 9,9–19,5%, где она находилась в пределах 26,8–33,0 см (табл. 2).

Не повлияла на высоту растений и обработка стимуляторами Циркон и Корень Супер. Так, высота саженцев была ниже, чем контрольных, на 9,6–21,3%, составив 26,2–30,1 см (табл. 2).

Корневая подкормка стимуляторами Циркон + НВ-101 оказала положительный эффект на прирост по высоте, превысив показатели контрольной группы на 11,4–137,1%, составив 7,8–16,6 см, в то время как в контрольном варианте средний прирост по высоте — 7,0 см.

Установлено, что использование препарата НВ-101 в концентрации 0,5 мл / 10 л более эффективно, так как средний прирост был выше, чем в контроле, в 2,4 раза (табл. 2).

Совместное применение растворов препаратов Циркон и Феровит в более высокой концентрации (1,5 мл / 1,5 л) не оказало влияния на нарастание прироста по высоте, где он составил 3,9 см, однако при обработке саженцев стимулятором Феровит концентрацией 1,5 мл / 3 л наблюдалось превышение к контролю

на 20% (табл. 2). Низкие показатели прироста при применении Феровита концентрацией 1,5 мл / 1,5 л, возможно, связаны с повышенным содержанием в составе раствора препарата количества действующего вещества, что обусловило торможение роста.

При подкормке саженцев препаратами Циркон и Корень Супер положительного влияния на нарастание среднего прироста по высоте не отмечалось. Показатели снижались по отношению к контролю на 24,3–40% (табл. 2).

Отмечено положительное влияние корневой подкормки саженцев пихты стимуляторами Циркон и НВ-101 на увеличение диаметра у корневой шейки. При применении указанных препаратов диаметр у корневой шейки составлял 1,4–2,0 см, превысив контрольный вариант на 16,7–66,7% (табл. 2, рис. 1).

Положительный эффект корневой подкормки стимуляторами Циркон и НВ-101, вероятно, обусловлен содержанием в них набора жизненно необходимых элементов, которые выполняют важнейшие функции в растениях, участвуют в белковом, нуклеиновом, углеводном, фенольном обмене, в транспорте протеинов и углеводов, стимулируют фосфорилирование, а также другие процессы жизнедеятельности клеток, повышают активность ферментов, участвующих в окислительных-восстановительных реакциях.

При применении стимуляторов Циркон + Феровит и Циркон + Корень Супер средний диаметр у корневой шейки был на уровне с контролем либо наблюдалось его снижение на 8,3–25% (табл. 2).

Низкую эффективность препарата Корень Супер можно объяснить тем, что входящее в ее состав действующее вещество 4-(индол-3-ил) масляная кислота (ИМК) ауксин способствует, главным образом, увеличению придаточных корней растений, поэтому на саженцы, имеющие уже образованные корни, он не повлиял.

Выводы/Conclusion

Таким образом, в результате изучения эффективности корневой подкормки стимулятора Циркон в сочетании с препаратами НВ-101, Феровит и Корень

Рис. 1. Замер диаметра шейки корня у четырехлетнего саженца пихты почкочешуйной (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.), обработанного стимуляторами Циркон (1 мл / 10 л) + НВ-101 (0,5 мл / 10 л)

Fig. 1. Measurement of the diameter of root collar of a four-year-old seedling of Khingam fir (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.), treated with the growth stimulants Zircon (1 ml / 10 l) + HB-101 (0,5 ml / 10 l)



Супер на биометрические показатели четырехлетних саженцев пихты почкочешуйной установлено, что наиболее эффективным оказалось совместное применение стимулятора Циркон с препаратом НВ-101. Отмечено увеличение у растений высоты (по сравнению с контролем) на 3,9–60,7%, прироста по высоте — на 11,4–137,1%, а также диаметра у корневой шейки — на 16,7–66,7%. Обработка саженцев пихты препаратом НВ-101 в концентрации раствора 0,5 мл / 10 л оказывает значительный эффект.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author is responsible for the work and the submitted data.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания по теме № 121031000120-9 «Изучение и мониторинг наземных биологических ресурсов юга Дальнего Востока России». Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031000120-9).

FUNDING

The research was carried out within the state assignment on the topic No. 121031000120-9 «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 (theme No. 121031000120-9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск: Приамурские ведомости. 2009; 272. ISBN 978-5-8003-0248-6 <https://www.elibrary.ru/qksiwz>
2. Усенко Н.В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Хабаровск: Книжное издательство. 1969; 416.
3. Граскова И.А., Кузнецова Е.В., Живетьев М.А., Чекуров В.М., Войников В.К. Детекция влияния обработки аналогами препарата «Силк» растений картофеля в полевых условиях. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2009; 5(1–2): 38–44. <https://www.elibrary.ru/kpogbn>
4. Ефремова Ю.В. Биостимуляторы роста — ресурсосберегающий элемент земледелия. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (4): 86–91. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-04.10>
5. Ляшчева Л.В., Викторова И.А. Рост, развитие и урожайность моркови в зависимости от обработки семян растворами регуляторов роста и микроэлементов. *Вестник Томского государственного университета*. 2008; 311: 177–181. <https://elibrary.ru/jscroj>

REFERENCES

1. Usenko N.V. Trees, shrubs and lianas of the Far East. Khabarovsk: Priamurskie vedomosti. 2009; 272 (In Russian). ISBN 978-5-8003-0248-6 <https://www.elibrary.ru/qksiwz>
2. Usenko N.V. Trees, shrubs and lianas of the Far East. Khabarovsk: Book Publishing House. 1969; 416 (In Russian).
3. Graskova I.A., Kuznetsova E.V., Zhivetiev M.A., Chekurov V.M., Voinikov V.K. Effect of coniferous extract on potato plants. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2009; 5(1–2): 38–44 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kpogbn>
4. Efremova Yu.V. Biostimulators of growth are a resource-saving element of agriculture. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016; (4): 86–91 (In Russian). <https://doi.org/10.18551/rjoas.2016-04.10>
5. Lyashcheva L.V., Victorova I.A. The growth, evolution and yield of carrot depending on the wetting of seeds by solutions of growth regulators and trace elements. *Tomsk State University Journal*. 2008; 311: 177–181 (In Russian). <https://elibrary.ru/jscroj>

6. Неверова О.А., Егорова И.Н., Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р. Влияние гуминовых препаратов на процесс прорастания и активность амилазотических ферментов семян *Sinapis alba* L. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013; (6): 43–46. <https://elibrary.ru/qbuwvx>
7. Савченко О.М., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Влияние регуляторов роста на прорастание семян лука победного (*Allium victorialis* L.) и лука медвежьего (*Allium ursinum* L.). *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2010; (6): 61–66. <https://elibrary.ru/nbqkzj>
8. Barajas-Ledesma R.M., Stocker C.W., Wong V.N.L., Little K., Patti A.F., Garnier G. Biodegradation of a Nanocellulose Superabsorbent and Its Effect on the Growth of Spinach (*Spinacea oleracea*). *ACS Agricultural Science & Technology*. 2021; 2(1): 90–99. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.1c00178>
9. Fageria N.K., Moreira A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in Agronomy*. 2011; 110: 251–331. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>
10. Mahmoud N.E., Abdelhameed R.M. Postsynthetic Modification of Ti-Based Metal–Organic Frameworks with Polyamines and Its Behavior on Biochemical Constituents of *Sesamum indicum* L. under Heat Stress Conditions. *ACS Agricultural Science & Technology*. 2022; 2(5): 1023–1041. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.2c00169>
11. Агеев А.А., Хохлик К.А., Салцевич Ю.В. Влияние биостимуляторов на показатели всхожести семян *Picea obovata*. *Actualscience*. 2017; 3(2): 9–10. <https://elibrary.ru/xybkfb>
12. Бакшеева Е.А. Способы подготовки семян хвойных пород к посеву. *Научные труды студентов Ижевской ГСХА*. 2022; (1): 370–373. <https://elibrary.ru/riaftit>
13. Бродников С.Н. Влияние стимуляторов роста на посевные качества семян хвойных пород. *Инженерные кадры — будущее инновационной экономики России*. 2017; (2): 32, 33. <https://elibrary.ru/ykzckk>
14. Кabanova S.A., Danchenko M.A., Kochegarov I.S., Kabanov A.N. Опыт интенсивного выращивания однолетних сеянцев сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2019; (6): 104–117. <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.104>
15. Кириенко М.А., Гончарова И.А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов Средней Сибири. *Сибирский лесной журнал*. 2016; (1): 39–45. <https://doi.org/10.15372/SJFS20160104>
16. Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н. Грунтовая всхожесть семян ели Шренка при интродукции в Нижегородскую область. *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2020; 58: 97–100. <https://elibrary.ru/qephrp>
17. Острошенко В.В., Острошенко Л.Ю., Острошенко В.Ю. Влияние корневой подкормки стимуляторами роста одно-двухлетних сеянцев пихты почкочешуйной на их дальнейший рост. *Вестник КрасГАУ*. 2015; (10): 160–167. <https://elibrary.ru/ulxdbl>
18. Острошенко В.Ю. Эффективность применения стимуляторов роста Крезацин и Циркон на посевные качества семян и биометрические показатели проростков пихты почкочешуйной (*Abies nephrolepis*). *Комаровские чтения*. 2021; 69: 108–116. <https://elibrary.ru/ezdtqc>
19. Пентелькина Н.В., Пентелькина Ю.С. Стимулирующее действие циркона на рост сеянцев хвойных интродуцентов. *Лесной вестник*. 2002; (2): 24–28. <https://elibrary.ru/hvsvdf>
20. Пентелькина Ю.С. Использование стимуляторов роста при выращивании ценного интродуцента. *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2005; 10: 121–125. <https://elibrary.ru/uaacah>
21. Резвякова С.В., Гуринов А.Г., Резвякова Е.С. Размножение хвойных пород зелеными черенками с использованием новых биопрепаратов. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2017; (2): 9–14. <https://elibrary.ru/ymvqvz>
22. Салцевич Ю.В., Буряк Л.В., Агеев А.А. Динамика роста опытных лесных культур ели сибирской. *Реализация Стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 года в новых реалиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Иркутск: Издательский дом БГУ. 2023; 127–134. <https://elibrary.ru/wuocxv>
23. Устинова Т.С. Влияние биостимулятора НВ-101 на рост сеянцев сосны обыкновенной. *Актуальные проблемы развития лесного комплекса и ландшафтной архитектуры. Материалы Международной научно-практической конференции*. Брянск. 2016; 316–321. <https://elibrary.ru/yjyrgt>
24. Чукарина А.В. Регуляторы роста и агрохимикаты, их роль при выращивании посадочного материала для искусственных лесов Ростовской области. *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2014; 39: 99–102. <https://elibrary.ru/szbaff>
25. Kuneš I., Baláš M., Linda R., Gallo J., Nováková O. Effects of brassinosteroid application on seed germination of Norway spruce, Scots pine, Douglas fir and English oak. *iForest — Biogeosciences and Forestry*. 2016; 10(1): 121–127. <https://doi.org/10.3832/for1578-009>
26. Ostroshenko V.Yu. The application efficiency of growth stimulant Ecopin on sowing qualities of Scots pine seeds (*Pinus sylvestris* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2019; 12(5): 285–293.
6. Neverova O.A., Yegorova I.N., Zhrebtsov S.I., Ismagilov Z.R. Effect of humic formulations on germination process and amylolytic enzymes activity of *Sinapis alba* L. seeds. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013; (6): 43–46 (In Russian). <https://elibrary.ru/qbuwvx>
7. Savchenko O.M., Malankina E.L., Kozlovskaya L.N. Influence of growth regulators on the germination of seeds of victorious onion (*Allium victorialis* L.) and bear's onion (*Allium ursinum* L.). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2010; (6): 61–66 (In Russian). <https://elibrary.ru/nbqkzj>
8. Barajas-Ledesma R.M., Stocker C.W., Wong V.N.L., Little K., Patti A.F., Garnier G. Biodegradation of a Nanocellulose Superabsorbent and Its Effect on the Growth of Spinach (*Spinacea oleracea*). *ACS Agricultural Science & Technology*. 2021; 2(1): 90–99. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.1c00178>
9. Fageria N.K., Moreira A. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advances in Agronomy*. 2011; 110: 251–331. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385531-2.00004-9>
10. Mahmoud N.E., Abdelhameed R.M. Postsynthetic Modification of Ti-Based Metal–Organic Frameworks with Polyamines and Its Behavior on Biochemical Constituents of *Sesamum indicum* L. under Heat Stress Conditions. *ACS Agricultural Science & Technology*. 2022; 2(5): 1023–1041. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.2c00169>
11. Ageev A.A., Hohlik K.A., Salzevich Yu.V. The influence of biostimulants on the performance of seed germination *Picea obovata*. *Actualscience*. 2017; 3(2): 9–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/xybkfb>
12. Baksheeva E.A. The ways of coniferous seeds preparing for sowing. *Nauchnye trudy studentov Izhevskoy GSKhA*. 2022; (1): 370–373 (In Russian). <https://elibrary.ru/riaftit>
13. Brodnikov S.N. Effect of growth stimulants on sowing qualities of coniferous seeds. *Inzhenernye kadry — budushchee innovatsionnoy ekonomiki Rossii*. 2017; (2): 32, 33 (In Russian). <https://elibrary.ru/ykzckk>
14. 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. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry Journal*. 2019; (6): 104–117 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.6.104>
15. 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). <https://doi.org/10.15372/SJFS20160104>
16. Kulkova A.V., Besschetnova N.N. Ground germination of Shrenka spruce seeds during introduction to the Nizhny Novgorod region. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2020; 58: 97–100 (In Russian). <https://elibrary.ru/qephrp>
17. 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. *Bulletin of KSAU*. 2015; (10): 160–167 (In Russian). <https://elibrary.ru/ulxdbl>
18. Ostroshenko V.Yu. Efficiency of use Crezacin and Zircon growth stimulants on sowing qualities of seeds and biometric parameters of sprouts of Khingam fir (*Abies nephrolepis*). *V.L. Komarov Memorial Lectures*. 2021; 69: 108–116 (In Russian). <https://elibrary.ru/ezdtqc>
19. Pentelkina N.V., Pentelkina Yu.S. Stimulating effect of zircon on the growth of seedlings of coniferous introducents. *Forestry bulletin*. 2002; (2): 24–28 (In Russian). <https://elibrary.ru/hvsvdf>
20. Pentelkina Yu.S. The use of growth stimulants in the cultivation of a valuable introduct. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2005; 10: 121–125 (In Russian). <https://elibrary.ru/uaacah>
21. Rezvyakova S.V., Gurin A.G., Rezvyakova E.S. Reproduction of conifers green cuttings with the use of new biological products. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017; (2): 9–14 (In Russian). <https://elibrary.ru/ymvqvz>
22. Saltsevich Yu.V., Buryak L.V., Ageev A.A. Dynamics of growth of experimental forest crops of Siberian spruce. *Implementation of the Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation until 2030 in the new realities. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. Irkutsk: Baikal State University. 2023; 127–134 (In Russian). <https://elibrary.ru/wuocxv>
23. Ustinova T.S. Influence of the biostimulator HB-101 on the growth of Scotch pine seedlings. *Actual problems of the development of the forest complex and landscape architecture. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Bryansk. 2016; 316–321 (In Russian). <https://elibrary.ru/yjyrgt>
24. Chukarina A.V. Plant growth regulators and agrochemicals, their role in growing planting material for artificial forest of the Rostov region. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2014; 39: 99–102 (In Russian). <https://elibrary.ru/szbaff>
25. Kuneš I., Baláš M., Linda R., Gallo J., Nováková O. Effects of brassinosteroid application on seed germination of Norway spruce, Scots pine, Douglas fir and English oak. *iForest — Biogeosciences and Forestry*. 2016; 10(1): 121–127. <https://doi.org/10.3832/for1578-009>
26. Ostroshenko V.Yu. The application efficiency of growth stimulant Ecopin on sowing qualities of Scots pine seeds (*Pinus sylvestris* L.). *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2019; 12(5): 285–293.

27. Ostroshenko V., Ostroshenko L. Efficiency of the Application of Growth Stimulants Ribav-Extra and Zircon in the Germination of Manchurian Fir (*Abies Holophylla* Maxim.) Muratov A., Ignateva S. (eds.). Seeds. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer. 2022; 353: 637–647. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_71

28. 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/wczxzf>

29. Усова К.А., Белопухов С.Л., Шайхиев И.Г. Экологически безопасные высокоэффективные регуляторы роста растений для цветочно-декоративных культур (обзор российской литературы). *Вестник технологического университета*. 2016; 19(21): 193–198. <https://elibrary.ru/xccckhz>

27. Ostroshenko V., Ostroshenko L. Efficiency of the Application of Growth Stimulants Ribav-Extra and Zircon in the Germination of Manchurian Fir (*Abies Holophylla* Maxim.) Muratov A., Ignateva S. (eds.). Seeds. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021). Lecture Notes in Networks and Systems*. Cham: Springer. 2022; 353: 637–647. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_71

28. 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. Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with international participation*. Kirov: Raduga-PRESS. 2016; 1: 275, 276 (In Russian). <https://elibrary.ru/wczxzf>

29. Usova K.A., Belopukhov S.L., Shaikhiev I.G. Environmentally safe, highly effective plant growth regulators for flower and ornamental crops (review of Russian literature). *Herald of Technological University*. 2016; 19(21): 193–198 (In Russian). <https://elibrary.ru/xccckhz>

ОБ АВТОРЕ

Валентина Юрьевна Острошенко,
кандидат сельскохозяйственных наук
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Федеральный научный центр биоразнообразия
наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного
отделения Российской академии наук,
пр-т 100-летия Владивостока, 159, Владивосток,
690022, Россия

ABOUT THE AUTHOR

Valentina Yurevna Ostroshenko,
Candidate of Agricultural Sciences
OstroshenkoV@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1970-9293>

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial
Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy
of Sciences,
159 Avenue of the 100th Anniversary of Vladivostok, Vladivostok,
690022, Russia



ПЛОДЫ И ОВОЩИ
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ФОРУМЕ

В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ФОРУМ-ВЫСТАВКА ПЛОДЫ И ОВОЩИ РОССИИ 2023

26-27 ОКТЯБРЯ 2023 г. / СОЧИ

АГРО БИЗНЕС

Организатор форума

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ:

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

АУДИТОРИЯ ФОРУМА

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

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

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

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



Е.В. Шищенко, ✉
Е.Н. Барсукова,
И.В. Ким,
О.А. Собко,
А.С. Чибизова

Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ chagovec75@mail.ru

Поступила в редакцию:
26.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Elena V. Shishchenko, ✉
Elena N. Barsukova,
Irina V. Kim,
Olga A. Sobko,
Alena S. Chibizova

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ chagovec75@mail.ru

Received by the editorial office:
26.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Оздоровление перспективных сортов картофеля с применением комбинированной терапии в культуре *in vitro*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. На Дальнем Востоке распространение вирусной инфекции на картофеле отмечается в большинстве областей и краев региона, этому способствуют специфические погодные условия, изобилие различных насекомых-переносчиков. Освобождение семенного картофеля от вирусной инфекции и сохранение высокопродуктивных качеств сортов обеспечиваются соблюдением выполнения необходимых этапов системы современного семеноводства, в том числе процесса оздоровления. В ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» наряду с созданием новых генотипов ведется их освобождение от вирусной инфекции. В 2022–2023 гг. с целью повышения эффективности оздоровления и получения исходного материала нового перспективного сорта картофеля Посейдон была разработана и применена антивирусная термохимиотерапия.

Методы. В качестве объекта исследования использован перспективный сорт картофеля Посейдон (Ручеек × Gala), созданный селекционерами ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки». Листовые пробы селекционных образцов картофеля проверяли на присутствие вирусов PVX, PVY, PVA, PVS, PVM и PLRV методом иммуноферментного анализа. Проростки исходных клубней и микрорастения на скрытую зараженность вирусами тестировали методом ПЦР-анализа RQ/Ct.

Результаты. В результате ПЦР-анализа растений картофеля со смешанной вирусной инфекцией (PVY, PVS, PVM, PLRV) установлено, что проведение комбинированной термохимиотерапии общей продолжительностью 150 дней, включающей три последовательных цикла выращивания *in vitro* растений на среде Мурасиге и Скуга (MS) с рибавирином (30 мг/л) при температуре 38 °C в течение 14 дней, обеспечивает эффективность применяемого метода.

Ключевые слова: картофель, сорт, оздоровление, вирусы, ПЦР, микрочлон, *in vitro*

Для цитирования: Шищенко Е.В., Барсукова Е.Н., Ким И.В., Собко О.А., Чибизова А.С. Оздоровление перспективных сортов картофеля с применением комбинированной терапии в культуре *in vitro*. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 116–119. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-116-119>

© Шищенко Е.В., Барсукова Е.Н., Ким И.В., Собко О.А., Чибизова А.С.

Virus elimination in promising potato varieties with the use of a combined therapy *in vitro*

ABSTRACT

Relevance. Viral infection is detected in most of the territories in the Russian Far East due to specific weather conditions and the abundance of insect-vectors. Eliminating viruses in seed potatoes and preserving the reproductive qualities of potato varieties can be achieved by the system of modern seed production, which consists of several essential steps. In FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika» creates new potato genotypes and eliminates viral infection in already existing ones. An anti-viral thermochemotherapy was developed in 2022–2023 to increase the efficacy of virus elimination and obtain virus-free material of a new promising potato variety Poseidon.

Methods. New promising potato variety Poseidon (Rucheyok × Gala) created at FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika» was used as the research object. Leaves of the breeding accession from the nursery of comparative variety testing were tested for potato viruses PVX, PVY, PVA, PVS, PVM, and PLRV by enzyme immunoassay. Sprouts of initial tubers and plantlets were tested for latent infection by the PCR method.

Results. The combined thermochemotherapy was utilized for 150 days, including three consecutive cycles of plant growth *in vitro* on MS media with ribavirin (30 mg/l) at 38 °C for 14 days. The performed PCR analysis of potato plants with a mixed viral infection (PVY, PVS, PVM, and PLRV) established that this method for virus elimination was effective.

Key words: potato, variety, virus elimination, viruses, PCR, *in vitro*

For citation: Shishchenko E.V., Barsukova E.N., Kim I.V., Sobko O.A., Chibizova A.S. Virus elimination in promising potato varieties with the use of a combined therapy *in vitro*. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 116–119 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-116-119>

© Shishchenko E.V., Barsukova E.N., Kim I.V., Sobko O.A., Chibizova A.S.

Введение/Introduction

Современный картофель (*S. tuberosum* ssp. *tuberosum* L.) представляет собой тетраплоид, полученный путем продолжительной селекции интродуцированного в Европе культивируемого картофеля *Andigena* (*S. tuberosum* ssp. *andigena*). Одну из наиболее серьезных угроз для сельского хозяйства и экономики в целом (как в России, так и за рубежом) представляют фитовирусы. Урожайность и качество картофеля зависят от степени его зараженности патогенами, включая бактерии, грибы, вирусы и вириды. Вирусная инфекция способна наносить этой продовольственной культуре значительный ущерб [1].

В результате многолетней селекционной работы созданные сорта картофеля являются носителями фитопатогенов в латентной форме, которые передаются клоновому потомству. Освобождение семенного материала от вирусных инфекций и сохранение высокопродуктивных качеств новых сортов обеспечиваются соблюдением системы безвирусного семеноводства картофеля. Реализация утвержденной Правительством России Подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» предусматривает повышение урожайности картофеля за счет создания и быстрого продвижения новых высокопродуктивных сортов в производство на основе современных технологий выращивания качественного семенного материала [2, 3].

Производство семенного картофеля в России регламентировано ГОСТ 33996–2016¹ и ГОСТ Р 59551–2021², которые предусматривают технические условия получения и воспроизводства посадочного материала картофеля и применение методов диагностики фитопатогенов картофеля. В данных нормативных документах отмечается, что семенной картофель должен быть свободен от:

- вируса скручивания листьев картофеля, ВСЛК (*potato leaf roll virus*, PLRV);
- Y вируса картофеля, YBK (*Potato virus Y*, PVY);
- X вируса картофеля, XBK (*Potato virus X*, PVX);
- S вируса картофеля, SBK (*Potato virus S*, PVS);
- M вируса картофеля, MBK (*Potato virus M*, PVM).

Для получения достаточного количества качественного семенного материала картофеля, свободного от вирусов, существуют способы оздоровления с применением различных биотехнологических методов элиминации вирусов в культуре *in vitro*, которые непрерывно совершенствуются исследователями. Культура меристем используется отдельно или в сочетании с термо-, электро-, крио- и химиотерапией [4–11]. Сотрудниками ФГБНУ «ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха» (Красково, Московская обл., Россия) разработан новый способ оздоровления сортов картофеля, основанный на применении термотерапии микрорастений с последующим вычлениением из них меристем, который существенно сокращает время на проведение работ по оздоровлению и обеспечивает круглогодичный выход здорового *in vitro* материала [12, 13].

Элиминация вируса картофеля в значительной степени зависит от сорта картофеля, противовирусных средств, типа вируса, продолжительности термической обработки [14]. Приемы противовирусной терапии

неодинаковы по эффективности, а в ряде случаев одни и те же подходы в разных лабораториях дают противоречивые результаты.

Таким образом, разработка способов оздоровления растений картофеля от вирусных инфекций остается крайне актуальной.

Цель исследования — разработать эффективную схему комплексной противовирусной термохимиотерапии оздоровления растений картофеля от вирусной инфекции *in vitro* с использованием в безвирусном семеноводстве.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве объекта исследования был взят перспективный сорт картофеля Посейдон (селекционный № При-14-36-3), полученный в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Уссурийск, Приморский край, Россия). Полевые растения из питомника конкурсного испытания в количестве 20 шт. анализировали на присутствие вирусов PVX, PVY, PVA, PVS, PVM и PLRV методом иммуноферментного анализа³ в испытательной лаборатории диагностики болезней картофеля, уполномоченной в Системе добровольной сертификации «Россельхозцентр»⁴. Проростки исходных клубней и микрорастения на скрытую зараженность вирусами тестировали методом RT-PCR⁵. Тотальную РНК выделяли коммерческими наборами для нуклеиновых кислот из растительного материала «ФитоСорб» (ООО «НПК «Синтол», Россия) с использованием магнитных частиц на автоматической станции выделения KingFisher Duo Prime (Thermo Fisher Scientific, Сингапур). Эффективность выделения определяли методом электрофореза в 1%-ном агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей визуализацией облучением ультрафиолетом в геледокументирующей системе GelDoc Go (BioRad, USA). Наличие/отсутствие фитовирусов в пробах проводили одношаговой ОТ-ПЦР с флуоресцентной детекцией в реальном времени в амплификаторе Applied Biosystems QuantStudio 5 RealTime PCR Instrument (Thermo Fisher Scientific, Сингапур) с использованием коммерческих наборов серии «Фито-скрин» Potato Virus X. Y. M. L. S. A — PB (ООО «НПК «Синтол», Россия), предназначенных для выявления вирусов PVX, PVY, PVM, PLRV, PVS, PVA⁶.

В процессе оздоровления совмещали метод культуры ткани с комбинированной противовирусной термохимиотерапией микрорастений, применяя противовирусный препарат рибавирин (30 мг/л). В культуру *in vitro* изолировали верхушечные (апексы) и пазушные почки крупного (2–4 мм) размера, взятые от клубней с наименьшей вирусной нагрузкой. Для введения в культуру использовали этиолированные ростки. Первичные экспланты культивировали на питательной среде с минеральной основой по Мурасиге и Скугу (MS)⁷ модифицированного состава (мг/л): тиамин — 0,5, пиридоксин — 0,5, аскорбиновая кислота — 0,5, гидролизат казеина — 50, мезоинозит — 80, сахара — 20 000, агар — 6000, рибавирин — 30.

¹ ГОСТ 33996–2016 Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества. М.: Стандартинформ. 2017; 31.

² ГОСТ Р 59551–2021 Картофель семенной. Отбор проб и методы диагностики фитопатогенов. М.: Стандартинформ. 2021; 19.

³ Жевора С.В. и др. Передовые методы диагностики патогенов картофеля. М.: Росинформагротех. 2019; 92.

⁴ <https://rosselkhozcenter.ru/sistema-dobrovolnoy-sertifikatsii-rosselkhoztsentr/>

⁵ Real-time PCR, qPCR, qRT-PCR) — метод, основанный на методе полимеразной цепной реакции, используется для одновременной амплификации и измерения количества данной молекулы ДНК.

⁶ Kim I.V. et al. Methods of biotechnology in the improvement of promising potato hybrids (*Solanum tuberosum* L.). Research on Crops. 2021; 22 (Special Is): 96–99. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.023>

⁷ Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 1962; 15(13): 473–497.

Культивирование пробирок с эксплантами проводили в климатической камере MLR-352H (Sanyo, Япония) при температуре плюс $23 \pm 1^\circ\text{C}$, освещенности 4 клк, световом дне 16 ч., влажности воздуха 60–70%. Микроклоны картофеля выращивали в культуральной комнате на фитостеллажах со светодиодным освещением серии X-bright Fito (ООО «ЭЛСИС БелГУ», Россия) и фитостеллажах с люминесцентными лампами белого света в сочетании с фитолампами (ООО «АВТех», Россия) при освещенности 4,5–5 клк, температуре плюс $22 \pm 3^\circ\text{C}$, 16-часовом световом дне, влажности воздуха 60–70%.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате диагностики 20 растений сорта картофеля Посейдон, находящихся в питомнике конкурсного сортоиспытания, методом ИФА выявлены и отобраны три клона с наименьшей вирусной нагрузкой (№ 2, 3, 10). Данные образцы содержали комплекс вирусов PVY, PVS, PVM и PLRV, при этом установлено отсутствие вирусов PVX и PVA (табл. 1).

В связи с этим, в процедуру по оздоровлению в культуре *in vitro* были взяты три ранее отобранных клона, которые отличились минимальным содержанием вирусов. Далее асептические экспланты трех клонов картофеля (№ 2, 3, 10) изолировали в культуру *in vitro* на питательную среду с антивирусным препаратом рибавирин в концентрации 30 мг/л.

Комбинированная терапия включала три этапа общей продолжительностью 150 дней, на каждом из которых экспланты и микропобеги картофеля пассировали на питательную среду MS с рибавирином (30 мг/л):

1-й этап — введение и культивирование первичных эксплантов на питательной среде MS с добавлением рибавирина (30 мг/л) при $23 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 50 дней;

2-й этап состоял из нескольких последовательных циклов:

- пассирование микропобегов на питательную среду с рибавирином (30 мг/л) и культивирование в течение 36 дней при $23 \pm 1^\circ\text{C}$;
- культивирование микропобегов в климатической камере с последовательным повышением температуры с 23 до 38°C и выдерживание в течение 14 дней при 38°C ;
- культивирование микропобегов при $23 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 10 дней;

3-й этап — черенкование и культивирование микро-растений на среде MS с добавлением рибавирина (30 мг/л) при $23 \pm 1^\circ\text{C}$ в течение 30 дней.

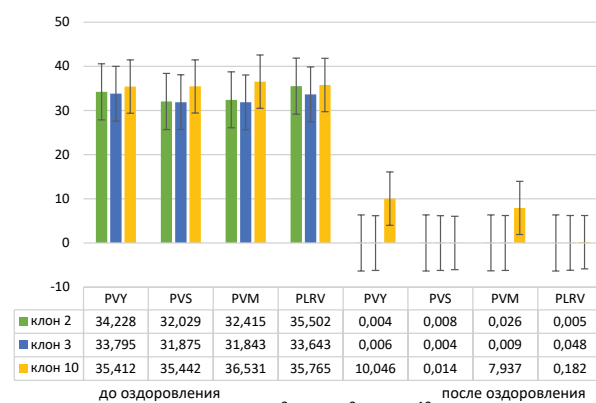
В процессе выполнения работы проводили ПЦР-диагностику растительного материала на наличие вирусов. Микропобеги картофеля с полным отсутствием

Таблица 1. Исходная зараженность клубней картофеля сорта Посейдон вирусной инфекцией
Table 1. Starting degree of the damage caused to potato tubers of variety Poseidon by the viral infection

№ клона	Наличие вирусной инфекции					
	PVX	PVA	PVY	PVS	PVM	PLRV
2	–	–	+	+	+	+
3	–	–	+	+	+	+
10	–	–	+	+	+	+

Примечание: (–) Вирус не обнаружен, (+) вирус обнаружен.

Рис. 1. Эффективность применения термохимиотерапии на образцах картофеля сорта Посейдон
Fig. 1. Efficacy of the new thermochemotherapy for potato variety Poseidon



вирусной инфекции после проведения антивирусной термохимиотерапии удалось получить только для двух клонов (№ 2, 3). Полная элиминация вирусов PVS и PLRV и частичная элиминация PVY и PVM были отмечены для клона № 10 (рис. 1).

Выводы/Conclusion

Для получения оздоровленных растений перспективного сорта картофеля Посейдон и ингибирования комплексной инфекции вирусов PVY, PVS, PVM, PLRV разработана эффективная схема комплексной термохимиотерапии общей продолжительностью 150 дней, включающая три последовательных цикла выращивания *in vitro* растений на среде Мурасиге и Скуга (MS) с рибавирином (30 мг/л) при одновременном воздействии повышенной температуры (38°C) на микропобеги картофеля в течение 14 дней. В результате проведенных работ, применив разработанную схему, получены оздоровленные растения картофеля сорта Посейдон, которые включены в процесс безвирусного семеноводства ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

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 проведена в рамках научных исследований гранта Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 122041400009-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макарова С.С., Макаров В.В., Тальянский М.Э., Калинина Н.О. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017; 21(1): 62–73. <https://doi.org/10.18699/VJ17.224>
2. Симаков Е.А. и др. Актуальные направления развития селекции и семеноводства картофеля в России. *Картофель и овощи*. 2020; (12): 22–26. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.49.70.005>

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 research was conducted under the funding program of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the subject No 122041400009-1.

REFERENCES

1. Makarova S.S., Makarov V.V., Talyanskiy M.E., Kalinina N.O. Resistance to viruses of potato: current status and prospects. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017; 21(1): 62–73 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ17.224>
2. Simakov E.A. et al. Current trends in the development of potato breeding and seed production in Russia. *Potato and Vegetable*. 2020; (12): 22–26 (In Russian). <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.49.70.005>

3. Kim I.V., Shishchenko E.V., Fisenko P.V., Chibizova A.S., Klykov A.G. Применение методов биотехнологии в безвирусном семеноводстве картофеля. *Овощи России*. 2022; (5): 29–34. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-29-34>
4. Беспалова Е.С., Агаханов М.М., Архимандритова С.Б., Ерастенкова М.В., Ухатова Ю.В. Оздоровление сортов картофеля из коллекции ВИР от вирусов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020; 181(4): 164–172. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-164-172>
5. Куликова В.И., Ходаева В.П., Гантимурова А.Н., Лапшинов Н.А., Исачкова О.А. Оздоровление перспективных гибридов картофеля методом химиотерапии в культуре *in vitro*. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019; (1-2): 14–18. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.79.1.031>
6. Куликова В.И., Ходаева В.П., Лапшинов Н.А. Оценка различных способов оздоровления перспективных сортов и гибридов картофеля. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020; 50(4): 23–31. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-4-3>
7. Яловик А.В., Федорова Ю.Н., Яловик Л.И. Эффективность действия химиотерапии на растениях картофеля в условиях *in vitro*. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019; (10): 28–33. <https://www.elibrary.ru/swvplp>
8. Юрьева Н.О., Воронкова Е.В., Терешонков Д.В., Мелешин А.А., Мелешина О.В., Беляев Д.В. Введение в асептическую культуру дигаметоидов картофеля с использованием адвентивных побегов и химиотерапии. *Защита картофеля*. 2017; (2): 23–27. <https://elibrary.ru/vusbjj>
9. Dhital S.P., Sakha B.M., Lim H.T. Utilization of Shoot Cuttings for Elimination of PLRV and PVY by Thermotherapy and Chemotherapy from Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Nepal Journal of Science and Technology*. 2006; 7: 1–6.
10. Максимов И.В., Сорочань А.В., Шейн М.Ю., Хайруллин Р.М. Биологические методы защиты растений от вирусов: проблемы и перспективы (обзор). *Прикладная биохимия и микробиология*. 2020; 56(6): 536–550. <https://doi.org/10.31857/S0555109920060100>
11. Антонова О.Ю. и др. Оздоровление микропобегов трех культурных видов картофеля (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk. и *S. stenotomum* Juz. & Buk.) от вирусов методом комбинированной термохимиотерапии. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(1): 95–104. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.95rus>
12. Овэс Е.В., Гаитова Н.А. Новые элементы технологии оздоровления и получения базовых клонов перспективных сортов и гибридов картофеля. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(11): 60–62. <https://elibrary.ru/vifsvu>
13. Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Бойко В.В., Фенина Н.А., Колесова О.С. Оздоровление сортов картофеля с применением термотерапии микропобегов. *Картофельное хозяйство: история развития и результаты научных исследований. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИХХ. М.: ВНИИХХ*. 2015; 143–148. <https://elibrary.ru/yswuff>
14. Gong H., Igraneza C., Dusengetungu L. Major In Vitro Techniques for Potato Virus Elimination and Post Eradication Detection Methods. A Review. *American Journal of Potato Research*. 2019; 96(5): 379–389. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09720-z>
3. Kim I.V., Shishchenko E.V., Fisenko P.V., Chibizova A.S., Klykov A.G. Biotechnology methods in virus-free potato seed production. *Vegetable crops of Russia*. 2022; (5): 29–34 (In Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-29-34>
4. Bespalova E.S., Agakhanov M.M., Arkhimandritova S.B., Erastenkova M.V., Uhatova Yu.V. Sanitization of potato varieties from the VIR collection against viruses. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(4): 164–172 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-164-172>
5. Kulikova V.I., Khodaeva V.P., Gantimurova A.N., Lapshinov N.A., Isachkova O.A. Improvement of perspective hybrids of potatoes by chemotherapy method in culture *in vitro*. *International Research Journal*. 2019; (1-2): 14–18 (In Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.79.1.031>
6. Kulikova V.I., Khodaeva V.P., Lapshinov N.A. Assessment of different ways of improving promising potato varieties and hybrids. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020; 50(4): 23–31 (In Russian). <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-4-3>
7. Yalovik A.V., Fedorova Yu.N., Yalovik L.I. The effect of chemotherapy method effect on *in vitro* potato plants. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2019; (10): 28–33 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/swvplp>
8. Yurieva N.O., Voronkova E.V., Tereshonok D.V., Meleshin A.A., Meleshina O.V., Belyaev D.V. Potato dihaploid introduction into aseptic culture using adventive shoots and chemotherapy. *Zashchita kartofelya*. 2017; (2): 23–27 (In Russian). <https://elibrary.ru/vusbjj>
9. Dhital S.P., Sakha B.M., Lim H.T. Utilization of Shoot Cuttings for Elimination of PLRV and PVY by Thermotherapy and Chemotherapy from Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Nepal Journal of Science and Technology*. 2006; 7: 1–6.
10. Maksimov I.V., Sorokan A.V., Shein M.Yu., Khairullin R.M. Biological methods of plant protection against viruses: problems and prospects. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2020; 56(6): 536–550. <https://doi.org/10.1134/S0003683820060101>
11. Antonova O.Yu. et al. Eradication of viruses in microplants of three cultivated potato species (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk., *S. stenotomum* Juz. & Buk.) using combined thermochemotherapy method. *Agricultural Biology*. 2017; 52(1): 95–104 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.95rus>
12. Oves E.V., Gaitova N.A. New elements in technology of improvement and obtaining of basic potato clones of promising cultivars and hybrids. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016; 30(11): 60–62 (In Russian). <https://elibrary.ru/vifsvu>
13. Oves E.V., Gaitova N.A., Boiko V.V., Fenina N.A., Kolesova O.S. Eliminating potato viruses using thermotherapy treatment for plantlets. *Potato production: history and research results. Collection of scientific papers of the International scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of Potato Research Institute*. Moscow: Potato Research Institute. 2015; 143–148 (In Russian). <https://elibrary.ru/yswuff>
14. Gong H., Igraneza C., Dusengetungu L. Major In Vitro Techniques for Potato Virus Elimination and Post Eradication Detection Methods. A Review. *American Journal of Potato Research*. 2019; 96(5): 379–389. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09720-z>

ОБ АВТОРАХ

Елена Васильевна Шищенко,

младший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии
chagovec75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1204-0515>

Елена Николаевна Барсукова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии
enbar9@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>

Ирина Вячеславовна Ким,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела картофелеводства
kimira-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Ольга Абдулалиевна Собко,

аспирант, научный сотрудник лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур
o.eyvazova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>

Алена Сергеевна Чибизова,

младший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии
chibizova1991@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2160-5589>

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30, пос. Тимирязевский, Уссурийск, Приморский край, 692539, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Elena Vasilevna Shishchenko,

Junior Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology
chagovec75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1204-0515>

Elena Nikolaevna Barsukova,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology
enbar9@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7880-252X>

Irina Vyacheslavovna Kim,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, the Department of Potato Breeding and Horticulture
kimira-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Olga Abdulalievna Sobko,

Postgraduate Student, Researcher at the Laboratory of Breeding and Genetic Research of Field Crops
o.eyvazova@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>

Alena Sergeevna Chibizova,

Junior Researcher at the Laboratory of Agricultural Biotechnology
chibizova1991@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2160-5589>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika,
30 Volozhenin Str., village Timiryazevsky, Ussuriysk, Primorsky krai, 692539, Russia

И.В. Ким, ✉

А.Г. Клыков

Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ kimira-80@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Irina V. Kim, ✉
Aleksy G. Klykov

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ kimira-80@mail.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Лежкоспособность сортов картофеля различных групп спелости в условиях юга Дальнего Востока

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Важнейшими показателями, характеризующими столовые сорта картофеля для длительного хранения при использовании в свежем виде, являются сохранение тургора и отсутствие прорастания клубней при температуре 4–5 °С в течение 7–8 месяцев. В основе данной способности лежит биологическое свойство клубней находиться после уборки более или менее продолжительный период в состоянии глубокого физиологического покоя. В ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» наряду с комплексной оценкой сортов картофеля изучается их лежкоспособность.

Цель исследований — изучить сортообразцы биоресурсной коллекции картофеля на способность сохранять клубни в условиях длительного хранения и выделить ценные сорта для селекции.

Методы. Исследования проводились в 2001–2022 гг. Объект исследований — сортообразцы биоресурсной коллекции картофеля ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», состоящей из 825 генотипов.

Результаты. Установлено, что наибольшее количество образцов с хорошей лежкостью относятся к среднеспелой, среднепоздней и поздней группам созревания. К концу хранения абсолютной гнили в изученных образцах отмечено в пределах 0,1–0,2%. Естественная убыль составила 2,8–8,8%. С максимальным выходом полноценного картофеля выделены сорта Алиса (93,1%), Евгения (93,0%), Ильинский (94,6%), Казачок (93,3%), Красная горка (94,6%), Лазарь (93,5%), Легенда (93,4%), Радославия (94,5%), Ручеек (93,1%), Скарб (94,2%), Спарта (94,6%), Спиридон (94,0%), Anosta (93,3%), Brage (93,5%), Costella (95,3%), Hermes (94,6%), Frila (94,4%), Ibis (93,2%), которые рекомендуются для селекции как источники хорошей лежкоспособности.

Ключевые слова: картофель, сорт, селекция, лежкоспособность, период покоя клубней

Для цитирования: Ким И.В., Клыков А.Г. Лежкоспособность сортов картофеля различных групп спелости в условиях юга Дальнего Востока. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 120–125. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-120-125>

© Ким И.В., Клыков А.Г.

The storability of potato varieties from different maturity groups under the conditions of the south of the Far East

ABSTRACT

Relevance. Preserving turgor pressure and preventing the sprouting of fresh tubers at 4–5 °C for 7–8 month are the most important parameters characterizing the quality of potato varieties during long-term storage. The ability of potato tubers to remain in a dormant state for a prolonged period after the harvest is the basis of their storability. FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika» not only conducts a complex evaluation of potato varieties but also studies their storability. The research goal was to study the genepool of the potato germplasm collection for the ability of tubers to be stored under natural conditions with a long period of dormancy and to identify the most valuable varieties for further breeding.

Methods. The studies were conducted in 2001–2022. The object of research are varietal of the bioresource potato collection of the A.K. Chaika Federal Research Center for Agrobiotechnologies of the Far East, consisting of 825 genotypes.

Results. It was found that the largest number of samples with good keeping quality belong to the mid-ripening, mid-late and late maturation groups. By the end of storage, absolute rot in the studied samples was noted in the range of 0.1–0.2%. The natural decline was 2.8–8.8%. With the maximum yield of full-fledged potatoes, the varieties Alice (93.1%), Evgenia (93.0%), Ilyinsky (94.6%), Kazachok (93.3%), Krasnaya Gorka (94.6%), Lazar (93.5%), Legend (93.4%), Rhapsody (94.5%), Trickle (93.1%), Scarb (94.2%), Sparta (94.6%), Spiridon (94.0%), Anosta (93.3%), Brage (93.5%), Costella (95.3%), Hermes (94.6%), Frila (94.4%), Ibis (93.2%), which are recommended for breeding as sources of good lying capacity.

Key words: potato, variety, breeding, shelf life, dormancy of potato tubers

For citation: Kim I.V., Klykov A.G. The storability of potato varieties from different maturity groups under the conditions of the south of the Far East. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 120–125 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-120-125>

© Kim I.V., Klykov A.G.

Введение/Introduction

Важный показатель сортов картофеля — лежкость. Лежкоспособность клубней — это свойство во время зимнего периода длительно сохранять высокие вкусовые качества, минимально тратить клеточную воду на испарение, а органические вещества — на дыхание, быть устойчивыми к болезням, позднее и медленнее прорасти в хранилище.

Принято считать, что способность картофеля находиться в состоянии покоя возникла в процессе эволюции как приспособительная реакция к неблагоприятным условиям для роста и развития растительного организма [1]. Имеющиеся данные по исследованию этого процесса связывают покой клубней картофеля с отсутствием ряда биологически активных соединений, прежде всего ферментов, без которых мобилизация запасных веществ растений невозможна [2, 3].

Сорта картофеля имеют неодинаковую лежкость [4]. Способность растений длительно сохранять клубни связана с генетическими свойствами сорта и условиями хранения, поэтому одна из актуальных задач — выведение сортов, которые наряду с хорошими хозяйственно-ценными признаками пригодны к механизированной уборке и длительному хранению [5, 6].

Один из существенных признаков лежкости — глубина покоя клубней, которая определяется сроками и скоростью их прорастания [8, 9]. Данное свойство клубней зимой непосредственно влияет на формирование у пасажующих органов во время роста защитных механизмов, обеспечивающих минимизацию потерь урожая при хранении. Продолжительность периода покоя — сортовой признак, который является одним из важнейших характеристик [10–12]. Предпочтение отдают сортам с относительно длинным периодом покоя и тем, которые во время хранения теряют влагу в незначительном количестве. Однако очень продолжительный период покоя связан с поздним появлением всходов и замедленным развитием. Ранее установлено, что этот признак хорошо передается потомству [9]. Отмечаются прямая зависимость и положительная корреляция между глубиной покоя, лежкостью, скороспелостью и степенью накопления аминокислоты (пролина) в почках (глазках) клубней картофеля [13].

В процессе пробуждения картофеля (выхода из состояния покоя) участвуют гены: циклины (CYCD), циклин-зависимые киназы (CDK), гистоны H3 и H4 и др. [14]. При прорастании глазков клубня, а также при искусственной стимуляции роста глазков активируется экспрессия генов, контролирующих репликацию ДНК [15] и развитие клеточного цикла, в том числе ген циклина D3 [16]. Активация этих генов является одним из условий перехода покоящейся почки к прорастанию, однако пути передачи сигналов, контролирующих деление клеток в почках в зависимости от состояния покоя клубней, до сих пор не выяснены.

Преждевременное прорастание клубней может привести к серьезным потерям качества хранящегося материала [17]. В Китае (Сельскохозяйственный университет Ганьсу) проводятся исследования по конструированию ответственных генов за раннее прорастание клубней. В результате проведенных исследований в клубнях был изменен углеводный метаболизм глюкозы, фруктозы и сахарозы путем генной инженерии гена *PPase*, что привело к увеличению периода

покоя картофеля при температуре хранения 4 °C и 25 °C [18].

В настоящее время в России получены сорта, способные хорошо сохранять клубни в естественных условиях [19].

На Дальнем Востоке проведены исследования по сохранности клубней картофеля и связаны они в основном с различными технологиями его возделывания и хранения [20–22]. В связи с этим была сформулирована цель исследования — изучить сортообразцы биоресурсной коллекции картофеля на способность сохранять клубни в условиях длительного хранения и выделить ценные сорта для селекции.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в отделе картофелеводства и овощеводства ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2001–2022 гг.

Объект исследований — 825 сортообразцов биоресурсной коллекции картофеля. Объем выборки — 20 клубней в трехкратной повторности.

Лежкость картофеля оценивали и учитывали по Методическим указаниям по оценке сортов картофеля¹ по следующей шкале:

- 9,0 — высокая (общие потери, включая убыль массы до 4,0%);
- 8,0 — очень хорошая (4,1–5,0%);
- 7,0 — хорошая (5,1–7,0%);
- 6,0 — относительная (7,1–9,0%);
- 5,0 — удовлетворительная (9,1–11,0%);
- 4,0 — слабая (11,1–13,0%);
- 3,0 — неудовлетворительная (13,1–15,0%);
- 1,0–2,0 — непригоден для длительного хранения (более 15,0%).

Сортообразцы картофеля после уборки хранились в деревянных ящиках (до июня включительно). При этом температура воздуха в хранилище с ноября по апрель находилась в пределах плюс 2–5 °C, с мая по июнь — плюс 6–8 °C. Относительная влажность воздуха была оптимальной и составляла 85–95%.

Показатель продолжительности покоя клубней оценивали в баллах по шкале (табл. 1).

Для проверки достоверности полученных результатов применяли однофакторный дисперсионный анализ с последующим множественным сравнением средних по Фишеру (*LSD*-метод) с использованием статистических программ MS Excel 2007 (США) и Statistica 10 (StatSoft, Inc., США), рассчитывали средние (*M*) и $t_{0,05} \frac{1}{2}SEM$.

Таблица 1. Шкала оценки продолжительности периода покоя клубней картофеля¹

Table 1. Scale for estimating the duration of the dormant period of potato tubers

Период покоя	Количество суток	Балл
Очень продолжительный	более 240	9,0
Продолжительный	220–240	8,0
Среднепродолжительный	210–220	7,0
Достаточно продолжительный	200–210	6,0
Умеренный	190–200	5,0
Удовлетворительный	180–190	4,0
Неудовлетворительный	170–180	3,0
Непригоден для длительного хранения	160–170	1,0–2,0

¹ Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И., Мальцев С.В., Чулков Б.А. Методические указания при оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИХ. 2008; 39. EDN: KNH5OX

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Основными показателями, характеризующими лежкость картофеля, являются потери при хранении, которые складываются из естественной убыли массы, абсолютной гнили и ростков. За период хранения эти потери велики и составляют в среднем по стране 10,0–15,0%, а в отдельные годы доходят до 30,0% [12].

В результате исследований при анализе продолжительности периода покоя образцов у наибольшего количества коллекционных генотипов (55,9%) клубни вышли из состояния покоя в естественных условиях на 6–7-й месяц хранения (с апреля по май) (рис. 1 а).

Исследования показали, что 5,0% изученных образцов проросли достаточно рано — в ноябре. Небольшая группа сортов (2,5%) отличилась наиболее поздним прорастанием (период покоя закончился в июне): Вдохновение, Весна белая, Горняк, Даная, Елизавета, Ильинский, Каменский, Колобок, Кортни, Ладожский, Манифест, Матушка, Надежда, Памяти Кулакова, Пушкинец, Рождественский, Сириновый туман, Спиридон, Тарасов (Россия); Бриз, Лилея (Беларусь); Bliza, Réal (Польша); Gabi (Чехословакия); Bellarosa, Guliver, Colette (Германия); Ibis (Нидерланды); Noella (Вьетнам); Rosva (Дания); Добрович (Украина).

За годы исследований количество общей убыли (в зависимости от сорта) составило 5,0–32,0% (рис. 1б). Основные показатели общей убыли у 62,9% изученных образцов зафиксированы в пределах 14,1–23,0%. Немногочисленная группа образцов (8,3%) отличилась наименьшим количеством общей убыли (5,0–8,0%).

Естественная убыль массы является результатом потери воды и сухого вещества при процессах дыхания и испарения, непрерывно совершающихся в клубнях. При длительном хранении допустимый уровень потерь за счет естественной убыли не должен превышать 8,0% [19]. В наших исследованиях у 15,6% образцов масса естественной убыли не выходила за пределы этого значения (рис. 1в).

Рис. 1. Динамика изменения показателей лежкости сортов картофеля (среднее за 2001–2022 гг.), %: а) выход из периода покоя клубней; б) общая убыль массы клубней; в) естественная убыль; г) масса ростков

Fig. 1. The dynamics of changes in the shelf life parameters of potato varieties (average for 2001–2022), %: а) emergence of tubers from dormancy; б) the total loss of tuber weight; в) natural loss; г) the weight of sprouts

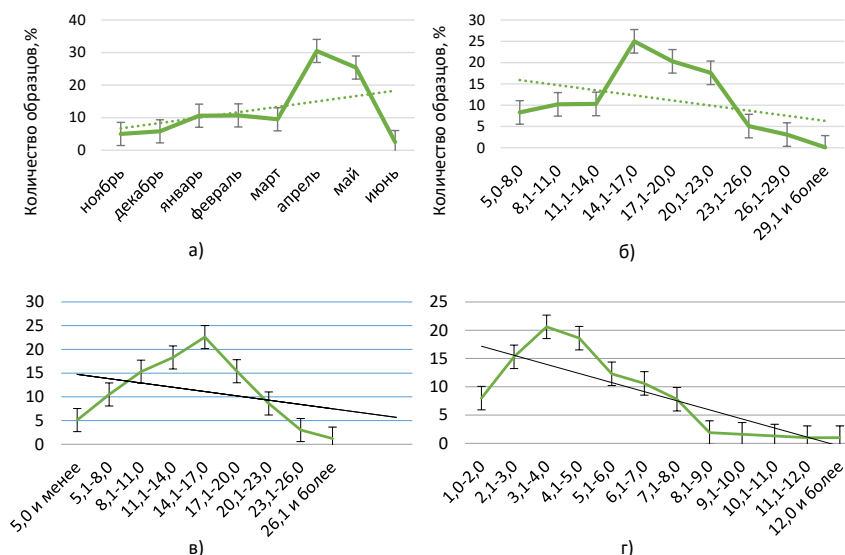


Таблица 2. Период покоя сортообразцов картофеля различных групп спелости и средняя температура воздуха в вегетационный период (2002–2021 гг.)
Table 2. The dormancy of potato accessions from different maturity groups and the average temperature during the growing period (2002–2021)

Год	Сумма температур (+10 °C и выше)	Группа спелости, сутки				
		раннеспелая	среднеранняя	средне-спелая	средне-поздняя	поздняя
2002	2553	181	183	198	205	210
2003	2680	183	185	200	206	206
2004	2700	171	180	183	201	205
2005	2590	185	185	196	210	210
2006	2589	180	183	194	207	210
2007	2590	184	185	196	208	211
2008	2616	173	181	184	202	205
2009	2670	183	185	197	206	210
2010	2793	170	180	180	195	200
2011	2541	180	182	194	207	210
2012	2579	185	187	195	210	211
2013	2590	180	184	198	209	212
2014	2739	165	178	180	190	190
2015	2700	170	175	175	180	190
2016	2712	165	170	170	195	195
2017	2658	170	175	175	190	195
2018	2582	185	186	194	207	211
2019	2619	170	173	173	180	180
2020	2715	170	172	183	190	195
2021	2802	171	173	175	180	190
с.в., %		8,3	9,5	9,7	8,8	9,4

* Продолжительность периода покоя в сутках.

Средний показатель естественной убыли массы при изучении коллекционных образцов составил 17,7% и варьировал от 3,9 до 27,0%. Наличие ростков на клубнях картофеля свидетельствует не только о выходе их из состояния покоя, но и значительно влияет на количество общей убыли. По результатам исследований масса ростков составила 5,6% и в среднем варьировала от 1,0 до 13,0% (рис. 1г). Исследования показали, что 65,2% образцов имели невысокий показатель массы ростков (5,0% и менее). К концу хранения 30,7% сортообразцов характеризовались средней массой ростков (5,0–8,0%). Небольшой процент генотипов (6,8%) характеризовался высоким отходом в виде проросших глазков (более 8,0%).

Установлено, что сортообразцы из групп раннего и среднераннего сроков созревания выходят из состояния покоя раньше, чем сорта более поздних сроков созревания. Разница между группами составила в среднем 12–17 суток (табл. 2).

Исследованиями отмечено, что в годы (2003-й, 2004-й, 2008–2010-й, 2014-й, 2015–2017-й, 2019–2021-й) с повышенной суммой положительных температур плюс 10 °C и выше (2616–2802 гг.) период покоя завершался у раннеспелых образцов через 165–171 сутки, а у позднеспелых — через 190–210 суток.

Анализ лежкоспособности коллекционных сортообразцов картофеля в коллекционном питомнике

Таблица 3. Сорта картофеля, пригодные для длительного хранения
(среднее за 2002–2021 гг.)
Table 3. Suitable potato varieties for long-term storage (average for 2002–2021)

Сорт	Происхождение	Общая убыль массы, %	В том числе			Выход полноценного картофеля, %
			естественная убыль, %	масса ростков, %	гниль, %	
Раннеспелая						
ПРИ-12, st	Россия	15,4	10,6	4,7	0,1	84,6
Юбилар, st	Россия	7,7	6,3	1,4	0,0	92,3
Жуковский ранний, st	Россия	9,9	7,2	2,5	0,2	90,1
Радуга	Россия	9,4	7,0	2,4	0,0	91,6
Красная горка	Россия	5,4	5,0	0,4	0,0	94,6
Легенда	Россия	6,6	5,1	1,5	0,0	93,4
Крепыш	Россия	8,4	6,9	1,4	0,1	91,6
Утро	Россия	8,0	7,1	0,9	0,0	92,0
Памяти Кулакова	Россия	8,9	6,7	2,2	0,0	91,1
Весна белая	Россия	8,3	6,4	1,8	0,1	91,7
Лилея	Республика Беларусь	8,0	7,1	0,9	0,0	92,0
Anosta	Нидерланды	6,7	5,9	0,8	0,0	93,3
Red Scarlett	Нидерланды	9,6	7,0	2,6	0,0	90,4
Серпанок	Украина	8,8	6,9	1,9	0,0	91,2
V, %		15,3	10,6	17,6	2,5	10,6
Среднеранняя						
Невский, st	Россия	17,4	12,4	5,0	0,0	82,6
Adretta, st	Германия	19,4	13,0	6,2	0,2	80,6
Sante, st	Нидерланды	8,6	7,2	1,4	0,0	91,4
Рождественский	Россия	4,1	2,8	1,3	0,0	95,9
Алая роза	Россия	9,4	6,3	3,1	0,0	90,6
Сапрыкинский	Россия	8,9	7,1	1,7	0,1	91,1
Красавчик	Россия	7,5	6,3	1,2	0,0	92,5
Евгения	Россия	7,0	5,9	1,1	0,0	93,0
Черный принц	Россия	7,2	6,0	1,1	0,1	92,8
Ильинский	Россия	5,4	4,0	1,4	0,0	94,6
Горняк	Россия	7,2	6,9	0,3	0,0	92,8
Maestro	Франция	9,4	7,0	2,4	0,0	90,6
V, %		16,0	9,8	20,4	2,4	9,7
Среднеспелая						
Дачный, st	Россия	15,7	10,3	5,4	0,0	84,3
Олимп	Россия	7,4	4,1	3,3	0,0	92,6
Лазарь	Россия	6,5	5,3	1,2	0,0	93,5
Спиридон	Россия	6,0	4,9	1,1	0,0	94,0
Алиса	Россия	6,9	3,0	3,8	0,1	93,1
Спарта	Россия	5,4	4,0	1,4	0,0	94,6
Хозяюшка	Россия	7,5	6,2	1,3	0,0	92,5
Ручеек	Россия	6,9	6,0	0,6	0,2	93,1
Ладожский	Россия	8,8	6,8	2,0	0,0	91,2
Кетский	Россия	9,6	7,0	1,6	0,0	90,4
Рассвет	Россия	5,5	5,1	0,4	0,0	94,5
Скарб	Республика Беларусь	5,8	4,0	1,7	0,1	94,2
Живица	Республика Беларусь	9,5	8,1	1,4	0,0	90,5
Росинка	Республика Беларусь	7,6	6,9	0,7	0,0	92,4
Grata	Германия	7,7	6,1	1,6	0,0	92,3
Nela	Чехословакия	8,4	7,4	1,0	0,0	91,6
Ibis	Нидерланды	6,8	5,4	1,4	0,0	93,2
V, %		15,5	10,6	20,3	1,9	10,2
Среднепоздняя и поздняя						
Филатовский, st	Россия	11,4	9,3	2,0	0,1	89,6
Синева, st	Россия	15,5	10,3	5,2	0,0	85,5
Янтарь, st	Россия	8,0	4,8	3,2	0,0	92,0
Русская красавица	Россия	9,2	8,0	1,2	0,0	90,8
Брянский красный	Россия	8,4	7,0	1,4	0,0	91,6
Мусинский	Россия	9,8	6,8	3,0	0,0	90,2
Казачок	Россия	6,7	4,5	2,2	0,0	93,3
Падарунак	Республика Беларусь	7,4	6,0	1,3	0,1	92,6
Веснянка	Республика Беларусь	9,2	6,7	2,5	0,0	90,8
Costella	Болгария	4,7	3,0	1,5	0,1	95,3
Frila	Германия	5,6	2,9	2,7	0,0	94,4
Brage	Норвегия	6,5	3,6	2,9	0,0	93,5
Зарев	Украина	10,0	8,8	1,2	0,0	90,0
Hermes	Австрия	5,4	4,0	1,4	0,0	94,6
Melody	Нидерланды	7,4	4,2	3,1	0,1	92,6
Sifra	Нидерланды	8,8	6,0	2,8	0,0	91,2
V, %		15,9	11,0	16,9	2,0	9,9

Примечание: испытание каждого сорта проводилось в течение 3–5 лет.

позволил выделить образцы с ценными качествами при длительном хранении (табл. 3).

Среди стандартных сортов высоким выходом полноценного картофеля к концу хранения отличились Юбилей (92,3%), Янтарь (92,0%) и Sante (91,4%). Максимальная масса ростков отмечена у сортов Дачный (5,4%), Невский (5,0%), Синева (5,2%), Adretta (6,2%).

Выводы/Conclusion

При анализе сортообразцов из различных групп спелости по лежкоспособности отмечено, что наибольшее количество образцов среднеспелого, среднепозднего и позднего сроков созревания — 28. К концу хранения абсолютной гнили в изученных образцах было в пределах 0,1–0,2%, естественная убыль — в пределах 2,8–8,8%. Изменчивость признака в среднем составляла 9,8–11,0%.

Коэффициент вариации массы ростков у изученных сортообразцов составил 16,9–20,4%. С максимальным выходом полноценного картофеля выделены сорта Алиса (93,1%), Евгения (93,0%), Ильинский (94,6%), Казачок (93,3%), Красная горка (94,6%), Лазарь (93,5%), Легенда (93,4%), Рассвет (94,5%), Ручеек (93,1%), Скарб (94,2%), Спарта (94,6%), Спиридон (94,0%), Anosta (93,3%), Brage (93,5%), Costella (95,3%), Hermes (94,6%), Frila (94,4%), Ibis (93,2%), которые рекомендуются для селекции как источники хорошей лежкоспособности. Данные сортообразцы обладают способностью длительно сохранять клубни для продовольственных целей и на семена в период между урожаями двух сезонов в энергосберегающих условиях.

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 проведена при финансовой поддержке РФ в лице Минобрнауки в рамках проекта «Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития Селекционно-семеноводческого центра по картофелю в ФГБНУ «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»» № 075-15-2021-551.

FUNDING

The research was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the project «Implementing aspects of the program to create and develop the Center of Potato Breeding and Seed Production in FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika»» No. 075-15-2021-551.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Банадысев С.А. Система семеноводства картофеля. Экономические предпосылки для ее совершенствования [Белоруссия]. *Экономика сельского хозяйства*. 2007; (1): 202. <https://www.elibrary.ru/hzblkp>
2. Мурашев С.В. Активизация окислительных процессов и возможность повышения урожайности, экологической безопасности и лежкости картофеля. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2016; (1): 82–89. <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2016-9-1-82-89>
3. Яшина И.М., Жарова В.А., Белов Г.Л. Создание исходного материала для селекции картофеля. *Картофель и овощи*. 2013; 4: 32. <https://www.elibrary.ru/qbckwd>
4. Сердюков В.А., Фицура Д.Д., Гунько Ю.В., Мартыненко С.Н. Определение физиологического периода покоя клубней сортообразцов картофеля экологического сортоиспытания. *Новости науки в АПК*. 2019; (3): 76–79. <https://doi.org/10.25930/2218-855X/018.3.12.2019>
5. Burmeister A., Bondiek S., Apel L., Kühne C., Hillebrand S., Fleischmann P. Comparison of carotenoid and anthocyanin profiles of raw and boiled *Solanum tuberosum* and *Solanum phureja* tubers. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011; 24(6): 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.006>
6. Lachman J. et al. Impact of selected factors — Cultivar, storage, cooking and baking on the content of anthocyanins in coloured-flesh potatoes. *Food Chemistry*. 2012; 133(4): 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.077>
7. Pęksa A., Miedzianka J., Nemś A. Amino acid composition of flesh-coloured potatoes as affected by storage conditions. *Food Chemistry*. 2018; 266: 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.026>
8. Лебедева В.А., Гаджиев Н.М. Лабораторная оценка лежкости клубней некоторых сортов картофеля российской и белорусской селекции. *Аграрная Россия*. 2017; (3): 7–9. <https://www.elibrary.ru/yhfjez>
9. Лебедева В.А., Гаджиев Н.М., Иванов А.В. Продолжительность периода покоя клубней некоторых сортов картофеля и их гибридов в условиях Ленинградской области. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020; 85: 121–124. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-121-124>
10. Kolodziejczyk M. Effect of nitrogen fertilisation and microbial preparations on quality and storage losses in edible potato. *Acta Agrophysica*. 2016; 23(1): 67–78.
11. Шумский С.В., Рылко В.А. Оценка пригодности к хранению клубней картофеля среднеспелых сортов и гибридов в экологическом испытании. *Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник статей по материалам XI Международной научно-практической конференции*. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2018; 340–343. <https://www.elibrary.ru/xmyqzv>
12. Микulich М.О., Рылко В.А. Продолжительность периода физиологического периода покоя клубней картофеля новых селекционных образцов. *Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники и физиологии растений*. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. 2019; 134–136. <https://www.elibrary.ru/kelunh>
13. Карабаев В.Н., Орлов А.Н., Стаценко А.П. Использование пролина в диагностике лежкости и скороспелости картофеля. *Проблемы сельскохозяйственного производства в изменяющихся экономических и экологических условиях в XXI веке. Международная научно-практическая конференция*. Пенза. 2000; 174–177. <https://www.elibrary.ru/vtawbv>
14. Berckmans B., De Veylder L. Transcriptional Control of the Cell Cycle. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009; 12(5): 599–605. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.07.005>
15. Senning M., Sonnewald U., Sonnewald S. Deoxyuridine Deoxyuridine triphosphatase expression defines the transition from dormant to sprouting potato tuber buds. *Molecular Breeding*. 2010; 26(3): 525–531. <https://doi.org/10.1007/s11032-010-9440-2>
16. Hartmann A., Senning M., Hedden P., Sonnewald U., Sonnewald S. Reactivation of Meristem Activity and Sprout Growth in Potato Tubers Require Both Cytokinin and Gibberellin. *Plant Physiology*. 2011; 155(2): 776–796. <https://doi.org/10.1104/pp.110.168252>
17. Sonnewald S., Sonnewald U. Regulation of potato tuber sprouting. *Planta*. 2014; 239(1): 27–38. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1968-z>
18. Si H., Zhang C., Zhang N., Wen Yu., Wang D. Control of potato tuber dormancy and sprouting by expression of sense and antisense genes of pyrophosphatase in potato. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016; 38: 69. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2089-7>
19. Симаков Е.А. и др. Новые перспективные сорта картофеля российских originаторов. Каталог. Чебоксары: *Принт*. 2021; 48. ISBN 785963108550 <https://www.elibrary.ru/bvuhgk>
20. Власенко Г.П. Агробиологическая оценка сортов картофеля в условиях Камчатки. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2016; (4): 24, 25. <https://www.elibrary.ru/wezwgp>
21. Новоселов А.К., Новоселова Л.А., Ильяшик Т.М., Волик Н.М. Результаты практической селекции картофеля в Приморском крае. *Картофелеводство. Сборник научных трудов*. Москва. 2011; 123–127. <https://www.elibrary.ru/xscqpa>
22. Новоселов А.К., Коршунов Н.Т., Грицай А.В. Чувствительность клубней картофеля к механическим повреждениям и их сохранность. Пути повышения ресурсного потенциала сельскохозяйственного производства Дальнего Востока. *Сборник научных трудов РАСХН*. Владивосток: Дальнаука. 2007; 187–194. <https://www.elibrary.ru/uhfrfn>

REFERENCES

1. Banadysev S.A. The system of potato seed production. Economical preconditions for its improvement [Belarus]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva*. 2007; (1): 202 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/hzblkp>
2. Murashev S.V. Activation of oxidizing processes and increasing potato yield, ecological safety and shelf life. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2016; (1): 82–89 (In Russian). <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2016-9-1-82-89>
3. Yashina I.M., Zharova V.A., Belov G.L. The creation of the starting material for potato breeding. *Potato and Vegetables*. 2013; 4: 32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qbckwd>
4. Serdyukov V.A., Fitsuro D.D., Gunko Yu.V., Martynenko S.N. Determination of the physiological period of the rest of the club of the variety of the potato of the ecological variety test. *Novosti nauki v APK*. 2019; (3): 76–79 (In Russian). <https://doi.org/10.25930/2218-855X/018.3.12.2019>
5. Burmeister A., Bondiek S., Apel L., Kühne C., Hillebrand S., Fleischmann P. Comparison of carotenoid and anthocyanin profiles of raw and boiled *Solanum tuberosum* and *Solanum phureja* tubers. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011; 24(6): 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.006>
6. Lachman J. et al. Impact of selected factors — Cultivar, storage, cooking and baking on the content of anthocyanins in coloured-flesh potatoes. *Food Chemistry*. 2012; 133(4): 1107–1116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.077>
7. Pęksa A., Miedzianka J., Nemś A. Amino acid composition of flesh-coloured potatoes as affected by storage conditions. *Food Chemistry*. 2018; 266: 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.026>
8. Lebedeva V.A., Gadzhiev N.M. Laboratory evaluation of the keeping quality of tubers of some potato varieties of Russian and Belorussian selections. *Agrarian Russia*. 2017; (3): 7–9 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yhfjez>
9. Lebedeva V.A., Gadzhiev N.M., Ivanov A.V. The length of the tubers dormant period of some potato varieties and their hybrids in the conditions of the Leningrad region. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2020; 85: 121–124 (In Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-121-124>
10. Kolodziejczyk M. Effect of nitrogen fertilisation and microbial preparations on quality and storage losses in edible potato. *Acta Agrophysica*. 2016; 23(1): 67–78.
11. Shumskii S.V., Ryloko V.A. Evaluating the suitability of tubers of mid-season potato varieties and hybrids involved in multi-environment testing for storage. *Technological aspects of the growing of agricultural crops. Collection of articles based on the materials of the XI International Scientific and Practical Conference*. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2018; 340–343 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xmyqzv>
12. Mikulich M.O., Ryloko V.A. The duration of dormancy in potato tubers of new breeding accessions. *Technological aspects of the growing of agricultural crops*. Collection of articles based on the materials of the XIV International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Botany and Plant Physiology. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy. 2019; 134–136 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kelunh>
13. Karabaev V.N., Orlov A.N., Statsenko A.P. On the use of proline in the diagnostics of the shelf life and early maturation of potato. *Problems in the agricultural production in changing economic and environmental conditions in the 21st century. International Scientific and Practical Conference*. Penza. 2000; 174–177 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vtawbv>
14. Berckmans B., De Veylder L. Transcriptional Control of the Cell Cycle. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009; 12(5): 599–605. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.07.005>
15. Senning M., Sonnewald U., Sonnewald S. Deoxyuridine Deoxyuridine triphosphatase expression defines the transition from dormant to sprouting potato tuber buds. *Molecular Breeding*. 2010; 26(3): 525–531. <https://doi.org/10.1007/s11032-010-9440-2>
16. Hartmann A., Senning M., Hedden P., Sonnewald U., Sonnewald S. Reactivation of Meristem Activity and Sprout Growth in Potato Tubers Require Both Cytokinin and Gibberellin. *Plant Physiology*. 2011; 155(2): 776–796. <https://doi.org/10.1104/pp.110.168252>
17. Sonnewald S., Sonnewald U. Regulation of potato tuber sprouting. *Planta*. 2014; 239(1): 27–38. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1968-z>
18. Si H., Zhang C., Zhang N., Wen Yu., Wang D. Control of potato tuber dormancy and sprouting by expression of sense and antisense genes of pyrophosphatase in potato. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2016; 38: 69. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2089-7>
19. Simakov E.A. et al. New promising potato varieties of Russian originators. Catalog. Cheboksary: *Print*. 2021; 48 (In Russian). ISBN 785963108550 <https://www.elibrary.ru/bvuhgk>
20. Vlasenko G.P. Agrobiological evaluating potato sorts under conditions of Kamchatka. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2016; (4): 24, 25 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wezwgp>
21. Novoselov A.K., Novoselova L.A., Ilyashik T.M., Volik N.M. The results of practical potato breeding in Primorsky Krai. *Potato growing. Collection of scientific papers*. Moscow. 2011; 123–127 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xscqpa>
22. Novoselov A.K., Korshunov N.T., Gritsai A.V. Sensitivity of potato tubers to mechanical damage and their preservation. *Ways of increasing the resource potential of the agricultural production in the Russian Far East. Collection of scientific papers of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. Vladivostok: Dalnauka. 2007; 187–194 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uhfrfn>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Вячеславовна Ким,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный
сотрудник отдела картофелеводства
kimira-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Алексей Григорьевич Клыков,
академик РАН, заведующий отделом
alex.klykov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

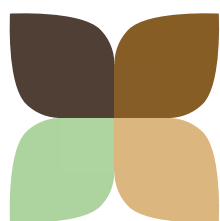
Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Irina Vyacheslavovna Kim,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Potato
Growing Department
kimira-80@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0656-0645>

Alexey Grigorievich Klykov,
Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the
Department
alex.klykov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East
named after A.K. Chaika,
30B Volozhenin Str., Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai,
692539, Russia



ПроПротеин

Форум и экспо

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

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

Форум является уникальным специализированным
событием отрасли в России и СНГ и пройдет
21 сентября 2023 года в отеле «Холидей Инн Лесная» в Москве

Возможности для рекламы

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





П.В. Фисенко,
Н.В. Мацишина,
Ю.С. Попова,
Д.И. Волков,
Т.И. Хоружева,
М.В. Ермак,
О.А. Собко ✉

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
Уссурийск, Приморский край, Россия,

✉ o.eyvazova@gmail.com

Поступила в редакцию:
10.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023



Petr V. Fisenko,
Nataliya V. Matsishina,
Yuliya S. Popova,
Dmitrii I. Volkov,
Tamara I. Khoruzheva,
Marina V. Ermak,
Olga A. Sobko ✉

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Primorsky Krai, Ussuriysk,
Russia

✉ o.eyvazova@gmail.com

Received by the editorial office:
10.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Изучение устойчивости сортов картофеля к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX в Приморском крае

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Одним из важных направлений селекции картофеля является создание сортов устойчивых к комплексу заболеваний, таких как фитофтороз, вирусные и грибные инфекции, а также паразитические нематоды. Применение ДНК-маркеров для идентификации ценных генотипов ускоряет процесс отбора устойчивых сортов, тем самым повышая эффективность селекции.

Методы. Цель исследования — изучение устойчивости 23 сортов картофеля к местному изоляту *Phytophthora infestans* (Mont.), а также определение генов устойчивости к патогенам: раку картофеля, бледной и золотистой цистообразующим нематодам, вирусам X и Y, фитофторозу. Листья картофеля обрабатывали инокулятом изолята Putzilovka-2019 и выдерживали 24 часа в темноте, затем помещали в климатический бокс. Учет вели на шестые сутки после инокуляции.

Результаты. Сорта Latona, Брянский деликатес, Gala, Дачный, Казачок, Adretta показали высокую устойчивость к фитофторозу — 0,0% поражения листовой поверхности. Высокую устойчивость к фитофторозу демонстрировали и сорта Laperla, Belmonda, Impala, Фиолетовый, Жуковский ранний, Queen Anne, Sante, Янтарь, у которых площадь поражения листа составила от 3,0 до 10,0%. При молекулярном скрининге ген устойчивости к раку картофеля (SenI) NI25 был выявлен у 22 сортов, ген устойчивости H1 — у 15 сортов, а ген устойчивости Gpa2 — у 9 сортов, ген, кодирующий устойчивость к вирусу X (RxI), обнаружен у 13 сортов.

Ключевые слова: MAS, ДНК-маркер, ген, устойчивость, фитофтороз, рак картофеля, бледная и золотистая цистообразующие нематоды, PVX и PVY

Для цитирования: Фисенко П.В. и др. Изучение устойчивости сортов картофеля к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX в Приморском крае. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 126–132. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-126-132>

© Фисенко П.В., Мацишина Н.В., Попова Ю.С., Волков Д.И., Хоружева Т.И., Ермак М.В., Собко О.А.

Study of the structure of potato varieties to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX in Primorsky Krai

ABSTRACT

Relevance. One of the important directions of potato breeding is the creation of varieties resistant to a complex of diseases, such as late blight, viral and fungal infections, as well as parasitic nematodes. The use of DNA markers to identify valuable genotypes accelerates the selection process of resistant varieties, thereby increasing the efficiency of breeding.

Methods. The aim of the study was to study the resistance of 23 potato varieties to the local isolate *Phytophthora infestans* (Mont.), as well as to determine the genes of resistance to pathogens: potato cancer, pale and golden cyst-forming nematodes, X and Y viruses, late blight. Potato leaves were treated with Putzilovka-2019 isolate inoculum and kept in the dark for 24 hours, then placed in a climate box. Records were kept on the 6th day after inoculation.

Results. Latona, Bryansk delicacy, Gala, Dachny, Kazachok, Adretta varieties showed high resistance to late blight — 0.0% of leaf surface damage. High resistance to late blight was also demonstrated by the varieties Laperla, Belmonda, Impala, Violet, Zhukovsky early, Queen Anne, Sante, Amber, in which the leaf lesion area ranged from 3.0 to 10.0%. During molecular screening, the potato cancer resistance gene (SenI) NI25 was detected in 22 varieties, the H1 resistance gene in 15 varieties, and the Gpa2 resistance gene in 9 varieties, the gene encoding resistance to virus X (RxI) was detected in 13 varieties.

Key words: MAS, DNA-marker, gene, resistance, late blight, PVX, PVY

For citation: Fisenko P.V., Matsishina N.V., Popova Yu.S., Volkov D.I., Khoruzheva T.I., Ermak M.V., Sobko O.A. Study of the structure of potato varieties to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX in Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 126–132 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-126-132>

© Fisenko P.V., Matsishina N.V., Popova Yu.S., Volkov D.I., Khoruzheva T.I., Ermak M.V., Sobko O.A.

Введение/Introduction

Возделываемый картофель (*Solanum tuberosum*) по объемам производства находится на 5-м месте в мире среди всех сельскохозяйственных культур и на лидирующих позициях среди незерновых культур. Россия занимает 3-е место в мире по объемам производства картофеля (после Китая и Индии) [1]. Для формирования стратегии селекционных исследований, направленных на создание новых перспективных сортов картофеля, необходимо получение объективной информации о генетическом разнообразии возделываемых селекционных сортов, в том числе о распространении функциональных аллелей генов, контролирующих устойчивость к патогенам и вредителям. В настоящее время ведущие зарубежные генбанки и селекционные центры широко используют методы маркер-опосредованной селекции (Marker Assisted Selection, MAS) [1]. При помощи ДНК-маркеров проводят отбор образцов, потенциально устойчивых к цистообразующим нематодам [2, 3], фитофторозу [4, 5], к наиболее вредоносным вирусам картофеля [6]. Методы MAS начинают активно применяться в изучении селекционного генофонда картофеля и в России [4, 5, 7].

Технологии ДНК-маркирования перспективны при создании сортов с длительной устойчивостью к вредным организмам на основе пирамидирования в одном генотипе маркеров разных R-генов, контролирующих устойчивость к разным расам и патотипам вредных организмов и (или) устойчивость к разным патогенам. Ограничением в программах по подбору пар для скрещиваний и пирамидированию генов устойчивости может быть мужская стерильность, широко распространенная среди селекционных сортов картофеля [8, 9].

Методы ДНК-маркирования имеют большое значение при работе с коллекциями. Наряду с методами MAS для оценки чистоты (идентичности) сортового материала и изучения генетического разнообразия коллекций сортов используются методы молекулярной паспортизации. Поскольку сорта картофеля представлены высокогетерозиготными тетраплоидными генотипами, у междурасовых гибридов отмечается расщепление по изучаемым признакам, в том числе по наличию (отсутствию) ДНК-маркеров определенного локуса. Данные о наследовании ДНК-маркеров доминантных аллелей R-генов устойчивости у междурасовых гибридов служат основой для отбора перспективных гибридных генотипов в потомстве [10]. Кроме того, информация об аллельном составе и степени гетерозиготности маркированных локусов у родительских сортов дает возможность прогнозировать частоту появления в потомстве гибридов, устойчивых к определенному патогену, и планировать объемы анализируемых расщепляющихся популяций [11].

В зависимости от степени гетерозиготности маркированного R-локуса у исходного сорта частота, с которой в гибридных популяциях появляются устойчивые генотипы, несущие хотя бы один доминантный аллель, будет составлять 100% в случаях квадриплекса (RRRR) или триплекса (RRRr), 83,4% — в варианте дуплекса (RRrr) и 50,0% — для симплекса (Rrrr) [12].

Применение ДНК-маркеров в селекции картофеля имеет наибольшее значение при оценке исходного материала. Однако возможны расхождения в оценках, сделанных за рубежом и в условиях разных

агроклиматических зон России. Связано это прежде всего с различным составом популяций патогенов и особенностями экологических условий [13]. Именно поэтому MAS должна сопровождаться фитопатологическим скринингом, особенно в случае оомицетных и грибных патогенов, доступных для исследования, в отличие от карантинных возбудителей.

Цель исследования — изучение сортов на устойчивость к местным изолятам *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, а также выявление у сортов генов устойчивости к патогенам и вредителям *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Материалом для исследования послужили 23 сорта картофеля: Secura (Германия), Queen Anne (Германия), Red Lady (Германия), Belmonda (Германия), Lilly (Германия), Gala (Германия), Adretta (Германия), Impala (Нидерланды), Latona (Нидерланды), Labella (Нидерланды), Laperla (Нидерланды), Sante (Нидерланды, Россия), Жуковский ранний (Россия), Фиолетовый (Россия), Казачок (Россия), Брянский деликатес (Россия), Смак (Россия), Юбилар (Россия), Августин (Россия), Памяти Рогачева (Россия), Янтарь (Россия), Гулливер (Россия), Дачный (Россия), востребованные на рынке как семенная продукция и перспективные для селекции образцы в условиях Приморского края.

В качестве стандартов для сравнения были получены из *in vitro* коллекции ВИР (отдел биотехнологии) образцы диких видов картофеля, демонстрирующие высокую устойчивость к фитофторозу, *Solanum bulbocastanum* (образец 31741) и *Solanum stoloniferum* (образец 30519-5) и сорт венгерской селекции Sarpo Mira, имеющий в геноме ген *Rpi_Smira1*, а также сорт Alouette, предоставленный сотрудниками ВИЗР¹.

Эксперимент проведен на базе лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» с 2019 по 2022 г.

Лабораторная оценка на устойчивость к фитофторозу. Лабораторный скрининг сортов картофеля на устойчивость к фитофторозу проводили по стандартной методике [14]. В качестве инфекционного материала использовали изолят Putzilovka-2019, включающий гены вирулентности. Отделенные листья помещали в плексигласовые поддоны (24 x 33,5 см) на смоченную стерильной водой фильтровальную бумагу абаксимальной стороной вниз: по три листа каждого образца, по три листа восприимчивого сорта Юбилар и по три листа устойчивого контроля сорта Sarpo Mira, по три листа *S. bulbocastanum* (образец 31741) и *S. stoloniferum* (образец 30519-5) в двукратной биологической повторности. Для заражения использовали инокулюм, выдержанный в течение 30 мин. при температуре 10–12 °C для стимуляции выхода зооспор. Инфекционная нагрузка составляла 50 тыс. спорангиев/мл. Инокулюм наносили по одной капле по центру каждого листа между центральной и отходящей жилками. Объем капли составлял 30 мкл. Инокулированные листья выдерживали в течение 24 ч. в темноте при температуре 16 °C.

¹ Коллекция генетических ресурсов растений ВИР. VIR plant genetic resources gene bank. <http://www.vir.nw.ru/unu-kolleksiya-vir/> Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» (ВИР), Министерство науки и высшего образования РФ.

На протяжении всего эксперимента поддоны были закрыты полиэтиленовой пленкой для поддержания постоянной влажности. Через сутки после инокуляции листья переворачивали абаксальной стороной вверх, после чего кюветы переносили в климатический бокс с температурой 16 °С, интенсивностью освещения 1600 лк и 16-часовым фотопериодом.

Учет результатов заражения проводили на 6-е сутки после инокуляции по стандартной шкале с подразделением образцов на группы устойчивости:

Балл	Пораженная площадь, %
9	0
8	3,0
7	3,1–10,0
6	10,1–25,0
5	25,1–75,0
4	75,1–90,0
3	90,1–97,0
2	97,1–99,0
1	100

Растения с типом реакции, соответствующим баллам 7,0–9,0, относили к классу устойчивых (R), 4,0–6,0 — среднеустойчивых (RS), 1,0–4,0 — восприимчивых (S). Статистическую обработку проводили в программе Past 3.17.

Молекулярный скрининг образцов. ДНК выделяли из зеленых листьев растений картофеля (суммарная проба пяти растений), выращенных в условиях культуральной комнаты с использованием процессора магнитных частиц KingFisher Duo Prime (Thermo Scientific, Сингапур) и набора реактивов MagMAX Plant DNA Kit (Thermo Fisher Scientific, Литва).

Выбор молекулярных маркеров для выявления генов устойчивости картофеля, а также праймеры к ним проводили по литературным источникам [8, 15, 16]. Были выбраны маркеры PVX гена *Rx1*, *Gpa2*-2 гена *Gpa2*, *N195* гена *H1*, *Yes3A* гена *Ry_{sto}*, *Rpi-blb* 1-820 и *Rpi-sto* 1-890 гена *Rpi-sto1/Rpi-blb1*, а также *NL 25* гена *Sen1* (табл. 1). Оптимизацию ПЦР проводили подбором оптимального соотношения компонентов реакционной смеси и температурного профиля программы амплификации с использованием позитивных контролей — ДНК сортов картофеля, имеющие в своем геноме искомые гены согласно литературным источникам, Метеор (*Ry_{sto}*, *Rx1*, *Sen1*, *Gpa2*, *H1*), Вектор (*Rx1*, *Gpa2*), Юбилар (*Gpa2*), Жуковский ранний (*Gpa2*, *Rx1*) [15–17], а также образцы высокоустойчивых к фитофторозу клонов диких видов *S. bulbocastanum* (образец 31741 с генами *Rpi-blb1* и *Rpi-blb3*) и *S. stoloniferum* (образец 30519-5 с генами *Ry_{sto}* и *Ry_f_{sto}*), предоставленные отделом биотехнологии ВИР с информацией о наличии ДНК-маркеров генов. ПЦР проводили в 10 мкл 2X реакционной смеси BioMaster HS-Taq ПЦР-Color (без содержания Mg^{2+}) («Биолабмикс», Россия) с добавлением хлорида магния до оптимальной концентрации для каждого маркера индивидуально (табл. 1) в термоциклере T100 (Bio-Rad, США). В реакцию использовали 10–50 нг ДНК-матрицы. Был применен температурный протокол мультиплексной реакции [18], которые ставили индивидуально.

Для выявления маркеров гена устойчивости к фитофторозу (табл. 1) был разработан оригинальный температурный протокол амплификации, позволяющий на одной программе

Таблица 1. Характеристики ДНК-маркеров, используемых для выявления генов устойчивости картофеля к патогенам и вредителям [8, 15, 16]
Table 1. Characteristics of DNA markers used to identify potato resistance genes to pathogens and pests [8, 15, 16]

Ген	Маркер	Последовательность праймеров	Фрагмент	MgCl ₂ (mM)
ДНК-маркер устойчивости к вирусу Y				
<i>Ry_{sto}</i>	YES3-3A (STS)	F: TAACTCAAGCGGAATAACCC R: AATTCACCTGTTTACATGCTTCTGTG	341	0,8
ДНК-маркер устойчивости к <i>Globodera rostochiensis</i>				
<i>H1</i>	N195	F: TGGAAATGGCACCCACTA R: CATCATGTTTCACTTGTCTAC	337	0,8
ДНК-маркер устойчивости к <i>Globodera pallida</i>				
<i>Gpa2</i>	<i>Gpa2</i> -2 (STS)	F: GCACCTTAGAGACTCATTCCA R: ACAGATTGTTGGCAGCGAAA	452	2,0
ДНК-маркер устойчивости к вирусу X				
<i>Rx1</i>	PVX (STS)	F: ATCTTGGTTTGAATACATGG R: CACAATATTGGAAGGATTCA	1230	2,5
ДНК-маркеры устойчивости к <i>Phytophthora infestans</i>				
<i>Rpi-blb</i> 1-820		F: AACCTGTATGGCAGTG GCATG-3' R: GTCAGAAAAGGGCACT CGTG-3'	820	0,75
<i>Rpi-sto</i> 1-890		F: ACCAAGGCCACAAGAT TCTC-3' R: CCTGCGGTTTCGGTTAAT ACA-3'	890	0,75
ДНК-маркер устойчивости к раку картофеля				
<i>Sen1</i>	NL 25 (SCAR)	F: TATTGTTAATCGTTACTCCCTC R: AGAGTCGTTTACCAGACTCC	1400	1,0

выявлять оба молекулярных маркера: 95° — 5 мин.; 10 циклов 95° — 30 сек., 65° (-0,5°/цикл) — 30 сек., 72° — 1 мин.; 35 циклов 95° — 30 сек., 60° — 30 сек., 72° — 1 мин.; постэлонгация 72° — 5 мин. В качестве исходного протокола амплификации использовали параметры, описанные в оригинальной статье [7]. Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в 2%-ном агарозном геле, окрашенном бромистым этидием [1]. Визуализацию фрагментов ДНК проводили УФ-облучением с помощью геледокументирующей системы Gel-Doc GO (Bio-Rad, США). Для определения длины фрагментов использовали маркеры длин фрагментов Step 50 plus, Step 100 и Step 100 Long («Биолабмикс», Россия).

Наличие или отсутствие искомого маркера определяли сравнением с позитивным контролем, имеющим фрагмент определенной длины.

Рис. 1. Результаты эксперимента по устойчивости сортов картофеля к местным изолятам (Приморский край). Фото автора
Примечание: 1 — Laperla, 2 — Impala, 3 — Labella, 4 — Belmonda, 5 — Sapro Mira, 6 — Жуковский ранний, 7 — Red Lady, 8 — Августин, 9 — *Solanum stoloniferum*, 10 — Смак, 11 — Янтарь

Fig. 1. Results of the experiment on the resistance of potato varieties to local isolates (Primorsky Kray). Photo of the author
Note: 1 — Laperla, 2 — Impala, 3 — Labella, 4 — Belmonda, 5 — Sapro Mira, 6 — Zhukovsky ranniy, 7 — Red Lady, 8 — Avgustin, 9 — *Solanum stoloniferum*, 10 — Cmak, 11 — Yantar.



Таблица 2. Балл повреждения и индекс устойчивости сортов картофеля к местным изолятам фитофторы
Table 2. Damage score and resistance index of potato varieties to local phytophthora isolates

	Сорт	Балл повреждения (mean ± SD)	Индекс устойчивости
1	Red Lady	6,3 ± 0,018	RS
2	Lilly	4,3 ± 0,131	RS
3	Гулливёр	5,6 ± 0,051	RS
4	Secura	3,0 ± 0,163	S
5	<i>Solanum bulbocastanum</i> (устойчивый стандарт)	8,0 ± 0,018	R
6	Фиолетовый	7,0 ± 0,181	R
7	Latona	9,0 ± 0,059	R
8	Sarpo Mira (устойчивый стандарт)	9,0 ± 0,059	R
9	Брянский деликатес	9,0 ± 0,059	R
10	Laperla	8,6 ± 0,018	R
11	Belmonda	8,3 ± 0,018	R
12	Labella	5,3 ± 0,051	RS
13	Impala	7,6 ± 0,181	R
14	Gala	9,0 ± 0,059	R
15	Жуковский ранний	8,0 ± 0,018	R
16	Юбилар (восприимчивый стандарт)	2,3 ± 0,163	S
17	Queen Anne	8,0 ± 0,018	R
18	Дачный	9,0 ± 0,059	R
19	Казачок	9,0 ± 0,059	R
20	Adretta	9,0 ± 0,059	R
21	Sante	8,0 ± 0,018	R
22	Смак	4,6 ± 0,163	RS
23	Памяти Рогачева	3,0 ± 0,163	S
24	Янтарь	8,0 ± 0,018	R
25	Августин	3,0 ± 0,163	S
26	<i>Solanum stoloniferum</i> (устойчивый стандарт)	9,0 ± 0,059	R

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Лабораторный эксперимент. По данным лабораторного эксперимента, шесть сортов из коллекции ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» оказались устойчивыми к местным изолятам возбудителя фитофтороза картофеля Latona, Брянский деликатес, Gala, Дачный, Казачок, Adretta (9 баллов, R). Остальные показали разный уровень устойчивости или восприимчивости. Из них можно отметить сорта Laperla, Belmonda, Impala, Фиолетовый, Жуковский ранний, Queen Anne, Sante, Янтарь, которые выделялись достаточно высоким уровнем устойчивости (от 7,0 до 8,6 балла, R) (рис. 1).

Проверка значимости нулевой гипотезы ($p = 0,181$), а также оптимальной линейной несмещенной оценки дисперсии к ее обычной оценке методом максимального правдоподобия ($W = 0,7756$) указывает на высокую достоверность полученных результатов и валидность применяемых методик (табл. 2).

Оптимизация ПЦР для выявления маркеров гена устойчивости к фитофторозу *Rpi-sto1/Rpi-bib1*. Большинство используемых молекулярно-генетических маркеров были отработаны нами ранее, однако выявление гена устойчивости к фитофторозу *Rpi-sto1/Rpi-bib1* в исследовании был использован впервые. Поэтому до проведения исследования целевых образцов потребовалась отработка ПЦР для выявления маркеров этого гена (*Rpi-sto1-890*, *Rpi-bib1-820*). В результате использования состава реакционной смеси и температурных профилей реакции из литературных источников был получен неоднозначный ответ вследствие наличия неспецифических продуктов реакции, затрудняющих их интерпретацию (рис. 2, 3).

Для оптимизации ПЦР в реакционную смесь добавляли разное количество хлорида магния. Наилучшие результаты получены на следующем температурном профиле: 95° — 5 мин.; 10 циклов 95° — 30 сек., 65° (–0,5°/цикл) — 30 сек., 72° — 1 мин.; 35 циклов 95° — 30 сек., 60° — 30 сек., 72° — 1 мин.; постэлонгация 72° — 5 мин. Данный протокол оказался эффективным для выявления обоих маркеров — *Rpi-sto1-890* и *Rpi-bib1-820*. Для оценки эффективности данных маркеров у сортов культурного картофеля была использована ДНК сорта Сударыня, имеющего данный ген устойчивости к фитофторозу (по литературным данным) [8] (рис. 4).

Рис. 2. Электрофореграммы продуктов амплификации молекулярных маркеров гена устойчивости к фитофторозу *Rpi-sto1-890* (1) и *Rpi-bib1-820* (2) при использовании стандартного температурного профиля с добавлением в реакционную смесь 1,5 мМ (А) и 2,5 мМ (В) хлорида магния: М — маркер длин фрагментов step-100 Long, 1 — Sarpo Mira, 2, 3 — *S. bulbocastanum*, 4–6 — *S. stoloniferum*, 7, 8 — Alouette, К — негативный контроль реакции

Fig. 2. Electrophoresis of the amplification products of molecular markers of the phytophthora resistance gene *Rpi-sto1-890* (1) and *Rpi-bib1-820* (2) using a standard thermal profile with the addition of 1.5 mM (A) and 2.5 mM (B) magnesium chloride to the reaction mixture: M — step-100 Long fragment length marker, 1 — Sarpo Mira, 2, 3 — *S. bulbocastanum*, 4–6 — *S. stoloniferum*, 7, 8 — Alouette, K — negative reaction control

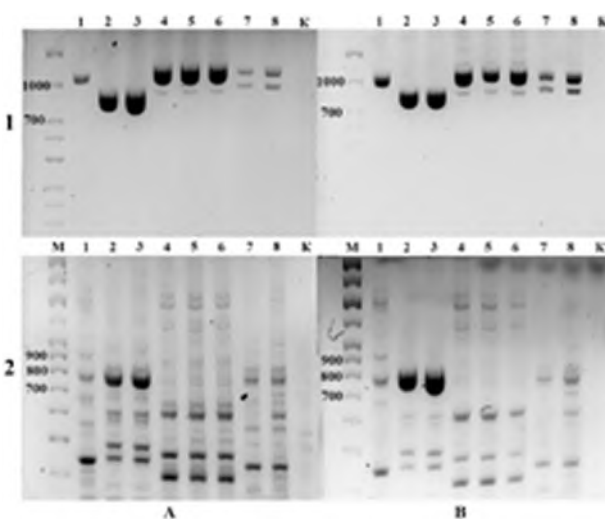


Рис. 3. Электрофореграммы оптимизации ПЦР-маркеров генов устойчивости к фитофторозу *Rpi-sto1-890* (1) и *Rpi-bib1-820* (2) в образцах картофеля: А — 0,5 мМ; В — 1 мМ; С — 1,5 мМ хлорида магния в реакционной смеси; М — маркер длин фрагментов step-100 Long, 1 — Sarpo Mira, 2, 3 — *S. bulbocastanum*, 4–6 — *S. stoloniferum*, 7, 8 — Alouette, К — негативный контроль реакции

Fig. 3. Identification of phytophthora resistance gene markers *Rpi-sto1-890* (1) and *Rpi-bib1-820* (2) in potato samples: A — 0.5 mM; B — 1 mM; C — 1.5 mM magnesium chloride in the reaction mixture; M — step-100 Long fragment length marker, 1 — Sarpo Mira, 2, 3 — *S. bulbocastanum*, 4–6 — *S. stoloniferum*, 7, 8 — Alouette, K — negative reaction control

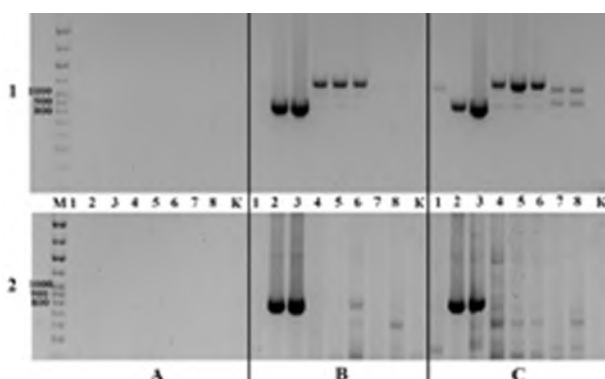
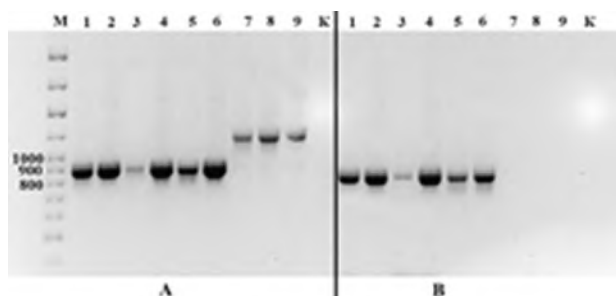


Рис. 4. Электрофореграмма ПЦР молекулярных маркеров генов устойчивости к фитофторозу Rpi-sto1-890 (А) и Rpi-bib1-820 (В) при использовании оригинального температурного профиля реакции и содержания хлорида магния в реакционной смеси 0,75 mM: М — маркер длин фрагментов step-100 Long, 1, 2 — *S. Bulbocastanum*, 3–6 — Сударыня и гибриды, полученные с ее участием, 7–9 — *S. stoloniferum*, К — негативный контроль реакции



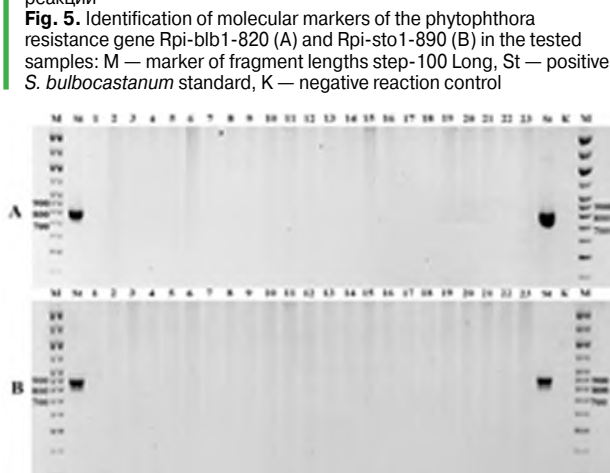
Стоит отметить выявленную особенность молекулярного маркера Rpi-sto1-890, а именно наличие фрагмента большей длины (порядка 1100 п. н.) у образца *Solanum stoloniferum*, даже при оптимальных условиях и близких к оптимальным условиям протекания реакции. Ситуация усугубляется при постановке реакции в условиях, способствующих протеканию неспецифических реакций. В процессе оптимизации ПЦР обнаружено, что у образцов *Solanum stoloniferum* и Alouette амплифицируются два фрагмента (один из которых совпадает по размеру с маркерным, но значительно бледнее, второй более яркий — порядка 1100 п. н.), а у Sargo Mira — один (~1100 п. н.) (рис. 2–4).

Полученные данные указывают на возможные сложности интерпретации результатов в случае отсутствия позитивных стандартов и (или) плохого разрешения продуктов при электрофорезе (малая длина пробега, низкие концентрации агарозы, неполное разрешение маркера длин фрагментов). Так, в статье Е.П. Шаниной с соавторами [16] указано наличие маркера Rpi-sto1-890 для ряда образцов, в том числе и Sargo Mira, при отсутствии Rpi-bib1-820, на основании чего делается вывод о наличии у данных образцов искомого гена. Однако лишь один образец в исследовании (СМ 503-55) имеет оба маркера, а значит, может действительно иметь искомым ген, в то время как для остальных образцов получен ложноположительный результат в силу описанных выше особенностей используемых молекулярных маркеров. Вероятно, как минимум часть образцов, имеющих в генотипе элементы генома *Solanum stoloniferum*, могут выявлять данный неспецифический фрагмент порядка 1100 п. н. либо оба фрагмента, что может приводить к ложноположительным результатам при работе с данным молекулярным маркером.

Скрининг сортов картофеля. Важным направлением селекции является создание сортов, устойчивых к комплексу заболеваний, таких как фитофтороз, вирусные и грибные инфекции, а также паразитические нематоды. Применение ДНК-маркеров для идентификации ценных генотипов ускоряет процесс отбора устойчивых сортов, тем самым повышая эффективность селекции.

В работе был проведен молекулярный скрининг 23 сортов картофеля, а выявление генотипов — с маркерами генов: *H1* и *Gpa2*, контролирующими устойчивость к золотистой цистообразующей и бледной нематодам; ген *Sen1*, обеспечивающий устойчивость к раку картофеля; ген *Rx1* — устойчивость к X-вирусу, ген *Ry_{sto}* —

Рис. 5. Идентификация молекулярных маркеров гена устойчивости к фитофторозу Rpi-bib1-820 (А) и Rpi-sto1-890 (В) у исследуемых образцов: М — маркер длин фрагментов step-100 Long, St — положительный стандарт *S. bulbocastanum*, К — негативный контроль реакции



к вирусу Y, а также ген *Rpi-sto1/Rpi-bib1*, обеспечивающий устойчивость к широкому спектру рас возбудителя фитофтороза (табл. 3).

Наибольшую частоту встречаемости имел маркер гена устойчивости к раку картофеля (*Sen1*) NI25, выявленный у 22 сортов (97%). Этот факт обусловлен тем, что устойчивость к *S. endobioticum* является обязательным требованием для включения новых сортов в реестр селекционных достижений [18]. Известно, что из идентифицированных в настоящее время генов, контролирующих устойчивость к бледной и золотистой

Таблица 3. Результаты скрининга сортов картофеля с целью выявления генов устойчивости к патогенам и вредителям ПЦР-методом с геноспецифичными праймерами

Table 3. Results of screening of potato varieties to detect genes of resistance to pathogens and pests by PCR with gene-specific primers

Сорт	Гены устойчивости и их молекулярные маркеры						
	<i>Gpa2</i>	<i>H1</i>	<i>Sen1</i>	<i>Rx1</i>	<i>Ry_{sto}</i>	<i>Rpi-sto1/Rpi-bib1</i>	
	<i>Gpa2-2</i>	<i>N195</i>	<i>NI25</i>	<i>PVX</i>	<i>Y3A</i>	<i>Rpi-sto1-890</i>	<i>Rpi-bib1-820</i>
1 Secura	–	+	+	–	–	–	–
2 Queen Anne	–	+	+	–	–	–	–
3 Red Lady	–	+	+	–	–	–	–
4 Belmonda	–	+	+	–	–	–	–
5 Жуковский ранний	+	+	+	+	–	–	–
6 Lilly	–	+	+	–	–	–	–
7 Фиолетовый	–	–	–	–	–	–	–
8 Gala	–	+	+	–	–	–	–
9 Impala	–	+	+	–	–	–	–
10 Казачок	+	–	+	+	–	–	–
11 Брянский деликатес	–	–	+	–	–	–	–
12 Latona	+	+	+	+	–	–	–
13 Смак	+	+	+	+	–	–	–
14 Sante	+	+	+	+	–	–	–
15 Labella	–	+	+	–	–	–	–
16 Юбилар	+	+	+	+	–	–	–
17 Августин	+	–	+	+	–	–	–
18 Памяти Рогачева	–	+	+	+	–	–	–
19 Янтарь	+	–	+	+	–	–	–
20 Laperla	+	+	+	+	–	–	–
21 Adretta	–	–	+	+	–	–	–
22 Гулливер	–	–	+	+	–	–	–
23 Дачный	–	–	+	+	–	–	–
24 <i>Solanum bulbocastanum</i> (устойчивый стандарт)	–	–	–	–	+	+	+
25 <i>Solanum stoloniferum</i> (устойчивый стандарт)	–	–	–	–	+	–	–
26 Sargo Mira (устойчивый стандарт)	–	–	+	+	–	–	–

цистообразующей нематодам, наиболее эффективную защиту обеспечивают *H1* и *Gpa2* [19]. Ген устойчивости *H1* был выявлен у 15 сортов, что составляет 65% от общей выборки, а *Gpa2* — у 9 сортов (40%), 6 образцов имеют доминантные аллели обоих генов. Ген *Rx1*, кодирующий устойчивость к вирусу X, обнаружен у 13 сортообразцов. В результате исследований выделен ряд сортов картофеля с комплексной устойчивостью к патогенам и вредителям: Смак, Sante, Юбилар, Жуковский ранний, Laperla (*Rx1*, *H1*, *Gpa2*, *Sen1*); Памяти Рогачева, Августин, Казачок, Янтарь (*Rx1*, *Gpa2*, *Sen1*); Gala, Impala, Lilly, Adretta, Дачный (*Rx1*, *Sen1*). Маркеры устойчивости Y3A и *Rpi-sto1*-890 присутствовали только у устойчивого стандарта *Solanum bulbocastanum* (рис. 5).

Использование сортовой устойчивости к болезням в картофелеводстве всегда было очень актуальным. Так, для Московской области описаны сорта картофеля Гала, Тимо-Ханкян и Гермес, которые в условиях тенденции к потеплению климата демонстрировали высокий уровень урожайности, а также устойчивости к фитофторозу и альтернариозу, что частично согласуется с исследованиями [20].

В условиях орошения степной зоны Южного Урала наибольшей устойчивостью к поражению фитофторозом обладают сорта картофеля Артемис, Эроу и Спиридон. Слабое поражение растений и клубней (до 2,2%) отмечалось

у сортов Романо, Тарасов, Кузовок. Сорта Памяти Коваленко, Невский и Родрига отличаются слабой расоспецифической и полевой устойчивостью к фитофторозу [21].

Выводы/Conclusion

Большинство изученных сортов продемонстрировали устойчивость к местным изолятам фитофторы на уровне иммунных стандартов. Восприимчивыми оказались только Secura и Августин, средневосприимчивыми — Red Lady, Lilly, Гулливер, Labella и Памяти Рогачева. На данном этапе исследования не удалось связать устойчивость к фитофторозу с используемыми молекулярными маркерами гена *Rpi-sto1/Rpi-bib1* вследствие его отсутствия в представленной выборке. Аналогичная ситуация и с маркером гена *Ry_{sto}*, поскольку они довольно слабо представлены в популяции культурного картофеля и чаще всего имеются у единичных образцов. Таким образом, наблюдаемая устойчивость, вероятно, обеспечена другими генами.

В результате молекулярно-генетического скрининга исследуемых образцов выявлен ряд сортов картофеля, имеющих комплекс маркеров генов устойчивости к патогенам и вредителям: Смак, Sante, Юбилар, Жуковский ранний, Laperla (*Rx1*, *H1*, *Gpa2*, *Sen1*); Памяти Рогачева, Августин, Казачок, Янтарь (*Rx1*, *Gpa2*, *Sen1*); Gala, Impala, Lilly, Adretta, Дачный (*Rx1*, *Sen1*).

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 при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (№ FNGW-2022-0007).

FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of the state assignment of the A.K. Chaika Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East (No. FNGW-2022-0007).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ahmadvand R., Wolf I., Gorji A.M., Polgár Z., Taller J. Development of Molecular Tools for Distinguishing Between the Highly Similar Rx1 and Rx2 PVX Extreme Resistance Genes in Tetraploid Potato. *Potato Research*. 2013; 56(4): 277–291. <https://doi.org/10.1007/s11540-013-9244-y>
- Бирюкова В.А. и др. Поиск источников генов устойчивости к патогенам среди образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИХХ с использованием молекулярных маркеров. *Защита картофеля*. 2015; (1): 3–7. <https://www.elibrary.ru/tbigxp>
- Гавриленко Т.А. и др. Молекулярный скрининг сортов и гибридов картофеля северо-западной зоны Российской Федерации. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(1): 35–45. <https://doi.org/10.18699/VJ18.329>
- Sokolova E. et al. SCAR-markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 309–312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
- Антонова О.Ю. и др. Генетическое разнообразие сортов картофеля российской селекции и стран ближнего зарубежья по данным полиморфизма SSR-локусов и маркеров R-генов устойчивости. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2016; 20(5): 596–606. <https://doi.org/10.18699/VJ16.181>
- Valkonen J.P.T., Gebhardt C., Zimnoch-Guzowska E., Watanabe K.N. Resistance to *Potato virus Y* in potato. Lacomme C., Glais L., Bellstedt D.U., Dupuis B., Karasev A.V., Jacquot E. eds. *Potato Virus Y: Biodiversity, Pathogenicity, Epidemiology and Management*. Springer. 2017; 207–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_8
- Антонова О.Ю., Клименко Н.С., Евдокимова З.З., Костина Л.И., Гавриленко Т.А. Последовательности, гомологичные участкам гена *RB/Rpi-bib1/Rpi-sto1*, у сортов картофеля, созданных методами традиционной селекции. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(6): 693–702 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.18699/VJ18.412>
- Huang S. et al. Comparative genomics enabled the isolation of the *R3a* late blight resistance gene in potato. *The Plant Journal*. 2005; 42(2): 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2005.02365.x>
- Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. *Breeding Science*. 2012; 62(2): 142–150. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.142>
- Гаджиев Н.М. и др. Использование в практической селекции картофеля результатов ДНК-маркирования исходных родительских форм и межсортовых гибридов. *Сельскохозяйственная биология*. 2020; 55(5): 981–994. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.981rus>
- Ермишин А.П., Свиточ О.В., Воронкова Е.В., Гукасян О.Н., Лукша В.И. Определение состава и аллельного состояния генов устойчивости к болезням и вредителям у родительских линий картофеля с помощью ДНК-маркеров. *Генетика*. 2016; 52(5): 569–578. <https://doi.org/10.7868/S0016675816050052>

REFERENCES

- Ahmadvand R., Wolf I., Gorji A.M., Polgár Z., Taller J. Development of Molecular Tools for Distinguishing Between the Highly Similar Rx1 and Rx2 PVX Extreme Resistance Genes in Tetraploid Potato. *Potato Research*. 2013; 56(4): 277–291. <https://doi.org/10.1007/s11540-013-9244-y>
- Biryukova V.A. et al. Search for the sources of pathogen resistance genes among the samples of the VNIKH breeding and genetic collections with the use of molecular markers. *Zashchita kartofelya*. 2015; (1): 3–7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/tbigxp>
- Gavrilenko T.A. et al. Molecular screening of potato varieties bred in the northwestern zone of the Russian Federation. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(1): 35–45 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ18.329>
- Sokolova E. et al. SCAR-markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources*. 2011; 9(2): 309–312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
- Antonova O.Yu. et al. Genetic diversity of potato varieties bred in Russia and near-abroad countries based on polymorphism of SSR-loci and markers associated with resistance R-genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016; 20(5): 596–606 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ16.181>
- Valkonen J.P.T., Gebhardt C., Zimnoch-Guzowska E., Watanabe K.N. Resistance to *Potato virus Y* in potato. Lacomme C., Glais L., Bellstedt D.U., Dupuis B., Karasev A.V., Jacquot E. eds. *Potato Virus Y: Biodiversity, Pathogenicity, Epidemiology and Management*. Springer. 2017; 207–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58860-5_8
- Antonova O.Yu., Klimenko N.S., Evdokimova Z.Z., Kostina L.I., Gavrilenko T.A. Finding *RB/Rpi-bib1/Rpi-sto1*-like sequences in conventionally bred potato varieties. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(6): 693–702. <https://doi.org/10.18699/VJ18.412>
- Huang S. et al. Comparative genomics enabled the isolation of the *R3a* late blight resistance gene in potato. *The Plant Journal*. 2005; 42(2): 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2005.02365.x>
- Asano K., Kobayashi A., Tsuda S., Nishinaka M., Tamiya S. DNA marker-assisted evaluation of potato genotypes for potential resistance to potato cyst nematode pathotypes not yet invading into Japan. *Breeding Science*. 2012; 62(2): 142–150. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.62.142>
- Gadzhiev N.M. et al. On using data from marker-assisted selection of source material and intervarietal hybrids in practical potato breeding. *Agricultural Biology*. 2020; 55(5): 981–994 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.981rus>
- Yermishin A.P., Svitch O.V., Voronkova E.V., Gukasian O.N., Luksha V.I. Determination of the composition and the allelic state of disease and pest resistance genes in potato parental lines using DNA markers. *Russian Journal of Genetics*. 2016; 52(5): 569–578. <https://doi.org/10.1134/S1022795416050057>

12. Wu R., Gallo-Meagher M., Littell R.C., Zeng Z.-B. A General Polyploid Model for Analyzing Gene Segregation in Outcrossing Tetraploid Species. *Genetics*. 2001; 159(2): 869–882. <https://doi.org/10.1093/genetics/159.2.869>
13. Хютти А.В., Рыбаков Д.А., Гавриленко Т.А., Афанасенко О.С. Устойчивость к возбудителям фитофтороза и глободероза современного сортимента семенного картофеля и его фитосанитарное состояние в различных агроклиматических зонах европейской части России. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2020; 24(4): 363–375. <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
14. Brylińska M., Śliwka J. Laboratory assessment of potato resistance to *Phytophthora infestans*. *Plant Breeding and Seed Science*. 2017; 76(1): 17–23. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-0016>
15. Бирюкова В.А., Шмыгля И.В., Митюшкин А.В., Мелешин А.А., Жарова В.А. Молекулярный скрининг образцов селекционно-генетических коллекций ВНИИХ. «День поля» в рамках КПНИ ФАНО России «Развитие селекции и семеноводства картофеля» и научная конференция «Теоретические основы и прикладные исследования в селекции и семеноводстве картофеля». Новосибирск: Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук. 2018; 8. <https://doi.org/10.18699/Potato-2018-04>
16. Шанина Е.П., Сергеева Л.Б., Стафеева М.А., Клюкина Е.М. Применение ДНК-маркеров для оценки исходного селекционного материала картофеля. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; (12): 47–49. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11213>
17. Клименко Н.С., Гавриленко Т.А., Костина Л.И., Мамadbokirova Ф.Т., Антонова О.Ю. Поиск источников устойчивости к *Globodera pallida* и к PVX в коллекции отечественных сортов картофеля с использованием молекулярных маркеров. *Биотехнология и селекция растений*. 2019; 2(1): 42–48. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2019-1-42-48>
18. Сайнакова А.Б. и др. Исследование коллекционных образцов картофеля на наличие генетических маркеров устойчивости к фитопатогенам. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018; 22(1): 18–24. <https://doi.org/10.18699/VJ18.326>
19. Khiutti A.V., Mironenko N.V., Afanasenko O.S., Antonova O.Y., Gavrilenko T.A. Potato Resistance to Quarantine Diseases. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2017; 7(8): 833–844. <https://doi.org/10.1134/S2079059717050094>
20. Антоненко В.В., Смирнов А.Н. Влияние регуляторов роста растений новосил, лариксин и терпенол на агрессивность *Phytophthora infestans*. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2011; (4): 64–72. <https://elibrary.ru/ohklyd>
21. Мушинский А.А., Часовских Н.П., Герасимова Е.В., Аминова Е.В. Устойчивость сортов картофеля к фитофторозу (*Phytophthora infestans*) в условиях орошения в степной зоне Южного Урала. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016; (4): 61–63. <https://elibrary.ru/wjwmrj>

12. Wu R., Gallo-Meagher M., Littell R.C., Zeng Z.-B. A General Polyploid Model for Analyzing Gene Segregation in Outcrossing Tetraploid Species. *Genetics*. 2001; 159(2): 869–882. <https://doi.org/10.1093/genetics/159.2.869>
13. Khyutti A.V., Rybakov D.A., Gavrilenko T.A., Afanasenko O.S. Resistance to causal agents of late blight and golden potato nematode of the modern cultivars of seed potatoes and their phytosanitary status in various agroclimatic zones of the European part of Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020; 24(4): 363–375 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ20.629>
14. Brylińska M., Śliwka J. Laboratory assessment of potato resistance to *Phytophthora infestans*. *Plant Breeding and Seed Science*. 2017; 76(1): 17–23. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-0016>
15. Biryukova V.A., Shmygla I.V., Mityushkin A.V., Meleshin A.A., Zharova V.A. Molecular screening of samples of breeding and genetic collections of VNIKH. «Field Day» within the framework of the CPNI FANO of Russia «Development of potato breeding and seed production» and the scientific conference «Theoretical foundations and applied research in potato breeding and seed production». Novosibirsk: Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2018; 8 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/Potato-2018-04>
16. Shanina E.P., Sergeeva L.B., Stafeyeva M.A., Klyukina E.M. The use of DNA markers to evaluate the initial breeding material of potatoes. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; (12): 47–49 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11213>
17. Klimenko N.S., Gavrilenko T.A., Kostina L.I., Mamadbokirova F.T., Antonova O.Yu. Search for resistance sources to *Globodera pallida* and potato virus X in the collection of potato varieties using molecular markers. *Plant Biotechnology and Breeding*. 2019; 2(1): 42–48 (In Russian). <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2019-1-42-48>
18. Saynakova A.B. et al. Testing potato collection samples for the presence of genes for resistance to phytopathogens by means of DNA markers. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22(1): 18–24 (In Russian). <https://doi.org/10.18699/VJ18.326>
19. Khiutti A.V., Mironenko N.V., Afanasenko O.S., Antonova O.Yu., Gavrilenko T.A. Potato Resistance to Quarantine Diseases. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2017; 7(8): 833–844. <https://doi.org/10.1134/S2079059717050094>
20. Antonenko V.V., Smirnov A.N. The influence of plant growth regulators Novosil, Lariksin, and Terpenol on the aggression of *Phytophthora infestans*. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2011; (4): 64–72 (In Russian). <https://elibrary.ru/ohklyd>
21. Mushinsky A.A., Chasovskikh N.P., Gerasimova E.V., Aminova E.V. Resistance of potato varieties to late blight (*Phytophthora infestans*) under irrigation in the South Ural steppe zone. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2016; (4): 61–63 (In Russian). <https://elibrary.ru/wjwmrj>

ОБ АВТОРАХ

Петр Викторович Фисенко,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
phisenko@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1727-4641>

Наталия Валериевна Мацишина,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
mnathalie134@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0165-1716>

Юлия Сергеевна Попова,

младший научный сотрудник
alexbronskaya@gmail.com

Дмитрий Игоревич Волков,

младший научный сотрудник
volkov_dima@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>

Тамара Ивановна Хоружева,

младший научный сотрудник
tamaraserbakova736@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0140-394x>

Марина Владимировна Ермак,

младший научный сотрудник
ermackmarine@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-37278634>

Ольга Абдулалиевна Собко,

научный сотрудник
o.eyvazova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>

Федеральный научный центр агробиотехнологий

Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Petr Viktorovich Fisenko,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researchers
phisenko@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1727-4641>

Nataliya Valerievna Matsishina,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researchers
mnathalie134@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0165-1716>

Yuliya Sergeevna Popova,

Junior Research Assistant
alexbronskaya@gmail.com

Dmitrii Igorevich Volkov,

Junior Research Assistant
volkov_dima@inbox.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9364-9225>

Tamara Ivanovna Khoruzheva,

Junior Research Assistant
tamaraserbakova736@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0140-394x>

Marina Vladimirovna Ermak,

Junior Research Assistant
ermackmarine@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-37278634>

Olga Abdalaliyeva Sobko,

Researcher
o.eyvazova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4383-3390>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology

of the Far East named after A.K. Chaika,
30B Volozhenin Str., village Timiryazevsky, Ussuriysk,
Primorsky Krai, 692539, Russia

УДК 633.14:631.526

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138

П.М. Богдан, ✉
Н.А. Красковская,
И.Н. Даниленко

Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока
им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ polina_bogdan84@mail.ru

Поступила в редакцию:

16.06.2023

Одобрена после рецензирования:

14.08.2023

Принята к публикации:

29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138

Polina M. Bogdan, ✉
Natalya A. Kraskovskaya,
Irina N. Danilenko

Federal Scientific Center of Agricultural
Biotechnology of the Far East named after
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ polina_bogdan84@mail.ru

Received by the editorial office:

16.06.2023

Accepted in revised:

14.08.2023

Accepted for publication:

29.08.2023

Оценка коллекции инбредных линий кукурузы приморской селекции

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современной селекции гибридов кукурузы важное значение уделяется созданию нового исходного материала — инбредных линий, генетический потенциал которых прежде всего зависит от качества форм, используемых в процессе самоопыления, отборов и оценок потомств по хозяйственно ценным признакам до достижения гомозиготного состояния.

Методика. Изучение самоопыленных линий проводилось в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» на экспериментальном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы стандартным методом, суть которого состоит в проведении самоопыления и отбора линий по комплексу хозяйственно ценных признаков на протяжении нескольких лет до достижения гомозиготного состояния.

Результаты. В результате исследований выделены генотипы, сочетающие в себе высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155. Выделены источники хозяйственно ценных признаков: высоты растения и прикрепления початков (ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181), длины початков (ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175), массы початков (ПК 160, ПК 65, ПК 155, ПК 139, ПК 52), количества зерен с початка (ПК 42, ПК 52, ПК 65), массы зерна с початков (ПК 65, ПК 155, ПК 160), массы 1000 зерен (ПК 160, ПК 175, ПК 181, ПК 139, ПК 65), самоопыленные линии кукурузы с высокой ОКС (ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3). Образцы будут использованы в селекционной программе по созданию высокопродуктивных гибридов кукурузы.

Ключевые слова: селекция, кукуруза, самоопыленные линии, урожайность, хозяйственно ценные признаки, гетерозис, общая комбинационная способность

Для цитирования: Богдан П.М., Красковская Н.А., Даниленко И.Н. Оценка коллекции инбредных линий кукурузы Приморской селекции. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 133–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138>

© Богдан П.М., Красковская Н.А., Даниленко И.Н.

Evaluating the collection of maize inbred lines originating from Primorsky Krai

ABSTRACT

Background. The modern breeding of maize hybrids for high heterosis pays considerable attention to the creation of new starting material, i. e. inbred lines. Their genetic potential depends primarily on the quality of forms used in self-pollination, on the selection and evaluation of progeny aimed at achieving the homozygosity of economically important traits.

Methods. The study on maize inbred lines was carried out by the Laboratory of the Breeding and Breeder Seed Production of Maize in an experimental field plot at FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika». A standard method was employed, which included the self-pollination and selection of lines for a complex of economically important traits over several years to achieve homozygosity.

Results. The research resulted in the selection of genotypes that combined high yield with a low moisture content in grain at harvest maturity PK 160, PK 139, PK 65, and PK 155. We identified sources of such economically important traits as the height of plants and cobs (PK 26, PK 36, PK 39, PK 42, PK 55, PK 78, and PK 181), cob length (PK 55, PK 57, PK 58, PK 65, PK 69, PK 153, PK 155, PK 160, PK 164, and PK 175), cob weight (PK 160, PK 65, PK 155, PK 139, and PK 52), the number of grains per cob (PK 42, PK 52, and PK 65), grain weight per cob (PK 65, PK 155, and PK 160), the 1000 kernel weight (PK 160, PK 175, PK 181, PK 139, and PK 65), and a high general combining ability (PK 58, PK 124, PK 176, PK 1/3, and PK 3). The selected accessions will be involved in a breeding program to create highly heterotic maize hybrids.

Key words: breeding, maize, self-pollinated lines, yield, economically important traits, heterosis, general combining ability

For citation: Bogdan P.M., Kraskovskaya N.A., Danilenko I.N. Evaluating the collection of maize inbred lines originating from Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 133–138 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138>

©Bogdan P.M., Kraskovskaya N.A., Danilenko I.N.

Введение/Introduction

Кукуруза (*Zea mays* L.) из-за высокой потенциальной урожайности и универсальности использования является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире [1]. Доля кукурузы в мировом зерновом балансе составляет более 30%, а объем ее ежегодного валового производства — 660–686 млн т. За последние 60 лет площадь посева культуры увеличилась с 87 до 146 млн га, а средняя урожайность в мире повысилась с 12,7 до 46,9 ц/га [2, 3]. Посевные площади кукурузы на зерно в России в 2022 г. составили 2954 тыс. га, в том числе на Дальнем Востоке — 92 тыс. га¹.

Использование в производстве высокоурожайных гибридов кукурузы имеет большое значение с экономической точки зрения и является доступным способом увеличения производства зерна. Выращивание в регионе современных гибридов кукурузы и совершенствование технологий ее возделывания за последние 10 лет позволили увеличить сбор зерна более чем на 70% [4]. В настоящее время технологическое развитие сельского хозяйства России в значительной степени опирается на достижения зарубежной науки. Доля семян гибридов кукурузы зарубежной селекции составила более 50%², в связи с чем создание высокопродуктивных гибридов кукурузы отечественной селекции представляет большой научный и практический интерес.

В селекции гибридов кукурузы важное значение уделяется получению нового исходного материала — инбредных линий, которые являются основным источником для создания новых комбинаций для различных селекционных программ. Генетический потенциал получаемых линий прежде всего зависит от качества форм, используемых в процессе самоопыления, отборов и оценок потомств по хозяйственно ценным признакам до достижения гомозиготного состояния. Впоследствии агрономические показатели получаемых гибридных комбинаций определяются уровнем улучшения зародышевой плазмы, вовлеченной в родительские компоненты. Следовательно, правильный подбор исходного материала является решающим фактором эффективности селекционного процесса в целом [5, 6].

Цель исследования — изучить коллекцию инбредных линий приморской селекции и выделить образцы с ценными хозяйственными признаками для создания высокопродуктивных гибридов кукурузы.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследований являлись инбредные линии кукурузы, полученные стандартным методом³: самоопыление и отбор линий по комплексу хозяйственно ценных признаков на протяжении четырех-пяти лет до достижения гомозиготного состояния. Линии изучались в 2018–2022 гг. в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Приморский край, Россия) на экспериментальном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы. Закладку полевых

опытов выполняли согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кукурузой⁴, посев и уборку питомников осуществляли вручную. Потомства самоопыленных початков высевали в селекционном питомнике по схеме «початок — ряд». Агротехника выращивания кукурузы в опыте — общепринятая в Приморском крае⁵.

В период вегетации выполнялись фенологические наблюдения и учеты согласно методике государственного сортоиспытания⁶ и методическим указаниям по изучению и поддержанию образцов коллекции кукурузы⁷. В лабораторных условиях проводили анализ початков и зерен по следующим показателям: консистенция и окраска зерна, форма, длина початка, масса початка, количество зерен в початке, масса зерна с початка, выход зерна с початка и масса 1000 зерен.

Статистическая обработка данных выполнена по методике Б.А. Доспехова⁸ с использованием вариационного и корреляционного анализов.

Селекционный индекс ($C_{\text{и}}$) рассчитан как соотношение урожая зерна (в ц/га) к его влажности на момент уборки (%) [7]. Общая комбинационная способность (ОКС) и гетерозис [8] экспериментальных гибридов определены при свободном опылении в контрольном питомнике в 2022 г. Площадь делянки в селекционном питомнике — 5 м², в контрольном — 10 м², густота стояния — 40 тыс/га и 80 тыс/га соответственно.

Почвы опытного участка — лугово-бурые, отбеленные, по механическому составу — тяжелые суглинки с содержанием органического вещества (2,66%), легкогидролизуемого азота (76 мг/кг почвы), подвижного фосфора (62 мг/кг почвы), обменного калия (163 мг/кг почвы), рН солевой вытяжки (5,1 ед.); сумма обменных оснований — 19,4 мг экв / 100 г, гидролитическая кислотность — 3,82 Ммоль / 100 г.

Оценку влагообеспеченности территории в годы исследований проводили по методике Г.Т. Селянинова⁹. При расчете гидротермического коэффициента (ГТК) основывались на данных суммы эффективных температур > 10 °С и количества осадков за вегетационный период кукурузы, представленных агрометеорологической станцией «Тимирязевский» (ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»), отвечающих условиям репрезентативности относительно «климатического фона» района расположения станции. Расстояние агрометеостанции до места проведения опытов — 0,98 км. Величина ГТК: в пределах 0,4–0,7 — очень засушливо, 1,0–1,5 — влажно, более 1,5 — избыточно влажно.

Разнообразие метеорологических условий 2018–2022 гг. по количеству осадков и температурному режиму способствовало более полной и объективной оценке исследуемого материала. Кукуруза характеризуется большой потребностью в воде в течение всей вегетации. При недостатке влаги понижается фотосинтез, усиливается дыхание, ослабляются ростовые процессы, снижается урожайность и ухудшается качество растительной продукции¹⁰. Благоприятные условия для

¹ Единая межведомственная информационно-статистическая система. — URL: <http://www.fedstat.ru>. (дата обращения: 12.05.2023).

² Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). — URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516 (дата обращения: 14.05.2023).

³ Методические указания по селекции кукурузы / сост. Б.П. Соколов и др. М.: ВАСХНИЛ. 1982; 55.

⁴ Методические указания по проведению полевых опытов с кукурузой / сост. Н.В. Соболева. Омск. 1980; 8.

⁵ Система ведения агропромышленного производства Приморского края / РАСХН, ДВНМЦ, ПримНИИСХ. Новосибирск. 2001; 364.

⁶ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989; 2: 194.

⁷ Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы: методические указания. Л.: ВИР. 1985; 49.

⁸ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1979; 416.

⁹ Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Мировой агроклиматический справочник. Л., М. 1937; 5–29.

¹⁰ Волошин Е.И., Аветисян А.Т. Применение удобрений при возделывании кукурузы в Средней Сибири: методические указания. Красноярск: КрасГАУ. 2018; 31.

Рис. 1. Характеристика уровня влагообеспеченности вегетационного периода кукурузы в 2018–2022 гг.

Fig. 1. The hydro-thermal coefficient during the growing season of maize in 2018–2022

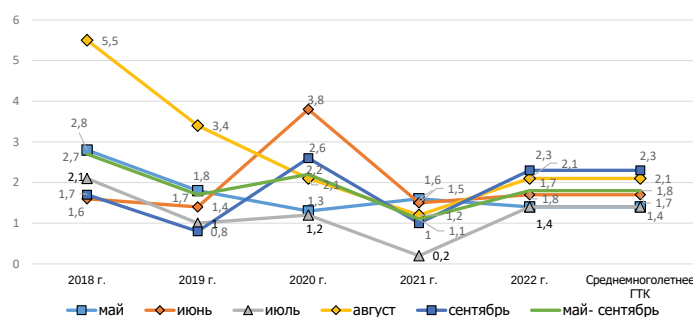


Рис. 2. Распределение урожайности самоопыленных линий в 2018–2021 гг.

Fig. 2. Distribution of the yield of the inbred maize lines in 2018–2021

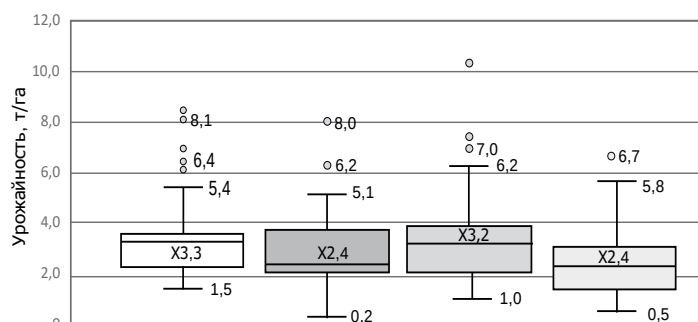


Рис. 3. Гистограмма распределения самоопыленных линий по урожайности зерна (среднее за 2018–2021 гг.)

Fig. 3. Histogram of the distribution of the self-pollinated lines by grain yield (the average for 2018–2021)

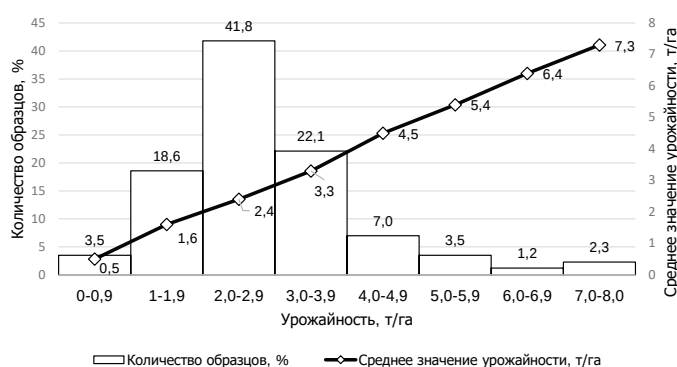


Рис. 4. Урожайность (т/га) и уборочная влажность зерна (%) самоопыленных линий кукурузы в 2018–2021 гг.

Fig. 4. The yield (t/ha) and moisture content in grain at harvest maturity (%) of the self-pollinated maize lines in 2018–2021

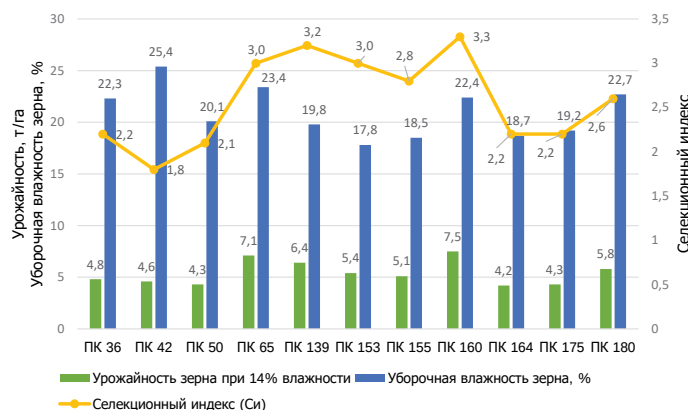


Таблица 1. Распределение инбредных линий кукурузы по подвидам и разновидностям

Table 1. Grouping the studied inbred maize lines by subspecies and varieties

Подвид (Subspecies), разновидность (Varietas)	Описание	%
<i>Subspecies indurata</i> Sturt., var. <i>vuldata</i> Körn.	кремнистая, зерно желтое, цветковые чешуи белые	48,2
<i>Subspecies indurata</i> Sturt., var. <i>rubropaleata</i> Körn.	кремнистая, зерно желтое, цветковые чешуи красные	31,8
<i>Subspecies indentata</i> Sturt., var. <i>zanthodon</i> Al.	зубовидная, зерно желтое, цветковые чешуи белые	10,6
<i>Subspecies indentata</i> Sturt., var. <i>flavorubra</i> Körn.	зубовидная, зерно желтое, цветковые чешуи красные	9,4

роста и развития кукурузы сложились в 2018 г., 2020 г. и 2022 г., когда количество выпавших осадков с мая по сентябрь (ГТК = 2,2–2,7) превосходило среднегодовое значения (ГТК = 1,8). Наибольший стресс для кукурузы за годы исследований отмечен в 2021 г., когда в июле и августе, перед началом выбрасывания метелки — в период образования початков и налива зерна, осадков выпало на 74,1 мм и 54,3 мм ниже нормы, притом что среднесуточные температуры воздуха превысили норму на 1,8–3,6 °C (рис. 1).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В 2018–2021 годах по основным хозяйственным ценным признакам изучено 87 новых самоопыленных линий кукурузы. 80,0% изучаемых образцов представлены кремнистым подвидом (*Subspecies indurata* Sturt.), из них 48,2% имеют желтое зерно, белые цветковые чешуи (var. *vuldata* Körn), 31,8% — желтое зерно, красные цветковые чешуи (var. *rubropaleata* Körn.)¹¹ (табл. 1).

Изменчивость средних арифметических показателей конкретного признака имеет важное значение для оценки исходного материала. Урожайность зерна инбредных линий варьировала от наименьших показателей в 2019 г. и 2021-м (2,4 т/га) до наибольших в 2018 г. (3,3 т/га) при среднем значении за годы исследований 2,8 т/га. Высокий коэффициент вариации данного признака (46,5%) указывает, что между отдельными образцами есть разница, ее следует оценить более подробно (рис. 2).

За четыре года исследований 41,8% самоопыленных линий имели урожайность 2,0–2,9 т/га при среднем значении 2,4 т/га. Наименьшее количество образцов (1,2% и 2,3%) отмечено в группе с урожайностью 6,0–6,9 т/га и выше 7,0 т/га соответственно (рис. 3).

Высокую урожайность зерна при 14% влажности, превосходящую средние значения признака в опыте ($HCP_{0,95} = 1,3$), показали 11 самоопыленных линий, наибольшая отмечена у образцов ПК160 (7,5 т/га), ПК 65 (7,1 т/га). Уборочная влажность зерна у выделенных линий колебалась от 17,8 до 25,4%. Селекционный индекс ($C_{\text{и}}$), позволяющий выделить генотипы, сочетающие в себе высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна, изменялся от 1,8 до 3,3. Высокое значение данного показателя имели образцы ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155 (рис. 4).

Высота растений кукурузы является важным хозяйственным признаком, имеющим высокую корреляционную связь с высотой прикрепления початка ($r = 0,68 \pm 0,08$). Являясь непостоянной величиной, она может сильно варьировать в пределах одной линии либо гибрида, а также находится в тесной зависимости от агротехнических и климатических условий. Установлено, что изменения погодных условий в период наиболее активного роста сказываются на общей высоте растений в опыте. Так, в 2018 году среднее значение данного показателя было 163,3 см, в 2019-м — 131,6 см, в 2020-м — 141,3 см, в 2021-м — 128,4 см. Размах варьирования за четыре года изменялся (97,1–196,0 см), но в целом изменчивость была невысокой ($V = 13,2\%$).

Как отмечают многие исследователи, от высоты прикрепления початка зависят технологичность и пригодность гибридов кукурузы к комбайновой уборке в производстве [9, 10]. Варьирование линий по данному признаку имело высокий показатель ($V = 21,2\%$). Линии ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181 характеризовались высотой растения (выше 160 см) и высоким прикреплением початков (> 60 см).

Урожайность початков является количественным признаком, который зависит от длины ($r = 0,53 \pm 0,09$) и массы ($r = 0,82 \pm 0,06$) початка, числа зерен с початка ($r = 0,58 \pm 0,08$), массы 1000 зерен ($r = 0,69 \pm 0,08$), в связи с чем всестороннее изучение элементов продуктивности, непосредственно связанных с урожайностью линий, имеет важное практическое и теоретическое значение.

Изменчивость длины початка за годы исследований составила 7,7–18,7 см при среднем значении признака 13,8 см. Длину початка более 16,0 см имели образцы ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175.

Среднее значение массы початка составило 76,4 г при коэффициенте вариации 35%. Наибольшее значение данного показателя имели линии ПК 160 (158 г), ПК 65 (150 г), ПК 155 (144,3 г), ПК 139 (123,3 г), ПК 52 (117,3 г). По количеству зерен с початка выделились линии ПК 42 (550,6 шт.), ПК 52 (540,2 шт.), ПК 65 (518,1 шт.) при среднем значении 347,3 (80,0–550,6 г).

Массу зерна с початка принято считать одним из основных элементов продуктивности, поскольку данный признак имеет наиболее тесную связь с урожайностью линий ($r = 0,88 \pm 0,05$). Варьирование данного показателя за годы исследований было высоким — 39,0% (6,0–134,0 г). Менее половины инбредных линий (42,0%) находится в интервале средних и выше средних значений. Выделились линии ПК 160 (134 г), ПК (126,3 г).

Масса 1000 зерен тесно взаимосвязана с массой зерна с початка ($r = 0,72 \pm 0,08$). Среднее значение данного показателя составило 168,2 г ($V = 26,3\%$). Выделились линии ПК 160 (317,12 г), ПК 175 (275,1 г), ПК 181 (223,8 г), ПК 139 (280,5 г), ПК 65 (245,2 г) (табл. 2).

В селекционной практике важное значение имеет отбор не только по признакам и свойствам исходного материала, но и по высокой комбинационной способности используемых форм, что позволяет подобрать родительские пары для создания высокоурожайных гибридов кукурузы. Ценность этого этапа работы заключается в том, что определение комбинационной способности исходного материала позволяет существенно снизить объем работ по гибридизации. Сама возможность самоопыленной линии давать в скрещиваниях гетерозисное потомство является одной из основных оценок и характеристик этой линии [11–13].

Таблица 2. Результаты анализа количественных признаков, элементов структуры самоопыленных линий кукурузы в 2018–2021 гг.

Table 2. The analysis results for the qualitative traits of the structural components of the self-pollinated maize lines in 2018–2021

Линия	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Масса початка, г	Длина початка, см	Количество зерен с початка, шт.	Масса зерна с початка, г	Масса 1000 зерен, г
ПК 1/3	122,0	31,3	53,6	13,2	345,8	51,0	147,5
ПК 1/8	151,0	47,0	52,0	11,3	313,9	40,0	127,4
ПК 26	182,0	63,0	96,0	13,6	435,9	78,0	179,0
ПК 27	120,0	45,0	86,5	13,5	462,0	69,4	150,2
ПК 35	174,0	53,0	69,0	11,0	409,2	45,0	110,0
ПК 36	168,0	61,0	86,0	12,0	378,0	70,0	185,2
ПК 39	160,0	60,0	74,0	13,7	361,8	55,2	152,6
ПК 42	161,0	62,0	103,0	14,0	550,6	87,8	159,5
ПК 45	133,3	53,3	107,3	14,0	437,7	68,6	156,7
ПК 46	146,0	39,0	70,0	12,0	448,8	49,3	109,8
ПК 50	149,0	37,0	87,0	14,0	448,0	71,0	158,5
ПК 52	141,6	38,3	117,3	14,8	540,2	96,0	177,7
ПК 55	170,0	61,0	107,3	16,2	351,6	88,7	252,3
ПК 58	151,0	46,0	88,0	17,0	350,0	67,0	191,4
ПК 57	134,0	35,0	84,0	17,0	420,0	64,0	152,4
ПК 64	153,0	39,0	87,0	14,0	336,0	71,0	211,3
ПК 65	167,0	50,0	150,0	18,0	518,0	127,0	245,2
ПК 69	135,0	34,0	102,0	16,0	448,0	82,0	183,0
ПК 71	142,0	37,3	84,0	15,0	292,5	61,0	208,5
ПК 74	139,0	32,0	85,0	15,0	420,0	71,0	169,0
ПК 77	135,0	40,0	148,0	15,0	450,0	87,0	193,3
ПК 78	161,0	61,0	52,0	9,8	180,0	42,0	233,3
ПК 103	149,0	40,0	79,6	15,5	529,8	65,6	123,8
ПК 104	141,0	35,0	114,0	12,0	252,7	45,0	178,1
ПК 117	124,0	33,0	71,0	14,0	212,1	51,1	240,9
ПК 124	131,0	36,0	78,0	13,7	447,1	63,0	140,9
ПК 128	135,0	40,3	69,0	13,0	312,2	59,0	189,0
ПК 131	124,0	36,2	85,0	14,6	452,1	71,0	157,0
ПК 139	167,5	42,5	124,0	14,7	377,9	106	280,5
ПК 153	140,4	33,0	123,3	18,0	476,2	96,5	202,7
ПК 155	140,0	33,3	144,3	18,2	494,2	126,3	255,6
ПК 160	196,0	55,0	158,0	18,7	422,4	134,0	317,2
ПК 164	155,0	35,5	100,0	16,4	429,8	87,7	204,0
ПК 175	155,0	48,0	126,0	16,1	356,2	98,0	275,1
ПК 180	135,3	42,0	97,0	15,2	364,0	80,0	219,8
ПК 181	181,6	60,0	42,4	15,0	139,4	31,2	223,8
ПК 201	146,6	36,6	70,1	13,4	328,9	57,0	173,3
НСР _{0,95}	5,6	2,6	8,0	0,5	27,2	6,9	13,2

Таблица 3. Эффекты гетерозиса и ОКС экспериментальных гибридов кукурузы при свободном самоопылении в контрольном питомнике в 2022 г.

Table 3. The effects of the heterosis and general combining ability of maize hybrids after open self-pollination in the control nursery in 2022

Гибридная популяция (гибрид)	Материнская линия	Урожайность, т/га	Эффекты ОКС, т	Эффект гетерозиса экспериментальных гибридов, %	Уборочная влажность, %
Славянка, st	–	10,2	–	–	–
Приморский 453	ПК 53	10,7	0,9	4,9	23,1
Приморский 458	ПК 58	12,9	3,1	26,5	21,5
Приморский 461	ПК 64	11,4	1,6	11,8	19,0
Приморский 464	ПК 74	10,7	0,9	4,9	23,7
Приморский 465	ПК 76	12,1	2,3	18,6	23,4
Приморский 466	ПК 68	10,4	0,6	2,0	27,4
Приморский 467	ПК 77	10,8	1,0	5,9	22,2
Приморский 470	ПК 85	10,7	0,9	4,9	24,4
Приморский 471	ПК 102	11,2	1,4	9,8	25,2
Приморский 472	ПК 104	11,0	1,2	7,8	25,0
Приморский 473	ПК 106	11,2	1,4	9,8	22,6
Приморский 474	ПК 108	10,9	1,1	6,9	23,3
Приморский 475	ПК 112	10,4	0,6	2,0	21,3
Приморский 476	ПК 124	14,2	4,4	39,2	23,3
Приморский 478	ПК 128	12,3	2,5	20,6	20,3
Приморский 483	ПК 131	11,2	1,4	9,8	21,6
Приморский 484	ПК 153	10,6	0,8	3,9	21,1
Приморский 485	ПК 159	11,0	1,2	7,8	23,5
Приморский 486	ПК 165	12,2	2,4	19,6	19,8
Приморский 488	ПК 173	12,1	2,3	18,6	23,2
Приморский 489	ПК 175	12,6	2,8	23,5	18,6
Приморский 490	ПК 176	14,3	4,5	40,2	21,7
Приморский 491	ПК 178	12,4	2,6	21,6	21,0
Приморский 492	ПК 180	11,5	1,7	12,7	22,9
Приморский 493	ПК 182	12,7	2,9	24,5	23,7
Приморский 494	ПК 202	11,0	1,2	7,8	21,7
Приморский 495	ПК 1/3	14,9	5,1	46,1	22,5
Приморский 496	ПК 1/8	11,7	1,9	14,7	23,4
Приморский 498	ПК 3	13,0	3,2	27,5	24,0
НСР _{0,95}		0,8			

* Средняя урожайность зерна экспериментальных гибридов по опыту — 9,8 т/га.

Метод свободного опыления — наиболее простой и дешевый, используемый в селекционной работе для определения общей комбинационной способности получаемых самоопыленных линий, позволяющий проводить оценку по данному показателю уже на первых этапах их получения, что значительно повышает эффективность работы по созданию самоопыленных линий стандартным методом.

В результате проведенных в 2022 г. исследований установлено, что в контрольном питомнике по урожайности в сравнении со стандартом Славянка (10,2 т/га) выделились 18 экспериментальных гибридов (10,7–14,9 т/га). Эффекты гетерозиса у данных образцов колебались от 9,8 до 46,1%, а по ОКС они превзошли средний урожай зерна (9,8 т/га) экспериментальных гибридов по опыту на 1,4–5,1 т/га. Низкие эффекты гетерозиса (2,0 до 7,8%) и ОКС (0,6–1,2) показали 37,9% гибридов, урожай которых существенно уступал или был на уровне стандарта. Выявлены высокие эффекты ОКС у линий ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3 (табл. 3).

Выводы/Conclusion

В результате проведенных в 2018–2022 гг. исследований дана оценка коллекции инбредных линий и выделены образцы, представляющие интерес как генетические источники по наиболее ценным признакам: высокая урожайность и пониженная уборочная влажность зерна — ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155; высота растения и прикрепления початков — ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181; длина початка — ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175; масса початка — ПК 160, ПК 65, ПК 155, ПК 139, ПК 52; количество зерен с початка — ПК 42, ПК 52, ПК 65; масса зерна с початка — ПК 65, ПК 155, ПК 160; масса 1000 зерен — ПК 160, ПК 175, ПК 181, ПК 139, ПК 65; высокая ОКС — ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3.

Использование данных линий в селекционных программах позволит оптимизировать селекционный процесс по созданию новых высокоурожайных гибридов кукурузы в условиях Приморского края.

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

Исследования выполнялись в рамках госзадания по программе фундаментальных научных исследований в РФ на 2021–2030 гг. (госрегистрация № 122022600066-1).

FUNDING

The research was carried out within the framework of the state task under the program of fundamental scientific research in the Russian Federation for 2021–2030 (state registration No. 122022600066-1).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдова С.А., Вахания В.И., Курасов В.С. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства кукурузы. Научный аналитический обзор. М.: Росинформагротех. 2019; 92. ISBN 978-5-7367-1515-2 <https://www.elibrary.ru/hwnqjk>
2. Хатефов Э.Б., Керв Ю.А., Бойко В.Н., Головина М.А., Аппаев С.П. Расширение генетического полиморфизма исходного селекционного материала кукурузы методом редиплоидизации тетраплоидных популяций. Таврический вестник аграрной науки. 2018; (4): 192–203. <https://doi.org/10.25637/TVAN.2018.04.18>
3. Башинская О.С., Зайцев С.А., Сидорцов А.И. Современное состояние селекции и семеноводства кукурузы в Российской Федерации. Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. Материалы II Международной научно-практической конференции. Саратов: Амирит. 2022; 15–17. <https://www.elibrary.ru/xpuakr>

REFERENCES

1. Davydova S.A., Vakhania V.I., Kurasov V.S. Analysis of the state and promising areas for the development of selection and seed production of corn. Scientific and analytic over-view. Moscow: Rosinformagrotek. 2019; 92 (In Russian). ISBN 978-5-7367-1515-2 <https://www.elibrary.ru/hwnqjk>
2. Khatefov E.B., Kerv Yu.A., Boyko V.N., Golovina M.A., Appaev S.P. Expansion of the genetic polymorphism of the initial selection material of corn by the method of re-diploidization of tetraploid populations. Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018; (4): 192–203 (In Russian). <https://doi.org/10.25637/tvan.2018.04.18>
3. Bashinskaya O.S., Zaitsev S.A., Sidortsov A.I. The current state of maize breeding and seed production in the Russian Federation. Scientific support for the sustainable development of the Agro-Industrial Complex under the conditions of aridification. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Saratov: Amirit. 2022; 15–17 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xpuakr>

4. Шомахов Б.Р., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В. Селекция кукурузы — состояние и перспективы развития в Институте сельского хозяйства КБНЦ РАН. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021; (3): 100–111. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111>
5. Панфилова О.Н., Чугунова Е.В., Дерунова С.Н. Исходный материал для селекции кукурузы на засухоустойчивость. *Аграрный научный журнал*. 2020; (2): 29–37. <https://www.elibrary.ru/ifeop>
6. Кривошеев Г.Я., Игнатиев А.С., Шевченко Н.А. Комбинационная способность раннеспелых самоопыленных линий кукурузы и тестеров в системе топкроссных скрещиваний. *Научный журнал КубГАУ*. 2015; 114: 1406–1416. <https://www.elibrary.ru/vhfmnr>
7. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов. *Кукуруза и сорго*. 2016; (2): 3–7. <https://www.elibrary.ru/wdeend>
8. Шмараев Г.Е., Веденев Г.И., Подольская А.П., Бабаянц А.Ф. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы. Санкт-Петербург: ВИР. 1995; 168.
9. Мухаммадзим М., Заверткин И.А. Действие удобрений и орошения на урожайность кукурузы на зеленый корм. *Растениеводство и луговое хозяйство. Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием*. Москва. 2020: 698–701. <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-155>
10. Горбачева А.Г., Ветошкина И.А., Панфилов А.Э., Иванова Е.С. Экологическая оценка гибридов кукурузы в период прорастания при раннем и оптимальном сроках посева. *Кукуруза и сорго*. 2015; (2): 3–10. <https://www.elibrary.ru/uneyan>
11. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка. *Успехи современного естествознания*. 2018; (10): 50–55. <https://www.elibrary.ru/ylxxn>
12. Волков Д.П., Зайцев С.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по количеству зерен с початка. Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур. XI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов. Краснодар: ВНИИМК. 2021; 29–32. <https://doi.org/10.25230/conf11-2021-29-32>
13. Новичихин А.П., Лемешев Н.А., Гулянский А.В. Изучение комбинационной способности новых раннеспелых линий кукурузы. *Рисоводство*. 2019; (1): 54–57. <https://www.elibrary.ru/uykphy>
4. Shomakhov B.R., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. Corn breeding — the state and prospects of development at the Institute of Agriculture of the KBSC RAS. *Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021; (3): 100–111 (In Russian). <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111>
5. Panfilova O.N., Chugunova E.V., Derunova S.N. Source material for the selection of corn for drought tolerance. *The agrarian scientific journal*. 2020; (2): 29–37 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ifeop>
6. Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S., Shevchenko N.A. Combining ability of early ripening self-pollinated lines of maize and testers in the system of top-cross hybridization. *Scientific Journal of KubSAU*. 2015; 114: 1406–1416 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vhfmnr>
7. Orlyanskiy N.A., Orlyanskaya N.A. Evaluating the results of ecological testing of maize hybrids using selection indexes. *Maize and sorghum*. 2016; (2): 3–7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wdeend>
8. Shmaraev G.E., Vedenev G.I., Podolskaya A.P., Babayants A.F. Genetics of quantitative and qualitative traits of maize. St. Petersburg: *All-Russian Institute of Plant Growing*. 1995; 168 (In Russian).
9. Mukhamadazim M., Zavertkin I.A. Effects of fertilizers and irrigation on corn yield on green fodder. *Crop and meadow growing. Collection of articles of the All-Russian scientific Conference with international participation*. Moscow. 2020: 698–701 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-155>
10. Gorbacheva A.G., Vetoshkina I.A., Panfilov A.E., Ivanova E.S. Environmental assessment of corn hybrids during germination in early and optimal planting dates. *Maize and sorghum*. 2015; (2): 3–10 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uneyan>
11. Zhuzhukin V.I., Zaytsev S.A., Volkov D.P., Gudova L.A. Evaluation combining ability of maize lines in diallel crossbreeding by height attaching the cob. *Advances in current natural sciences*. 2018; (10): 50–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ylxxn>
12. Volkov D.P., Zaytsev S.A. Estimation of combining ability of corn lines in diallele crosses by an amount of seeds from a cob. *Topical issues in biology, breeding, cultivation technology and the processing of agricultural produce. 11th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists*. Krasnodar: V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops. 2021; 29–32 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/conf11-2021-29-32>
13. Novichikhin A.P., Lemeshev N.A., Gulnyashkin A.V. Study of the combining ability of new early-maturing corn line. *Rice growing*. 2019; (1): 54–57 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uykphy>

ОБ АВТОРАХ

Полина Михайловна Богдан,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный
сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
кукурузы
polina_bogdan84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

Наталья Александровна Красковская,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства
кукурузы
nat.kraskovskaja@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>

Ирина Николаевна Даниленко,
младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного
семеноводства кукурузы
ira.danilenko.8787@br.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>

Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Polina Mikhailovna Bogdan,
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
at the Laboratory of Maize Breeding and Primary Seed Production
polina_bogdan84@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

Natalya Aleksandrovna Kraskovskaya,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher
of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production
nat.kraskovskaja@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>

Irina Nikolaevna Danilenko,
Junior Researcher of the Laboratory of Selection and Primary Seed
Production of Corn
ira.danilenko.8787@br.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East
named after A.K. Chaika,
30B Volozhenin Str., Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai,
692539, Russia

УДК 634.11:631.526.32:581

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-139-144

А.М. Галашева¹, ✉
М.А. Макаркина¹,
Н.Г. Красова¹,
О.А. Ветрова¹,
М.И. Галашев²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, п/о Жилина, Орловский р-н, Орловская обл., Россия

²Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, Орел, Россия

✉ anna-galasheva@mail.ru

Поступила в редакцию:
27.02.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-139-144

Anna M. Galasheva¹, ✉
Margarita A. Makarkina¹,
Nina G. Krasova¹,
Oksana A. Vetrova¹,
Maksim I. Galashev²

¹Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, village Zhilina, Orel district, Orel region, Russia

²Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russia

✉ anna-galasheva@mail.ru

Received by the editorial office:
27.02.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
29.08.2023

Оценка сортов яблони летнего срока созревания по биохимическому составу и урожайности плодов

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В промышленном садоводстве сорт играет большую роль. Выявить возможность сорта позволит правильно подобранный подвой. Именно подвой управляет ростом, оказывает большое влияние на скороплодность, плодоношение и товарные качества плодов привоя. Внедрение в широкое производство привойно-подвойных комбинаций яблони для получения стабильно высоких урожаев с плодами высоких товарных и биохимических качеств требует рационального подбора сортов и подвоев.

Методы. Изучение показателей урожайности сортов яблони Орлинка и Яблочный Спас проводилось в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». Оценка биохимического состава плодов проводилась в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения института по общепринятым методикам «Методы биохимических исследований растений» и «Оценка сортов по химическому составу плодов».

Результаты. В результате изучения биохимического состава плодов сортов яблони, выращенных на подвоях клоновом 62-396 и карликовых интеркалярных 62-396 и 3-17-38, установлено, что содержание растворимых сухих веществ в плодах у сорта Орлинка на изучаемых подвоях больше, чем у сорта Яблочный Спас. Наибольшее содержание сахаров в плодах было у сорта Орлинка на карликовых интеркалярных подвоях 62-396 и 3-17-38 — 11,00% и 11,54% соответственно. В плодах сорта Яблочный Спас титруемых кислот было меньше во всех вариантах опыта, чем у сорта Орлинка. Существенных различий по накоплению в плодах аскорбиновой кислоты между сортами и привойно-подвойными комбинациями не выявлено. За весь период изучения у сорта Орлинка полученный урожай существенно превышал урожай сорта Яблочный Спас.

Ключевые слова: сорт, яблоня, интеркаляр, урожайность, биохимический состав плодов, аскорбиновая кислота

Для цитирования: Галашева А.М., Макаркина М.А., Красова Н.Г., Ветрова О.А., Галашев М.И. Оценка сортов яблони летнего срока созревания по биохимическому составу и урожайности плодов. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 139–144. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-139-144>

© Галашева А.М., Макаркина М.А., Красова Н.Г., Ветрова О.А., Галашев М.И.

The assessment of summer apple cultivars for biochemical fruit composition and productivity

ABSTRACT

Relevance. In industrial horticulture, the cultivar plays an important role. Correctly selected rootstock will allow identifying the possibility of a cultivar. It is the rootstock that controls growth, has a great influence on the rate of fertility, fruiting and marketable qualities of the fruits of the grafted cultivar. The introduction of apple graft-rootstock combinations into wide production to obtain consistently high yields with fruits of high commodity and biochemical qualities requires a rational selection of cultivars and rootstocks.

Methods. Apple cultivars Orlinka and Yablochny Spas were studied for yield indicators in accordance with the «Program and methodology of fruit, berry and nut variety study». The assessment of the biochemical composition of fruits was carried out at VNIISPK in the laboratory of biochemical and technological evaluation of cultivars and storage according to generally accepted methods «Methods of biochemical research of plants» and «Evaluation of cultivars by the chemical composition of fruits».

Results. As a result of studying the biochemical composition of the fruits of apple cultivars grown on clonal rootstock 62-396 and dwarf intercalary rootstocks 62-396 and 3-17-38, it was found that the content of soluble solids in the fruits of Orlinka on the studied rootstocks was greater than that of Yablochny Spas. The highest sugar content in fruits was in Orlinka on dwarf intercalary rootstocks 62-396 and 3-17-38: 11.00% and 11.54%, respectively. In the fruits of Yablochny Spas, titrated acids were less in all variants of the experiment than in Orlinka. There were no significant differences in the accumulation of ascorbic acid in fruits between cultivars and graft-rootstock combinations. During the entire period of study, the resulting yield in Orlinka significantly exceeded the yield of Yablochny Spas.

Key words: cultivar, apple, intercalary, yield, biochemical composition of fruit, ascorbic acid

For citation: Galasheva A.M., Makarkina M.A., Krasova N.G., Vetrova O.A., Galashev M.I. The assessment of summer apple cultivars for biochemical fruit composition and productivity. *Agrarian science* 2023; 374(9): 139–144 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-139-144>

© Galasheva A.M., Makarkina M.A., Krasova N.G., Vetrova O.A., Galashev M.I.

Введение/Introduction

Основным резервом повышения продуктивности и рентабельности яблони является совершенствование сортамента путем внедрения в производство новых высокопродуктивных и адаптивных сортов [1].

В настоящее время только во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур (ВНИИСПК) под руководством академика Е.Н. Седова создано 63 сорта яблони, которые включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию [2].

Сады яблони интенсивного типа имеют плотное размещение деревьев с компактной кроной. Возможность создания малообъемных садов обусловлена использованием слаборослых подвоев с хорошо развитой корневой системой. Такие деревья обеспечивают высокую рентабельность производства плодовой продукции [3–8]. Небольшая высота деревьев, привитых на карликовых и полукарликовых подвоях, обеспечивает выгодное распределение продуктов фотосинтеза на плодоносящие побеги, больше освобождается веществ на формирование урожая, меньше — на рост растения [9, 10]. Подвой управляет ростом, оказывает большое влияние на скороплодность, плодоношение и товарные качества плодов привоя [11, 12].

Правильный подбор подвоя прежде всего необходим для получения определенным сортом максимального урожая. Многочисленные примеры указывают на зависимость урожая сортов яблони от подвоя [13–18]. При этом подвой влияет на метаболические процессы, происходящие в плодовом растении, которые в свою очередь отражаются и на качестве плодов. Деревья яблони, выращенные на карликовых клоновых подвоях из-за поверхностной корневой системы, часто заваливаются и требуют опорных дорогостоящих конструкций [16]. Перспективным решением выращивания слаборослых яблоневых садов является использование интеркалярных подвоев. Деревья на интеркалярных слаборослых подвоях, так же как и на карликовых клоновых подвоях, имеют компактную крону, являются зимостойкими, раньше вступают в пору плодоношения (на 3–4-й, 4–5-й год), ежегодно плодоносят, более урожайны, обладают плодами высоких товарных качеств [4, 5, 19].

Одним из показателей качества плодов яблони является их биохимический состав. Биохимический состав плодов зависит прежде всего от видовой и сортовой принадлежности, погодных условий, степени зрелости плодов в период съема и др. [20, 21]. В яблоках содержатся в оптимальных количествах питательные (сахара, титруемые кислоты и др.) и биологически активные вещества (аскорбиновая кислота и др.).

Многими исследователями посвящен ряд работ о влиянии привойно-подвойных комбинаций на химический состав плодов яблони, в которых авторы отмечают различную сортовую реакцию на одни и те же виды подвоя [22–28].

Внедрение в широкое производство привойно-подвойных комбинаций яблони для получения стабильно высоких урожаев с плодами высоких товарных и биохимических качеств требует рационального подбора сортов и подвоев.

Цели исследований — изучение влияния привойно-подвойных комбинаций на биохимический состав плодов и урожайность летних сортов яблони.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводились во Всероссийском научно-исследовательском институте плодовых культур (ВНИИСПК, г. Орел, Россия) начиная с 2011 года. В качестве объектов взяты сорта летнего срока созревания Орлинка, Яблочный Спас селекции ВНИИСПК на различных типах подвоев — на вегетативно размноженном 62-396 и вставочных 62-396 и 3-17-38. Выбор подвоев обусловлен их широкой востребованностью в интенсивном садоводстве. Год посадки — 2011 г., схема посадки — 5 х 2 м, высажено по 10 деревьев в трехкратной повторности.

Изучение показателей урожайности проводилось в плодоносящих насаждениях яблони ВНИИСПК в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур»¹. Оценка биохимического состава плодов проводилась в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения института по общепринятым методикам².

Химический состав плодов определялся в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ВНИИСПК. В плодах определяли содержание растворимых сухих веществ (РСВ) рефрактометрическим методом с помощью цифрового рефрактометра PAL-3 (ATAGO, Япония), суммы сахаров (моносахара + сахароза) — методом Бертрана, титруемых кислот (общей кислотности) — методом титрования вытяжек 0,1 н. раствором гидроксида натрия, аскорбиновой кислоты — методом титрования щавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндолфенолом)³.

Статистическая обработка данных осуществлена методом дисперсионного анализа с использованием программы MS Excel (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В течение пяти лет (2018–2022 гг.) в плодах исследуемых образцов определяли содержание РСВ, сахаров (сумма), органических кислот (титруемая кислотность), аскорбиновой кислоты и сахарокислотный индекс (СКИ) (табл. 1).

В среднем за годы исследований у сорта Орлинка на клоновом подвое 62-396 (13,0%) и интеркалярных подвоях 62-396 (13,5%) и 3-17-38 (13,0%) РСВ в плодах накапливалось существенно больше, чем у сорта Яблочный Спас на этих же подвоях — 12,0%, 11,3%, 11,2% соответственно. Минимальное количество РСВ в плодах отмечено в 2022 году у обоих сортов на вставке 3-17-38 — 10,9% и 10,0% соответственно.

При определении сахаров в плодах отмечена такая же закономерность: большее количество сахаров, как и РСВ, было выявлено у сорта Орлинка с варьированием от 8,87% (2018 г., подвой 62-396) до 13,78% (2020 г., вставка 3-17-38), при варьировании от 8,57% (2022 г., вставка 62-396) до 12,32% (2022 г., вставка 62-396) — у сорта Яблочный Спас.

В среднем за пять лет (2018–2022 гг.) у сорта Яблочный Спас больше сахаров в плодах выявлено на клоновом

¹ Седов Е.Н., Красова Н.Г., Жданов В.В., Можар Н.В. Семечковые культуры (яблоня, груша, айва). Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел. 1999; 253–300.

² Ермаков А.Е. Методы биохимических исследований растений. Л.: Агропромиздат. 1987; 430.

³ Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И. Оценка сортов по химическому составу плодов. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел. 1999; 160–167.

Таблица 1. Биохимический состав плодов сортов яблони на интеркалярных и клоновом подвоях (2018–2022 гг.)
Table 1. Biochemical fruit composition of apple cultivars on intercalary and clone rootstocks (2018–2022)

Сорт А	Вставка, подвой В		РСВ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	СКИ	АК, мг / 100 г
Яблочный Спас	вставка 62-396	2018	11,9	10,19	0,90	11,3	6,2
		2019	11,2	9,30	0,77	12,1	1,8
		2020	12,0	12,32	0,72	17,1	5,3
		2021	11,1	9,48	0,68	13,9	22,4
		2022	10,5	8,57	0,56	15,3	7,0
		среднее	11,3	9,97	0,73	13,9	8,5
	вставка 3-17-38	2018	10,8	9,93	0,86	11,5	10,6
		2019	12,9	9,40	1,02	9,2	4,4
		2020	10,8	10,08	0,66	15,3	7,0
		2021	11,6	10,12	0,74	13,7	19,4
		2022	10,0	8,92	0,54	16,5	11,4
		среднее	11,2	9,69	0,76	13,2	10,6
	подвой 62-396	2018	12,7	11,15	0,89	12,5	15,0
		2019	11,1	9,93	0,68	14,6	2,6
		2020	12,6	10,84	0,59	18,4	6,2
		2021	11,4	10,32	0,62	16,6	16,7
		2022	12,2	9,43	0,58	16,2	15,8
		среднее	12,0	10,33	0,67	15,7	11,3
Орлинка	вставка 62-396	2018	11,0	9,70	1,00	9,7	15,0
		2019	15,2	11,79	0,79	14,9	7,0
		2020	15,0	12,68	0,74	17,1	8,8
		2021	14,9	10,65	1,18	9,0	17,6
		2022	11,6	10,18	0,78	13,0	7,0
		среднее	13,5	11,00	0,89	12,7	11,1
	вставка 3-17-38	2018	11,5	10,01	0,93	10,8	8,8
		2019	15,8	12,85	0,67	19,2	5,3
		2020	14,3	13,78	0,77	17,9	3,5
		2021	12,4	11,48	0,74	15,5	22,9
		2022	10,9	9,59	0,58	16,5	14,9
		Среднее	13,0	11,54	0,74	15,9	17,4
	подвой 62-396	2018	11,0	8,87	1,18	7,5	15,0
		2019	–	–	–	–	–
		2020	16,6	10,29	0,67	15,4	7,0
		2021	12,7	10,87	1,08	10,1	10,6
		2022	11,5	9,79	0,75	13,1	10,6
		среднее	13,0	9,96	0,92	11,5	10,8
	НСР05	A = 1,0; B = Fφ < Fτ; AB = Fφ < Fτ	A = 0,67; B = Fφ < Fτ; AB = 1,16	A = 0,09; B = Fφ < Fτ; AB = 0,15	A = 1,4; B = 1,7; AB = 2,4	AB = Fφ < Fτ B = Fφ < Fτ; AB = Fφ < Fτ	

карликовом подвое 62-396 — 10,33%, на карликовом интеркаляре 3-17-38 — меньше (9,69% соответственно), у сорта Орлинка существенно выше содержание сахаров на интеркалярных вставках (НСР05: A = 0,67).

Содержание титруемых кислот в плодах в среднем за пять лет (2018–2022 гг.) колебалось от 0,67% у сорта Яблочный Спас до 0,92% у сорта Орлинка, привитых на клоновом подвое 62-396. В плодах сорта Яблочный Спас титруемых кислот содержалось меньше (0,67–0,76%), чем в плодах сорта Орлинка (0,74–0,92%). У сорта Орлинка на накопление титруемых кислот в плодах благоприятное влияние оказала подвойная интеркалярная форма 3-17-38, у сорта Яблочный Спас — клоновый подвой 62-396. В 2022 году у сорта Яблочный Спас на всех изучаемых подвоях было минимальное содержание титруемых кислот в плодах — 0,54–0,58%.

Самое высокое значение сахарокислотного индекса у сорта Яблочный Спас было на клоновом подвое 62-396, у сорта Орлинка на этом же подвое этот показатель был минимальным. В 2020 году во всех вариантах опыта отмечен повышенный сахарокислотный индекс.

Яблоки считаются лечебно-профилактическим продуктом питания из-за наличия в них аскорбиновой кислоты, которая известна своими антиоксидантными свойствами [20].

Сравнивая сорта яблони Орлинка и Яблочный Спас на клоновом подвое 62-396 и карликовых интеркалярах 62-396 и 3-17-38 по содержанию аскорбиновой кислоты, определили, что существенных различий между сортами и привойно-подвойными комбинациями нет. Наименьшее содержание аскорбиновой кислоты у сорта Яблочный Спас на интеркалярном подвое 62-396 — 8,5 мг / 100 г, у остальных привойно-подвойных комбинаций — на одном уровне (рис. 1).

Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты у сортов яблони на клоновом подвое 62-396 и на карликовых интеркалярах 62-396, 3-17-38 (в среднем 2018–2022 гг.)

Fig. 1. Ascorbic acid content in apple cultivars on the clone rootstock 62-396 and dwarf intercalary 62-396, 3-17-38 (average for 2018–2022)

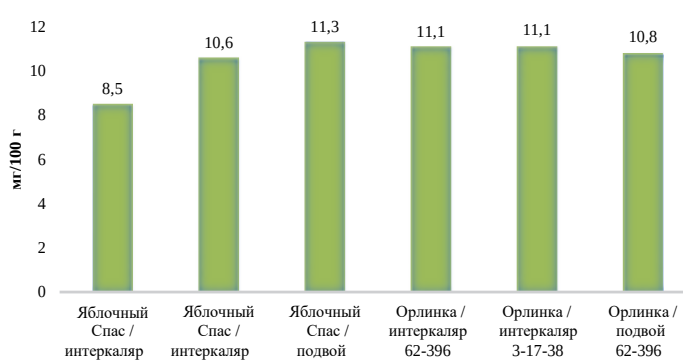
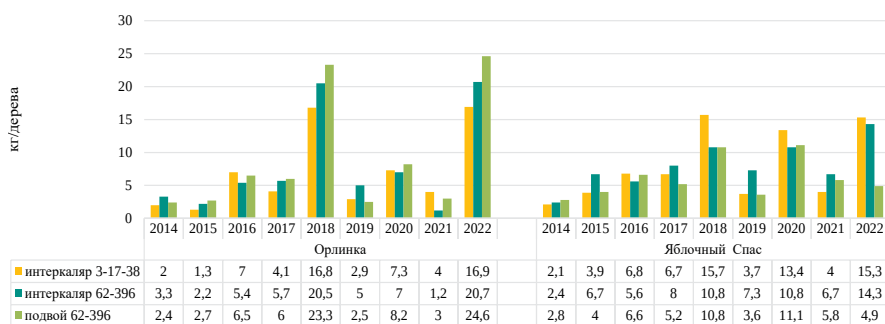


Рис. 2. Урожайность сортов яблони на интеркалярных карликовых подвоях и на клоновом карликовом подвое (2014–2022 гг., НСР05 A = 1,7, B = Ff < Ft, AB = Ff < Ft)

Fig. 2. Yield of apple cultivars on the intercalary dwarf rootstocks and clone dwarf rootstock (2014–2022, LSD05 A = 1,7, B = Ff < Ft, AB = Ff < Ft)



деревья сорта Орлинка на карликовом интеркалярном подвое 3-17-38 и сорта Яблочный Спас на всех изучаемых подвоях (рис. 2).

В среднем за 2014–2022 гг. изучения урожайности деревьев выявили наибольший урожай у сорта Орлинка на клоновом подвое 62-396, который составил 9 т/га, наименьший — у сорта Яблочный Спас на клоновом подвое 62-396 (6 т/га). Урожайность у сортов Орлинка и Яблочный Спас на интеркалярных кар-

ликовых подвоях 62-396 и 3-17-38 составила 7–8 т/га (рис. 3).

Выводы/Conclusion

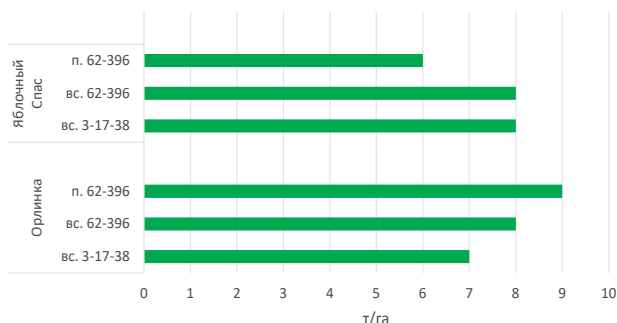
В результате изучения биохимического состава плодов сортов яблони, выращенных на подвоях клоновом 62-396 и карликовых интеркалярных 62-396 и 3-17-38, установлено, что содержание РСВ в плодах у сорта Орлинка на изучаемых подвоях было больше, чем у сорта Яблочный Спас. Наибольшее содержание сахаров в плодах было установлено у сорта Орлинка на карликовых интеркалярных подвоях 62-396 и 3-17-38 (11,0% и 11,54% соответственно).

В плодах сорта Яблочный Спас титруемых кислот было меньше во всех вариантах опыта, чем у сорта Орлинка. Отмечено снижение титруемых кислот в плодах сорта Орлинка на интеркалярном подвое 3-17-38, у сорта Яблочный Спас — на клоновом подвое 62-396. Снижение количества титруемых кислот в плодах способствовало улучшению их вкуса. Существенных различий по накоплению в плодах аскорбиновой кислоты между сортами и привойно-подвойными комбинациями не выявлено.

Отмечено раннее вступление сортов в пору плодоношения — на третий год роста в саду. За весь период изучения у сорта Орлинка полученный урожай существенно превышал урожай сорта Яблочный Спас. Наибольшая урожайность наблюдалась у сорта Орлинка на клоновом подвое 62-396, у сорта Яблочный Спас — на интеркалярных подвоях 62-396 и 3-17-38.

Рис. 3. Урожайность привойно-подвойных комбинаций яблони (2014–2022, т/га)

Fig. 3. Yield of graft-rootstock combinations of apple trees (2014–2022, t/ha)



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 тематического плана ФГБНУ ВНИИСПК согласно государственному заданию FGZS-2022-0008 Министерства науки и высшего образования РФ.

FUNDING

The work was carried out within the framework of the thematic plan of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIISP in accordance with the state task FGZS-2022-0008 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бабинцева Н.А. Особенности формирования продуктивности деревьев яблони (*Malus domestica* Borkh.) с промежуточной вставкой слаборослого подвоя ЕМ — IX в Крыму. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2020; 134: 120–125. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-134-120-125>
- Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортимента яблони в России. *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2021; (4): 17–19. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>

REFERENCES

- Babintseva N.A. Productivity formation features of Apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with intermediate insertion of low-growth rootstock EM-IX in the Crime. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2020; 134: 120–125 (In Russian). <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-134-120-125>
- Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. The role of domestic breeding in improving the apple assortment in Russia. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2021; (4): 17–19 (In Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/17-19>

3. Дубровский М.Л., Кружков А.В., Назаров В.Н., Хорошкова Ю.В., Гречушкина, К.С. Механизмы действия подвоя на показатели кроны привойного компонента у плодовых культур. *Наука и образование*. 2021; 4(2): 381. <https://elibrary.ru/odrexh>
4. Седов Е.Н., Красова Н.Г., Галашева А.М. Роль карликовых вставочных подвоев в создании высокопродуктивных интенсивных насаждений яблони. *Адаптивный потенциал и качество продукции сортов и сортоподвойных комбинаций плодовых культур. Материалы Международной научно-практической конференции*. Орел: ВНИИСПК. 2012; 215–225. <https://elibrary.ru/yharbp>
5. Плугатарь Ю.В., Бабинцева Н.А., Сотник А.И. Эффективность производства плодов яблони (*Malus domestica* Borkh.) в интенсивных садах Крыма. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2022; (2): 6–17. <https://elibrary.ru/qpgmwh>
6. Иваненко Е.Н., Меншутина Т.В., Костенко М.Г. Потенциал продуктивности сорта яблони Мелба на подвоях разной силы роста. *Аграрная наука*. 2021; (9): 114–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-114-117>
7. Ермоленко В.Г., Заерко Т.А., Ефимова И.Л. Рост и урожайность яблони сорта Либerty на клоновых подвоях в садах безопорной конструкции с плотными схемами посадки. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2018; (3): 119–128. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2018-3-51-119-128>
8. Савин Е.З., Чугунов В.Г., Антипенко М.И., Кузнецов А.А. Продуктивность и экономическая эффективность выращивания яблони на клоновых подвоях в условиях Среднего Поволжья. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2022; (4): 61–66. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-96-4-61-66>
9. Драбудко Н.Н., Ганусенко М.Ю., Грушева Т.П., Левшунув В.А., Самусь В.А., Шкробова М.А. Клоновые подвои — основа повышения продуктивности насаждений плодовых культур. *Плодоводство*. Минск: Белорусская наука. 2022; 30: 247–257. <https://elibrary.ru/qdgnm>
10. Красова Н.Г., Галашева А.М. Урожайность сортов яблони в интенсивном саду. *Селекция и сортовая агротехника плодовых культур*. Орел: ВНИИСПК. 2004; 24–31. <https://elibrary.ru/yhanxr>
11. Robinson T. Advances in apple culture worldwide. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2011; 33(s1): 37–47. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500006>
12. Jones H.G. How do rootstock controls shoot water relations? *New Phytologist*. 2012; 194(2): 301–303. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04110.x>
13. Chauhan A., Ladon T., Verma P. Strategies for rootstock and varietal improvement in apple: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020; 9(5): 2513–2516.
14. Красова Н.Г., Галашева А.М. Продуктивность сортов яблони на слаборослых вставочных подвоях. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2012; 29(1): 259–267. <https://elibrary.ru/opgcvl>
15. Танкевич В.В. Влияние подвоев на рост и продуктивность яблони в Крыму. *Плодоводство*. Самохваловичи: Институт плодоводства. 2013; 25: 353–358. <https://elibrary.ru/xpkqwt>
16. Ефимова И.Л. Плодоношение яблони на разных слаборослых подвоях в зависимости от плотности посадки. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017; 49: 121–124. <https://elibrary.ru/yjzjht>
17. Ефимова И.Л. Возможности подвоев серии СК в повышении урожайности яблони. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2020; (4): 25–35. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-4-64-25-35>
18. Иваненко Е.Н., Меншутина Т.В. Оценка урожайности привойно-подвойных комбинаций яблони в интенсивном саду. *Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса*. 2020; (3): 39–43. <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2020-45-2-39-43>
19. Reig G. et al. Horticultural performance and elemental nutrient concentrations on 'Fuji' grafted on apple rootstocks under New York State climatic conditions. *Scientia Horticulturae*. 2018; 227: 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.002>
20. Татаринов А.Н. Садоводство на клоновых подвоях. Киев: Урожай. 1988; 205.
21. Грушева Т.П., Остапчук И.Н. Изменение химического состава плодов колонновидных сортов яблони при хранении. *Плодоводство. Сборник научных трудов*. Самохваловичи: Институт плодоводства. 2015; 27: 286–293. <https://elibrary.ru/yjnsnm>
22. Галашева А.М., Красова Н.Г., Макаркина М.А. Биохимическая оценка плодов сортов яблони на слаборослых вставочных подвоях. *Селекция и сорторазведение садовых культур. Сборник*. Орел: ВНИИСПК. 2007; 47–55. <https://elibrary.ru/yhakzx>
23. Меншутина Т.В., Иваненко Е.Н. Оценка товарных качеств и биохимического состава плодов яблони на клоновых подвоях при выращивании в аридной зоне. *Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса*. 2020; (3): 48–52. <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2020-45-2-48-52>
24. Туткин Г.А., Макаркина М.А. Биохимическая оценка плодов иммунных к парше сортов яблони в зависимости от подвоя. *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2009; (3): 38–40. <https://elibrary.ru/kkvxvz>
25. Бабинцева Н.А., Горб Н.Н. Влияние садовых конструкций на длительность хранения плодов яблони (*Malus domestica* Borkh.) в предгорной зоне Крыма. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2017; 144-2: 9–15. <https://elibrary.ru/zdfdf>
26. Сотник А.И., Танкевич В.В. Влияние подвоев на биохимические и технологические характеристики сортов яблони в Крыму. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018; 53: 82–87. <https://elibrary.ru/xulddq>
3. Dubrovsky M.L., Kruzhkov A.V., Nazarov V.N., Khoroshkova Yu.V., Grechushkina K.S. Mechanisms of rootstock action on canopy indicators of the scion component in fruit crops. *Nauka i obrazovanie*. 2021; 4(2): 381 (In Russian). <https://elibrary.ru/odrexh>
- 4 Sedov E.N., Krasova N.G., Galasheva A.M. The role of dwarf insert rootstocks in the creation of highly productive intensive apple plantations. *Adaptive potential and product quality of varieties and variety-rootstock combinations of fruit crops. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. 2012; 215–225 (In Russian). <https://elibrary.ru/yharbp>
5. Plugatar Yu.V., Babintseva N.A., Sotnik A.I. The efficiency of apple fruit production (*Malus domestica* Borkh.) in intensive gardens of the Crimea. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2022; (2): 6–17 (In Russian). <https://elibrary.ru/qpgmwh>
6. Ivanenko E.N., Menshutina T.V., Kostenko M.G. Productivity potential of the Melba apple variety on rootstocks of different growth strengths. *Agrarian science*. 2021; (9): 114–117 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-114-117>
7. Ermolenko V.G., Zaerko T.A., Efimova I.L. The growth and productivity of Liberty apple-tree on clone rootstocks in the gardens with unsupport technology and dense schemes of landing. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2018; (3): 119–128 (In Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2018-3-51-119-128>
8. Savin E.Z., Chugunov V.G., Antipenko M.I., Kuznetsov A.A. Productivity and economic efficiency of apple cultivation on clonal rootstocks in the conditions of the Middle Volga region. *Izvestia Orenburg state agrarian university*. 2022; (4): 61–66 (In Russian). <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2022-96-4-61-66>
9. Drabudko N.N., Ganusenko M.Yu., Grusheva T.P., Levshunov V.A., Samus V.A., Shkrobova M.A. Clonal rootstocks as the basis to increase productivity of fruit crop plantings. *Fruit growing*. Minsk: Belorusskaya nauka. 2022; 30: 247–257 (In Russian). <https://elibrary.ru/qdgnm>
10. Krasova N.G., Galasheva A.M. The yield of apple cultivars in the intensive orchard. *Selection and varietal agrotechnics of fruit crops*. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. 2004; 24–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/yhanxr>
11. Robinson T. Advances in apple culture worldwide. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2011; 33(s1): 37–47. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500006>
12. Jones H.G. How do rootstock controls shoot water relations?. *New Phytologist*. 2012; 194(2): 301–303. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04110.x>
13. Chauhan A., Ladon T., Verma P. Strategies for rootstock and varietal improvement in apple: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020; 9(5): 2513–2516.
14. Krasova N.G., Galasheva A.M. Productivity of apple cultivars on low-growing insert rootstocks. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2012; 29(1): 259–267 (In Russian). <https://elibrary.ru/opgcvl>
15. Tankevich V.V. Rootstocks influence on growth and productivity of apple trees in the Crimea. *Fruit Growing*. Samokhvalovichy: Institute for Fruit Growing. 2013; 25: 353–358 (In Russian). <https://elibrary.ru/xpkqwt>
16. Efimova I.L. Apple trees fruiting on different dwarfing rootstocks depending on planting density. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2017; 49: 121–124 (In Russian). <https://elibrary.ru/yjzjht>
17. Efimova I.L. Possibilities of the SK series rootstocks in increasing the apple trees yield. *Fruit growing and viticulture of South Russia*. 2020; (4): 25–35 (In Russian). <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-4-64-25-35>
18. Ivanenko E.N., Menshutina T.V. Yield of stock-scion apple combinations in intensive orchard. *Theoretical and Applied Problems of Agro-industry*. 2020; (3): 39–43 (In Russian). <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2020-45-2-39-43>
19. Reig G. et al. Horticultural performance and elemental nutrient concentrations on 'Fuji' grafted on apple rootstocks under New York State climatic conditions. *Scientia Horticulturae*. 2018; 227: 22–37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.002>
20. Tatarinov A.N. Gardening on clonal rootstocks. Kyiv: Urozhay. 1988; 205 (In Russian).
21. Grusheva T.P., Ostapchuk I.N. Change of fruits chemical composition of clonal apple cultivars during storage. *Fruit growing. Collection of scientific papers*. Samokhvalovichy: Institute for Fruit Growing. 2015; 27: 286–293. <https://elibrary.ru/yjnsnm>
22. Galasheva A.M., Krasova N.G., Makarkina M.A. Biochemical estimation of fruit of apple varieties on dwarf interstocks. *Selection and variety breeding of garden crops. Collection*. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. 2007; 47–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/yhakzx>
23. Menshutina T.V., Ivanenko E.N. Commercial qualities and biochemical composition of apples grown on clonal rootstocks in arid zone. *Theoretical and Applied Problems of Agro-industry*. 2020; (3): 48–52 (In Russian). <https://doi.org/10.32935/2221-7312-2020-45-2-48-52>
24. Tutkin G.A., Makarkina M.A. Biochemical evaluation of fruits of apple cultivars immune to scab depending on the rootstock. *Vestnik OrelGAU*. 2009; (3): 38–40 (In Russian). <https://elibrary.ru/kkvxvz>
25. Babintseva N.A., Gorb N.N. The influence of garden designs on the duration of storage of apple fruits (*Malus domestica* Borkh.) in the foothill zone of the Crimea. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2017; 144-2: 9–15 (In Russian). <https://elibrary.ru/zdfdf>
26. Sotnik A.I., Tankevich V.V. The impact of rootstocks on the biochemical and technological characteristics of apple varieties in the Crimea. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2018; 53: 82–87 (In Russian). <https://elibrary.ru/xulddq>

27. Тютюма Н.В., Костенко М.Г., Меншутина Т.В. Товарные качества и биохимический состав плодов яблони на клоновых подвоях южной селекции. *Аграрный научный журнал*. 2021; (9): 38–41. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i9pp38-41>

28. Мотылева С.М., Борисова А.А. Сравнительный биохимический состав плодов яблони отечественных и зарубежных сортов. *Садоводство и виноградарство*. 2018; (6): 12–18. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-6-12-18>

ОБ АВТОРАХ

Анна Мироновна Галашева¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
anna-galasheva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8795-9991>

Маргарита Алексеевна Макаркина¹,

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник
makarkina@orel.vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7979-3426>

Нина Глебовна Красова¹,

доктор сельскохозяйственных наук
krasovang@vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7896-0149>

Оксана Альфредовна Ветрова¹,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
vetrova@vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2868-323X>

Максим Игоревич Галашев²,

магистр,
galashev55@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, дер. Жилина, Орловский р-н, Орловская обл., 302530, Россия

² Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина, ул. Генерала Родина, 69, Орёл, 302019, Россия

27. Tyutyuma N.V., Kostenko M.G., Menshutina T.V. Commercial quality and biochemical composition of fruits of apple trees on clonal rootstocks southern. *Agrarian Scientific Journal*. 2021; (9): 38–41 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i9pp38-41>

28. Motyleva S.M., Borisova A.A. Comparative biochemical composition of apple fruits of domestic and foreign varieties. *Horticulture and viticulture*. 2018; (6): 12–18 (In Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2018-6-12-18>

ABOUT THE AUTHORS

Anna Mironovna Galasheva¹,

Candidate of Agricultural sciences, Leading Researcher
anna-galasheva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8795-9991>

Margarita Alekseevna Makarkina¹,

Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientific Officer
makarkina@vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7979-3426>

Nina Glebovna Krasova¹,

Doctor of Agricultural Sciences
krasovang@vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7896-0149>

Oksana Alfredovna Vetrova¹,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
vetrova@vniispk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2868-323X>

Maksim Igorevich Galashev²,

Master,
galashev55@mail.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina village, Orel district, Orel region, 302530, Russia

² Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, 69 General Rodin Str., Orel, 302019, Russia

удк 635.91:58.006

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-145-148

В.В. Волкова, ✉
Н.В. ЩегринцевСеверо-Кавказский федеральный
научный аграрный центр, Михайловск,
Ставропольский край, Россия

✉ lotos026@mail.ru

Поступила в редакцию:
16.03.2023Одобрена после рецензирования:
14.08.2023Принята к публикации:
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-145-148

Valentina V. Volkova, ✉
Natalia V. ShchegrinetsNorth Caucasus Federal Agricultural
Research Center, Mikhailovsk, Stavropol
Territory, Russia

✉ lotos026@mail.ru

Received by the editorial office:
16.03.2023Accepted in revised:
14.08.2023Accepted for publication:
29.08.2023

Онтогенез *Victoria cruziana* A.D. Orb. в условиях оранжереи Ставропольского ботанического сада

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Кувшинки распространены практически по всему земному шару. Самыми крупными являются два вида тропических кувшинок — *Victoria amazonica* (Поепп.) J. C. Sowerby и *V. cruziana* A.D. Orb. Ареал их распространения — Южная Америка. Особый интерес привлекает к себе *Victoria cruziana*, обитающая в более холодных климатических условиях. На территории Российской Федерации *Victoria cruziana* произрастает в основном в условиях закрытого грунта. В течение 16 лет изучались биологические, морфологические, адаптивные особенности и ее семенное размножение.

Методы. Проводились морфологические исследования, оценивалась семенная продуктивность *Victoria cruziana* в условиях закрытого грунта, учитывая температуру воздуха, воды и интенсивность освещения.

Результаты. *Victoria cruziana* выращивается как однолетняя культура с коротким вегетационным периодом $299,9 \pm 56,3$ дня. Первый подводный нитевидный лист появляется на 20-й день после прорастания, а второй и третий (узкокопьевидный) — на 25-й. Формирование плавающих крупных листьев отмечено на 47-й день, нарастание новых листьев происходит через каждые пять дней. Общее количество листьев достигает 12 шт. Растение вступает в генеративную фазу, когда размеры листьев составляют 80–150 см в диаметре. Начало цветения отмечается на 120-й (± 5) день, диаметр первого цветка — 20 см (с последующим увеличением). Сбор семян происходит после опыления через 50 ($\pm 2,1$) дней. При искусственном опылении растений возрастают показатели реальной семенной продуктивности плода до 3150 семян с диаметром 0,5–0,6 см, при самоопылении образуется 212–229 семян диаметром 0,7–0,8 см.

Ключевые слова: тропическая, кувшинка, *Victoria cruziana*, онтогенез, оранжерея, освещение, семена, цветок

Для цитирования: Волкова В.В., Щегринцев Н.В. Онтогенез *Victoria cruziana* A.D. Orb. в условиях оранжереи Ставропольского ботанического сада. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 145–148. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-145-148>

© Волкова В.В., Щегринцев Н.В.

Ontogenesis *Victoria cruziana* A.D. Orb. in the greenhouse of the Stavropol Botanical Garden

ABSTRACT

Relevance. Water lilies are distributed almost throughout the globe. The largest are 2 species of tropical water lilies — *Victoria amazonica* (Poepp.) J. C. Sowerby и *V. cruziana* A.D. Orb. Their distribution range is South America. Of particular interest is *Victoria cruziana*, which grows in colder climatic conditions. On the territory of the Russian Federation, *Victoria cruziana* grows in the main in closed ground conditions. For 16 years, biological, morphological, adaptive features and seed reproduction of this species have been studied.

Methods. Morphological studies were carried out, the seed productivity of *Victoria cruziana* in closed ground conditions was assessed, taking into account air temperature, water and lighting intensity.

Results. *Victoria cruziana* is grown as an annual crop with a short growing season of 299.9 ± 56.3 days. The first underwater filamentous leaf appears on the 20th day after germination, and the second and third (narrow-lobed) — on the 25th. The formation of large floating leaves was noted on the 47th day, the growth of new leaves occurs every five days. The total number of leaves reaches 12 pcs. The plant enters the generative phase when the size of the leaves reaches 80–150 cm in diameter. The beginning of flowering is marked on the 120th (± 5) day, the diameter of the first flower is 20 cm (with subsequent increase). Seed collection takes place after pollination in 50 (± 2.1) days. With artificial pollination of plants, the indicators of real seed productivity of the fruit increase to 3150 seeds with a diameter of 0.5–0.6 cm, with self-pollination, 212–229 seeds with a diameter of 0.7–0.8 cm are formed.

Key words: tropical, nymphaea, *Victoria cruziana*, ontogenesis, greenhouse, consecration, seeds, flower

For citation: Volkova V.V., Shchegrinets N.V. Ontogenesis *Victoria cruziana* A.D. Orb. in the greenhouse of the Stavropol Botanical Garden. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 145–148 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-145-148>

© Volkova V.V., Shchegrinets N.V.

Введение/Introduction

Кувшинки — красивейшие в мире водные растения, распространенные практически по всему земному шару. Самыми крупными представителями рода *Nymphaea* являются два вида тропических кувшинок — *Victoria amazonica* (Poepp.) J. C. Sowerby и *Victoria cruziana* A.D. Orb. Ареал распространения видов — Южная Америка¹. *Victoria amazonica* встречается на реке Амазонке в Бразилии и Боливии, а субтропический вид *Victoria cruziana* — на Паране в Аргентине, Парагвае и Уругвае². В природных условиях кувшинки живут пять лет, в искусственных — это однолетнее растение. На данный период в условиях закрытого грунта одним из популярных оранжерейных водных является *V. cruziana*, привлекающая к себе внимание ночным типом цветения, диаметром листа до 3 м, цветка — 30 см [1–9].

Цели исследования — выявление биологических, морфологических, адаптивных особенностей и семенное размножение *Victoria cruziana* в условиях закрытого грунта.

Материалы и методы исследования /

Materials and methods

Объект исследований — *Victoria cruziana* (оборудованные и растения генетической коллекции, использованные в работе, входят в состав ЦКП СБС), произрастающая в бассейне с температурой воды плюс 25–29 °С, расположенном в оранжерее, отапливаемой с октября по май. Наиболее высокие среднесуточные температуры воздуха (более 30 °С) наблюдаются с мая по август, самые низкие — в октябре (8–10 °С). Интенсивность освещения варьирует в осенние и зимние месяцы от $9,2 \times 10^3$ до $14,1 \times 10^3$ Лк, в весенне-летний период — от $15,56 \times 10^3$ до $93,5 \times 10^3$ Лк.

Изучение онтогенеза проводится с 2006 года. Для выявления оптимальных условий роста и развития кувшинки измерялись температура воздуха и воды два раза в день (в 8:00 и 14:00) и интенсивность освещения (с помощью люксметра) — три раза (в 8:00, 12:00 и 16:00). Растения выращиваются в контейнерах объемом 400 л, высота водяного столба — 30–50 см.

Victoria cruziana в условиях оранжереи ботанического сада является однолетним культурой, ее семена хранятся в контейнерах с водой при температуре плюс 20–22 °С. Для прорастания семян повышается температура воды до плюс 25–28 °С, устанавливается длина светового дня (18 ч.) фитолампами с освещением $10,2 \times 10^3$ Лк. Посадка проросших семян с длиной ростка 5 см производится в земляную смесь, состоящую из дерновой почвы, нейтрального торфа, речного песка в соотношении 3:3:0,5. Посаженные в контейнеры растения опускаются в аквариум с температурой воды плюс 25–28 °С. Высота водяного столба над центральным молодым листом не более 10 см. По мере роста растений производится их перевалка в большие контейнеры^{3, 4} [5, 10]. Так как в природе кувшинка живет до пяти лет, для уточнения длительности вегетации в условиях оранжереи проведен опыт. Три года не осуществлялась замена воды в бассейне, в течение сезона по мере роста корней досыпали грунт и вносили удобрения, удаляли образовавшиеся

Таблица 1. Особенности развития двух растений *Victoria cruziana* в контейнерной культуре
Table 1. Features of the development of two *Victoria cruziana* plants in container culture

Год	Вегетация		Средняя продолжительность цветения, дни
	начало	средняя продолжительность, дни	
2006	17.01.2006	212	25,5 ± 0,3
2007	27.12.2006	220	46,5 ± 4,6
2008	17.12.2007	260	86,0 ± 3,5
2009	15.12.2008	258	67,5 ± 5,1
2010	21.12.2009	289	67,0 ± 4,2
2011	16.12.2010	293	64,5 ± 0,7
2012	20.12.2011	361	141,0 ± 5,2
2013	16.11.2012	404	264,5 ± 7,1
2014	16.11.2013	349	141,5 ± 5,1
2015	14.05.2015	251	10,5 ± 1,5
2016	18.01.2016	323	99,5 ± 2,1
2017	18.12.2016	286	83,0 ± 1,1
2018	27.02.2018	272	47,0 ± 1,8
2019	13.12.2018	378	117,5 ± 9,4
2020	13.12.2018	375	165,5 ± 5,1
2021	19.01.2021	285	69,0 ± 4,2
2022	27.01.2022	282	106,0 ± 1,5
Итого		299,9 ± 56,3	94,0 ± 3,5

плоды. Проводили измерения морфологических параметров, фенологические исследования⁵.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В 2005 году было создано отделение с экспозицией прибрежно-водных растений в бассейне объемом 80 тыс. л и площадью водного зеркала 67,5 м². Первые растения *Victoria cruziana* были привезены из Ботанического сада БИН РАН им. В.Л. Комарова в 2006 году.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием кувшинки приведены в таблице 1.

Семена Виктории хранятся в воде при температуре воздуха плюс 20–22 °С. В этих условиях массовое прорастание отмечено через 122 ± 8,2 дня после созревания семян (фото 1). Посадка проросших семян с длиной ростка до 5 см проводится с III декады декабря по I декаду января. Первый подводный нитевидный лист появился на 20-й день после проращивания, а второй и третий (узкокопьевидный) — на 25-й (фото 2).

Фото 1. Проростки *Victoria cruziana*
Photo 1. Sprouts *Victoria cruziana*



Фото 2. Первые округлые плавающие листья *Victoria cruziana*
Photo 2. First rounded floating leaves



¹ The International Waterlily & Water Gardening Society (IWGS) Available from: <https://iwgs.org/articles/> (accessed: 15.12.2022).

² The International Waterlily & Water Gardening Society (IWGS) Available from: <https://iwgs.org/articles/> (accessed: 15.12.2022).

³ Золотницкий Н.Ф. Водяные растения для аквариумов комнатных, садовых и оранжерейных. М.: Секачев В. 2020; 274. ISBN: 978-5-4481-0772-6

⁴ Бехтер А.В., Карпун Ю.Н. Культура нимфей в субтропиках России. В кн: Методические рекомендации по культивированию представителей рода нимфея (*Nymphaea* L.) во влажных субтропиках России. Сочи: ГНУ ВНИИЦСК. 2010; 26.

⁵ Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. М.: Патент. 1975; 27.

Фото 3. Диаметр листа
Photo 3. Sheet diameter



Фото 4. Первый день цветения
Photo 4. The first day of flowering



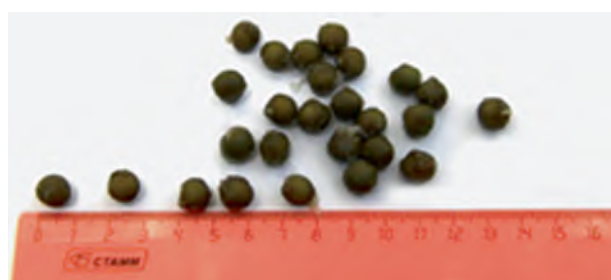
Фото 5. Второй день цветения
Photo 5. The second day of flowering



Фото 6. Плод *Victoria cruziana*
Photo 6. Fetus *Victoria cruziana*



Фото 7. Семена *Victoria cruziana*
Photo 7. Seeds *Victoria cruziana*



Первая перевалка растений в контейнер большего объема проводилась на 30-й день, при этом растения имеют один нитевидный и два стреловидных листа с длиной корня 15 см. Первый округлый плавающий лист образуется на 37-й день. Формирование плавающих крупных листьев отмечено на 47-й день, образование новых происходит через каждые пять дней. Общее количество около 12 шт. Растение вступает в генеративную фазу, когда размеры листьев достигают 80–150 см в диаметре, освещение — $114,3 \times 10^3$ Лк, температура воды — плюс 25–28 °С. (фото 3). В среднем вегетационный период длится $299,9 \pm 56,3$ дня. Для изучения максимальной длительности вегетационного периода с 2015 по 2017 г. не проводилась замена воды в бассейне, удалялись отцветшие цветы. *Victoria cruziana* продолжила вегетацию в 2016 г., после проведения подкормки наблюдалось увеличение диаметра листа с 20 до 40 см, первое цветение наступило на два месяца раньше многолетних наблюдений — 2.03.2016. В феврале 2017 г.

растение погибло. Максимальная длительность вегетационного периода составила 783 дня.

Начало цветения отмечено на 121-й (± 5) день при освещении, размер первого цветка — 20 см, увеличение — до 28–35 см (фото 4). Цветок одет четырьмя колечками розовыми чашелистиками снаружи и белыми изнутри. Начало распускания бутона происходит с 23:00 до 02:00, в пасмурную погоду при освещении $6,12 \times 10^3$ Лк — с 06:00 до 12:00. Лепестки: снаружи зеленые, в первую ночь цветения — бело-кремовые, во вторую ночь меняют окраску до светло-розового цвета (фото 5). Во время цветения издают сильный приятный аромат. Из-за изменения жизненного ритма растения в условиях искусственного выращивания отмечается частичное или полное отсутствие закрытия цветка. На вторую ночь производится искусственное (гейтеногамное) опыление растений.

Затем цветок уходит под воду, где происходит созревание семян (фото 6, 7) через $50 \pm 2,1$ дня после опыления. При выполнении гейтеногамного опыления растений возрастают показатели реальной семенной продуктивности плода до 3150 семян диаметром 0,5–0,6 см. В 2019 и 2020 гг. проходило самоопыление цветов, в результате образовались 212 и 229 семян диаметром 0,7–0,8 см (табл. 2). После созревания семян первого плода отмечаются уменьшение размера листовых пластинок и гибель растений (через 40–50 дней).

Выводы/Conclusion

Установлено, что массовое прорастание семян происходит через $122 \pm 8,2$ дня. Растение вступает в генеративную фазу через 121 (± 5) день, когда размеры листьев достигают 80–150 см в диаметре. Оптимальный рост и развитие кувшинки происходят при освещении $114,3 \times 10^3$ Лк и температуре воды плюс 25–28 °С. При искусственном опылении в среднем образуется до 3150 семян, без него — 212 и 229 шт. В среднем вегетация двух растений *V. cruziana* длится $299,9 \pm 56,3$ дня, при условии удаления плодов — 783.

Таблица 2. Семенная продуктивность двух растений в оранжерее Ставропольского ботанического сада (2006–2022 гг.)

Table 2. Seed productivity of two plants in the greenhouse of the Stavropol Botanical Garden (2006–2022)

Год	Количество плодов (многоорешек), шт.	Суммарное количество семян в плодах при разных способах опыления, шт.	
		гейтеногамное	самоопыление
2006	2	90	0
2007	2	550	0
2008	15	2358	0
2009	7	1330	0
2010	8	1480	0
2011	5	100	0
2012	6	460 (не выполнены)	0
2013	9	1656	0
2014	14	1598	0
2015	1	0	0
2016	12	2484	0
2017	9	2068	0
2018	18	3150	0
2019	6	0	229
2020	4	0	212
2021	7	1847	0
2022	6	1537	0

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. Hoorn C., Boschman L.M., Kukla T., Sciumbata M., Val P. The Miocene wetland of western Amazonia and its role in Neotropical biogeography. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2022; 199(1): 25–35. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boab098>
2. Smith L.T. et al. Revised Species Delimitation in the Giant Water Lily Genus *Victoria* (Nymphaeaceae) Confirms a New Species and Has Implications for Its Conservation. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 883151. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883151>
3. Chen F., Liu X., Yu C., Chen Y., Tang H., Zhang L. Water lilies as emerging models for Darwin's abominable mystery. *Horticulture Research*. 2017; 4: 17051. <https://doi.org/10.1038/hortres.2017.51>
4. Замятин Б.Н. Виктория регия — гигантская водная лилия Южной Америки. Л.: Наука. 1980; 89.
5. Халявина С.В. Сорты кувшинок в коллекции водных растений Никитского ботанического сада. *Научные записки природного заповедника «Мыс Мартьян»*. 2015; (6): 133–139. <https://www.elibrary.ru/vbrevp>
6. Волкова В.В., Кожевников В.И., Щегринетс Н.В., Яненко Т.Г. Интродукция семейства Нимфейные (Nymphaeaceae Salisb.) в Ставропольском ботаническом саду. Монография. Ставрополь: Бюро новостей. 2019; 144. ISBN 978-5-6042071-0-9 <https://www.elibrary.ru/knlvro>
7. Халявина С.В., Каширская Ю.К. Новые холодостойкие сорта кувшинок в озеленении искусственных водоемов в условиях города Симферополя. *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. 2014; 139: 208–215. <https://www.elibrary.ru/ucqzth>
8. Slocum P.D. Waterlilies and Lotuses: Species, Cultivars and New Hybrids. Portland: Timber Press. 2005; 260. ISBN 978-0881926842
9. Prance G.T., Arias J.R. A study of the Floral Biology of *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby (Nymphaeaceae). *Acta Amazonica*. 1975; 5(2): 109–139. <https://doi.org/10.1590/1809-43921975052109>
10. Staines M., Sassoon K. Identifying Nutrient Deficiencies in Waterlilies. *Water Garden Journal*. 2020; 35(2): 8–12.

ОБ АВТОРАХ

Валентина Валентиновна Волкова,
старший научный сотрудник
lotos026@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7958-2941>

Наталья Викторовна Щегринетс,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
aster22@list.ru
<https://orcid.org/0009-0004-8343-7423>

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр,
ул. Никонова, 49, Михайловск, Шпаковский р-н, Ставропольский край, 356241, Россия

REFERENCES

1. Hoorn C., Boschman L.M., Kukla T., Sciumbata M., Val P. The Miocene wetland of western Amazonia and its role in Neotropical biogeography. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2022; 199(1): 25–35. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boab098>
2. Smith L.T. et al. Revised Species Delimitation in the Giant Water Lily Genus *Victoria* (Nymphaeaceae) Confirms a New Species and Has Implications for Its Conservation. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 883151. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883151>
3. Chen F., Liu X., Yu C., Chen Y., Tang H., Zhang L. Water lilies as emerging models for Darwin's abominable mystery. *Horticulture Research*. 2017; 4: 17051. <https://doi.org/10.1038/hortres.2017.51>
4. Zamyatin B.N. Victoria Regia is a giant water lily in South America. Leningrad: Nauka. 1980; 89 (In Russian).
5. Khalyavina S.V. Water lily species in aquatic plant collection of Nikitsky Botanical Gardens. *Scientific Notes of the "Cape Martyan" Nature Reserve*. 2015; (6): 133–139 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vbrevp>
6. Volkova V.V., Kozhevnikov V.I., Shchegrinets N.V., Yanenko T.G. Nymphaeaceae family introduction (Nymphaeaceae Salisb.) in the Stavropol botanical garden. Monograph. Stavropol: Byuro novostei. 2019; 144 (In Russian). ISBN 978-5-6042071-0-9 <https://www.elibrary.ru/knlvro>
7. Khalyavina S.V., Kashyrskaya Y.K. New cold-resistant species of water lilies in landscaping of artificial reservoirs in conditions of Simferopol city. *Works of the State Nikita Botanical Gardens*. 2014; 139: 208–215 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ucqzth>
8. Slocum P.D. Waterlilies and Lotuses: Species, Cultivars and New Hybrids. Portland: Timber Press. 2005; 260. ISBN 978-0881926842
9. Prance G.T., Arias J.R. A study of the Floral Biology of *Victoria amazonica* (Poepp.) Sowerby (Nymphaeaceae). *Acta Amazonica*. 1975; 5(2): 109–139. <https://doi.org/10.1590/1809-43921975052109>
10. Staines M., Sassoon K. Identifying Nutrient Deficiencies in Waterlilies. *Water Garden Journal*. 2020; 35(2): 8–12.

ABOUT THE AUTHORS

Valentina Valentinovna Volkova,
Senior Researcher
lotos026@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7958-2941>

Natalia Viktorovna Shchegrinets,
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
aster22@list.ru
<https://orcid.org/0009-0004-8343-7423>

North Caucasus Federal Agricultural Research Center,
49 Nikonov Str., Mikhailovsk, Shpakovsky district, Stavropol Territory, 356241, Russia

УДК 636.034

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155

И.М. Довлатов¹,
И.В. Комков¹,
А.Ю. Алипичев²,
Д.А. Благов¹, ✉
С.С. Юрочка¹

¹Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ, Москва,
Россия

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

✉ aspirantya2013@gmail.com

Поступила в редакцию:
04.07.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155

Igor M. Dovlatov¹,
Ilya V. Komkov¹,
Alexey Yu. Alipichev²,
Dmitry A. Blagov¹, ✉
Sergei S. Yurochka¹

¹ Federal Scientific Agroengineering
Center VIM, Moscow, Russia

² Russian State Agrarian University —
Moscow Agricultural Academy named after
K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

✉ aspirantya2013@gmail.com

Received by the editorial office:
04.07.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Анализ предлагаемых технических решений для поддержания микроклимата животноводческих помещений

РЕЗЮМЕ

Изучены технические решения для обеспечения необходимых значений параметров. Рассмотрены научные исследования по тематике контроля микроклиматических показателей. Выявлены основные компоненты условий содержания, способы поддержания их регламентированных значений в помещении. Рассмотрены методы воздействия на них. Разработана упрощенная модель фермы в программных комплексах SketchUp 2020, моделирование проводилось в программном комплексе SolidWorks 2020. Общие задаваемые параметры для расчета: тепло, выделяемое коровами, — 1000 Вт; количество углекислого газа — 4% в выдыхаемом воздухе; скорость ветра на входе в окно — 2 м/с, влажность — 70%, температура — 25 °С. Отображены материалы, использованные при проведении исследования. Представлены параметрические модели по характеру и скорости движения воздушных потоков. Проанализированы основные способы регуляции интересующих показателей. Выявлены и описаны наиболее подходящие решения для модернизации и переоборудования производств для улучшения состояния микроклимата в помещениях для содержания скота. Сформирована функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата. Сделана и отображена технологическая карта концептуальных предложений. На их основе определены основные решения для модернизации ферм: естественная вентиляция, осевой и подвесной вентиляторы, световой конек, форсунки, подъемные шторы, искусственное освещение.

Ключевые слова: микроклимат, условия содержания животных, воздушные потоки, температурный стресс, приточно-вытяжная шахта, разгонные вентиляторы

Для цитирования: Довлатов И.М., Комков И.В., Алипичев А.Ю., Благов Д.А., Юрочка С.С. Анализ предлагаемых технических решений для поддержания микроклимата животноводческих помещений. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 149–155. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155>

© Довлатов И.М., Комков И.В., Алипичев А.Ю., Благов Д.А., Юрочка С.С.

Analysis of proposed technical solutions for maintaining the microclimate of livestock buildings

ABSTRACT

Technical solutions to ensure the necessary values of parameters are studied. Considered scientific research on the subject of control of microclimatic parameters. Identified the main components of the living conditions, ways to maintain their regulated values in the room. The methods of influencing them are considered. Developed a simplified model of the farm in the software package SketchUp 2020, simulations were carried out in the software package SolidWorks 2020. General parameters set for the calculation: heat emitted by the cows — 1000 W; amount of carbon dioxide — 4% in the exhaled air; wind speed at the window inlet — 2 m/s, humidity — 70%, temperature — 25 °C. The materials used in the study are displayed. Parametric models for the nature and velocity of air flows are presented. The main ways of regulating the indicators of interest are analyzed. The most suitable solutions for modernization and re-equipment of production facilities to improve the microclimate in the cattle housing are identified and described. The functional and structural scheme of technical solutions to ensure the parameters of the microclimate is formed. The technological map of conceptual proposals is made and displayed. On their basis, the main solutions for modernization of farms are defined: natural ventilation, axial and suspended fans, light ridge, nozzles, lifting curtains, artificial lighting.

Key words: microclimate, animal housing conditions, air flows, temperature stress, supply and exhaust shaft, dispersal fans

For citation: Dovlatov I.M., Komkov I.V., Alipichev A.Yu., Blagov D.A., Yurochka S.S. Analysis of proposed technical solutions for maintaining the microclimate of livestock buildings. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 149–155 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-149-155>

© Dovlatov I.M., Komkov I.V., Alipichev A.Yu., Blagov D.A., Yurochka S.S.

Введение/Introduction

Основным критерием в сфере животноводческого АПК является продуктивность, зависит она от двух факторов — генетики и условия содержания. В настоящий момент современные породы крупного рогатого скота (КРС) обладают высоким генетическим потенциалом. Полноценно раскрыть генетический потенциал можно за счет правильного условия содержания. К ним относятся кормление, поение, навозоудаление, соблюдение определенного уровня влажности, температуры, скорость воздушных потоков внутри помещения, кратность воздухообмена, освещенность, чистоту воздуха [1–3].

Важным фактором является соблюдение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) по микроклимату помещений, например температуре, влажности, скорости движения воздуха, загазованности помещения, освещенности, бактериальной обсемененности. Для наиболее полной реализации генетического потенциала крайне важно соблюдать ПДК для параметров микроклимата¹, что достигается контролем и регулированием значений вышеуказанных параметров [4–6].

В предшествующей работе [2, 7] выявлено, что для регулировки бактериальной обсемененности можно использовать УФ-лампы, способные инактивировать патогенную микрофлору. Частичную дезинфекцию предлагается осуществлять разбрызгиванием дезинфицирующего вещества с таким содержанием дезинфектанта, что можно использовать в присутствии животных через форсунки распылителя, которые дополнительно saniруют воздух внутри помещения.

Освещенность влияет на уровень стресса животного и поедаемость кормов, что в свою очередь отражается на степени продуктивности сельскохозяйственных животных. Световой стресс заключается в том, что слишком интенсивное излучение пагубно воздействует на зрительные нервы животных и мозговую активность в целом, также негативное влияние оказывает чрезмерно длительное воздействие. Следует учитывать, что недостаток света оказывает не менее отрицательный эффект. Может спровоцировать недостаточное усвоение витаминов и минеральных веществ [8–10].

Некоторые предприятия используют световой конек с частичным воздухообменом, что позволяет повысить коэффициент естественного освещения и существенно сэкономить на оборудовании для искусственного освещения и воздухообмена. Это хорошее решение данной проблемы в дневное время суток, но стоит учитывать возможные потери тепла и, как следствие, возможные затраты на отопление помещения.

Световой конек без вентиляции позволяет пропускать солнечный свет, но затрудняет процесс вентиляции. Для решения данного аспекта интегрируются вентиляционные шахты (рис. 1). Дополнительно отверстия для вентиляции в данном световом коньке можно закрывать, что делает процесс вентиляции контролируемым.

Для освещения помещений, содержащих КРС, рекомендуется освещенность в пределах 150–300 Лк в течение 16-часового дневного периода. В связи с высокой степенью влияния светового потока на организм животных

проводится множество исследований на тему его влияния. Выявлено положительное влияние на повышение продуктивности молочного скота и улучшение иммунного ответа организма на возможные заболевания. Изучена возможность регуляции гормонального фона стимулированием синтеза определенных гормонов [11–13].

При воздействии освещения на животных установлена взаимосвязь между степенью интенсивности освещения и мощностью светового излучения на продуктивность и длительность хозяйственного использования КРС² [14–16].

Шторки или подвижные жалюзи осуществляют дополнительную естественную освещенность и обеспечивают естественную вентиляцию в теплые периоды года. Рассматриваемое решение позволяет частично регулировать естественную освещенность и вентиляцию [17].

Навозоудаление имеет высокую значимость, так как продукты жизнедеятельности скота являются дополнительным источником загрязнения воздуха газовыми смесями, которые могут быть потенциальными для болезнетворных бактерий, спор и грибов, влажности и тепловой энергии в помещении [18–20].

Материалы и методы исследований / Materials and methods

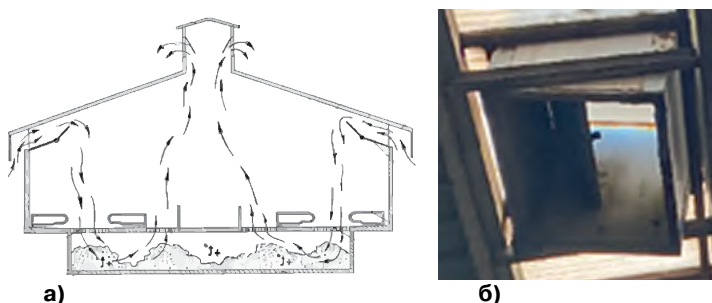
Важные показатели микроклимата в животноводческих помещениях — качества воздуха: уровень влажности, температура, скорость воздушных потоков внутри помещения, кратность воздухообмена, загазованность помещения. При соблюдении требований ПДК³ данных факторов можно добиться высоких показателей продуктивности КРС [21–23].

Обработка данных, полученных от АО «Зеленоградское», Московской обл., во время аномально высоких кратковременных значений температуры осуществлялась периодически.

Во время исследований была разработана упрощенная модель фермы с полным соответствием габаритных размеров помещений, приточных и вытяжных отверстий в программных комплексах SketchUp 2020 (авторы — Last Software, Google; разработчик — Trimble Inc, США; патент США 6 628 279).

Моделирование движения воздуха проводилось в программном комплексе SolidWorks 2020 Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks, Франция), защищено патентами США — 7184044, 7502027 и Канады — 2318706⁴.

Рис. 1. Вытяжная шахта в помещении для содержания скота: а) схема коровника с вентиляционной шахтой, б) вентиляционная шахта
Fig. 1. Exhaust shaft in a livestock building: a) Scheme of a cowshed with a ventilation shaft, б) Ventilation shaft



¹ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

² ОН АПК 2.10.24.001-04 Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий, сооружений.

³ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

⁴ https://help.solidworks.com/2012/RUSSIAN/SolidWorks/cworks/copyright_solidworks.htm?format=P&value=

Для проведения параметрического моделирования внутри животноводческого помещения разработана начальная 3D-модель фермы. Общие задаваемые параметры для расчета: тепло, выделяемое коровами, — 1000 Вт; скорость ветра на входе в окно — 2 м/с; влажность — 70%; температура — 25 °С. В качестве значений параметров были выбраны те, что являются стандартными в условиях периода, соответствующего нормам ПДК⁵.

В модели присутствуют упрощения: форма коров, отсутствуют стойла, закрыты ворота, отсутствуют коммуникации на колоннах и прочие мелкие допущения. Данные допущения были сделаны с целью оптимизации модели для возможности проведения параметрического моделирования. В противном случае мощности вычислительных машин будет не хватать, а результат, на который повлияют добавленные упрощения, будет незначительным. Изучение движения воздушных потоков отображено на рисунках 2–4.

Внешний вид разработанной параметрической модели животноводческого помещения реализован в виде участка фермы с параметрами (длина × ширина × высота) 31,5 × 11,2 × 5 м, где иерархичным образом размещены 10 объектов. Модель разработана в 2022 году научными сотрудниками ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Накопление газов в помещении зависит от количества животных, температурно-влажностного режима и плотности размещения животных с учетом режима содержания, работы системы вентиляции. При рассмотрении движения газовых облаков в воздухе доработанная модель имела параметры (длина × ширина × высота) 63 × 22,4 × 5 м.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По полученным данным от ЗАО «Зеленоградское» в 2021 г. из-за аномально высоких кратковременных значений температуры было выявлено, что температурный стресс напрямую влияет на экономические показатели производства молока, следовательно, существует потребность в нивелировании данного фактора. На ферме технологически предусмотрена естественная вентиляция. Фактическое снижение удоя в рассматриваемый период превысило на 7% (по сравнению с нормативными), а потери молока на корову — до 70%. Как следствие, были увеличены денежные потери (на 58%).

Для осуществления принудительной вентиляции могут использоваться вентиляционные шахты, которые, как правило, устанавливаются в коньке крыши (рис. 1). Они призваны осуществлять удаление воздушных масс внутри помещения и утилизацию отработанного воздуха наружу за счет того, что прогретый внутри

помещения воздух поднимается вверх. Также существует ряд трудностей, связанный с установкой в помещении, так как приходится учитывать планировку помещения и осуществлять большие ремонтные работы.

Использование вытяжных шахт вместе с приточными каналами повысит объем удаляемого некачественного воздуха из помещения. В связи с конструктивными особенностями шахта не способна засасывать большой объем воздуха, из-за чего нет возможности удалять воздух, который находится на уровне животных и ниже, по всей площади здания.

Моделирование (рис. 2), установило наличие завихрений воздушных потоков и их скорости движения (табл. 1).

На рисунке 2 видно, что из-за неравномерности воздушных потоков отработанный воздух частично возвращается к животным. Стоит отметить: его насыщенность газами будет меньше, так как он смешивается с чистым воздухом. Определено, что засасывание воздуха под самой крышей малоэффективно. Это обусловлено отсутствием подвесных лопастных вентиляторов, способных устремить воздушный поток в вытяжную шахту.

В областях первичных завихрений 6 осуществляется частичный возврат удаляемого воздуха, а основная его масса в этих областях не затрагивается вообще. Из областей 9, 10, 14 происходит частичное удаление вредных газов, но значительная часть не перемещается достаточно близко к вытяжным шахтам для удаления. В областях 8, 12 наблюдаются наибольшие завихрения, воздух в которых нисходит до уровня животных. При этом удаление основных скоплений углекислого газа не осуществляется.

Из таблицы 1 видна скорость движения воздуха. Возле вентилятора рядом с областью 1 скорость достигает 7,6 м/с, потом она снижается. В областях завихрения и хаотичного движения воздушных масс скорость снижается до 1–2 м/с.

Рис. 2. Параметрическая модель движения воздушных потоков помещения для содержания скота: 1–19 — области измерения скорости воздуха; 1, 2, 4, 7, 11 — области сильнейшего воздушного потока от осевого вентилятора; 3 — область завихрения воздуха; 5, 8, 12 — области начала хаотичного движения и завихрения воздушных потоков; 6 — область первого завихрения; 9, 10 — области хаотичного движения воздуха; 13 — область смешивания потоков; 14 — область вторичного и сильнейшего завихрения; 15 — область встречи противоположных по направлению потоков воздуха; 16–18 — области завихрения воздуха по направлению к области удаления; 19 — область удаления воздуха; 20 — вентиляторы

Fig. 2. Parametric model of air flow in the cattle housing: 1–19 — areas of air velocity measurement; 1, 2, 4, 7, 11 — regions of the strongest air flow from axial fan; 3 — region of air turbulence; 5, 8, 12 — regions of the beginning of chaotic movement and swirling of air flows; 6 — region of the first turbulence; 9, 10 — regions of chaotic air flow; 13 — area of flow mixing; 14 — area of secondary and strongest swirling; 15 — area of opposite air flows meeting; 16–18 — areas of air whirling towards removal; 19 — area of air removal; 20 — fans

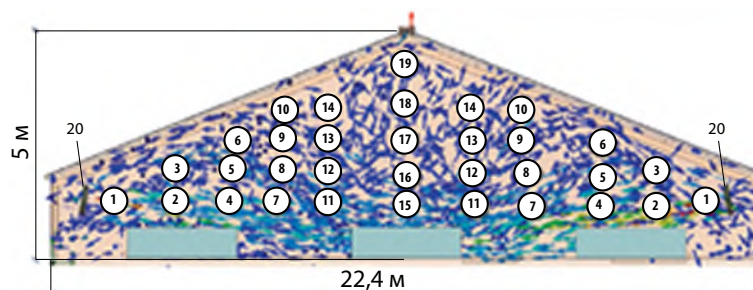


Таблица 1. Скорость движения воздушных потоков в завихрениях
Table 1. The speed of air movement in eddies

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Значение, м/с	7,61	6,6	1,04	3,43	1,03	1,06	3,80	0,93	0,64	0,90	2,3	1,12	0,57	0,82	1,13	1,62	1,53	0,67	0,45

⁵ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации».

В связи с этим для осуществления движения воздушных масс используются вентиляторы: осевые (рис. 3), которые смешивают и продвигают воздушные массы, и подвесные лопастные (рис. 4), перенаправляющие потоки воздуха в воздушные шахты.

Предлагаемый вариант актуален для ферм, неспособных к полной модернизации и готовых частично улучшить или интегрировать оборудование, способное улучшить воздухообмен, газообмен и корректировку относительной влажности с температурой. Существенным преимуществом является возможность быстрой и более легкой интеграции такого оборудования в помещение для содержания скота по сравнению с иными системами вентиляции воздуха, такими как приточно-вытяжные системы удаления и всасывания воздуха.

На рисунке 3 основные воздушные потоки от осевых вентиляторов производительностью 22–44 тыс. м³/ч имеют туннельную направленность, что может быть пагубным для животных при условии отсутствия контроля за данным процессом, и затруднена утилизация отработанного воздуха. Данная проблема решается осуществлением контроля и регулировки вентиляторов посредством установки автоматики с непрерывным анализом воздушных потоков.

На основании данных, представленных в таблице 2 можно определить скорость движения воздуха на протяжении всей его длины. В точках 1 и 7 скорость воздушного потока почти 4,3 м/с. В точке 4 скорость уменьшается ввиду встречи противоположных потоков и невысокой мощности, которая ограничивается начальной скоростью потока в точках 1 и 7, достигает 1,63 м/с.

На рисунке 4 определялась направленность потоков воздуха от подвесных лопастных вентиляторов.

Скорость движения воздуха вокруг ЗАО «Зеленоградское» в 2021 году на период проведения исследований составила 1–2 м/с (по данным метеорологических показателей)⁶. При осуществлении замеров скорость воздушных потоков возле коровника была около 2 м/с. В результате проведенного моделирования (рис. 4) видно, что воздушные потоки, создаваемые подвесными лопастными вентиляторами, имеют туннельную направленность, следовательно, полностью удалить отработанный воздух через надлежащие вентиляционные отверстия они не могут. Ввиду того что подвесной лопастной вентилятор имеет туннельную направленность, существуют области, где воздух не подлежит полному

Рис. 3. Движение и скорость воздушных потоков при использовании: 1–7 — области измерения скорости движения воздуха

Fig. 3. Movement and speed of air flows during use: 1–7 — areas for measuring air velocity

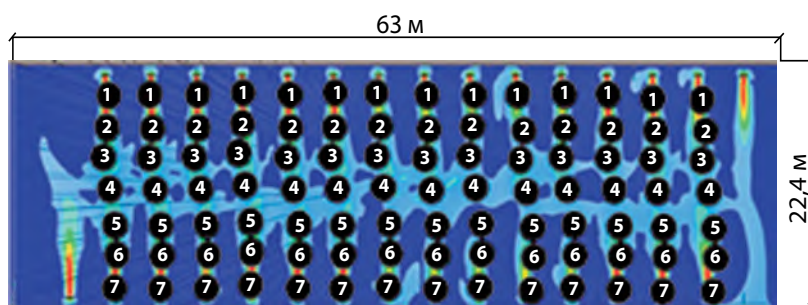


Таблица 2. Значения скорости воздушных потоков

Table 2. Air velocity values

№	1	2	3	4	5	6	7
Значение, м/с	4,27	3,10	2,41	1,63	2,52	3,18	4,48

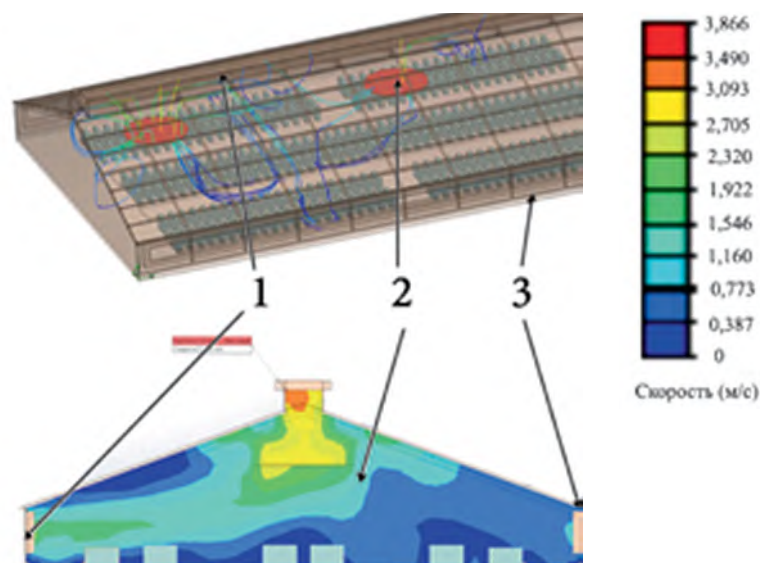
удалению наружу. Такие области располагаются на уровне 0–0,8 м от земли и под крышей от приточного окна до 2–2,5 м от уровня пола.

Затруднение в удалении воздуха из-под самой крыши решается установкой вентиляторов на необходимой высоте. Часть воздуха при затягивании его данным вентилятором возвращается в помещения. Поскольку возвращается малая часть, не повышается концентрация вредоносных газов и происходит частичное смешение воздушных масс, что способствует уменьшению концентрации вредных веществ. В области удаления воздуха через шахты скорость воздуха достигает 2–3 м/с.

Из вышеизложенного следует, что необходимо использовать вентиляторы в совокупности. Обеспечивать оптимальный микроклимат в помещении для содержания КРС предлагается установкой совокупности технических решений (рис. 5).

Рис. 4. Параметрические модели работы подвесного лопастного вентилятора: 1 — в окно дует ветер со скоростью 2 м/с; 2 — вентилятор на 160 тыс. м³/ч (поток направлен вверх); 3 — окно открыто

Fig. 4. Parametric models of the operation of a suspended blade fan: 1 — wind blows through the window at a speed of 2 m/s; 2 — fan 160,000 m³/h (flow directed upwards); 3 — window open



⁶ Погода в Ельדיгино на 2021 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eldigino.nuipogoda.ru/погода-2021> (01.06.2023).

Для регулирования процессов (рис. 5) используется семь исполнительных устройств. Данным техническим решением обеспечиваются нормы РД АПК⁷ по уровню относительной влажности, температуре, освещенности, загазованности помещения, скорость воздуха, кратность воздухообмена, запыленность помещения. Наиболее подходящими решениями являются вентиляторы (осевые и подвесные лопастные), приточные окна для естественной вентиляции, шторы для дополнительного освещения и вентиляции, световой конек и источники искусственного освещения, гидролиния с дезинфицирующим веществом.

Технологическая карта концептуальных предложений на основе проведенного анализа приведена на рисунке 6.

Предлагается использование ряда решений, которые позволят осуществлять контроль микроклиматических показателей. Использование осевых вентиляторов с производительностью до 44 тыс. м³/ч позволит осуществлять смешивание воздушных потоков и уменьшать загазованность в определенной области, регулировать температуру, а интегрированные в них форсунки позволят распылять дезинфицирующие вещества для регуляции обсемененности патогенной микрофлоры.

Использование подвесных лопастных вентиляторов с производительностью 160 тыс. м³/ч позволит производить качественное удаление отработанного воздуха. Световой конек и искусственные источники света позволят нормировать уровень освещенности, регламентируемый ПДК⁷, 100 Лк, по опыту авторов и на основе анализа научных источников, 200–300 Лк у кормового

стола. Всё вышеуказанное способствует поддержанию значений микроклиматических показателей в пределах ПДК. Установка автоматического управления позволит осуществлять корректный и качественный мониторинг и корректировку показателей микроклимата. Автоматика должна состоять из контроллера и датчиков температуры, относительной влажности и углекислого газа. Датчики позволят качественно осуществлять замер значения показателей в автоматическом режиме.

Выводы/Conclusion

Проведены исследования о различных возможностях регуляции микроклиматических показателей помещения для содержания животных.

Показаны функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата и технологическая карта концептуальных предложений; наиболее подходящим решением для поддержания микроклимата является внедрение на предприятии осевых и подвесных лопастных вентиляторов. Они создают мощный воздушный поток (около 5 м/с), происходит достаточно быстрый воздухообмен. Полноценное удаление отработанного воздуха достигается подвесными лопастными вентиляторами. Лопастные вентиляторы имеют низкую стоимость и легки в установке — как в новых коровниках, так и в старых, подвергшихся модернизации или реконструкции. Дополнительно такие вентиляторы удобно комбинировать с естественной вентиляцией, что благоприятно влияет на поддержание основных показателей микроклимата на должном уровне.

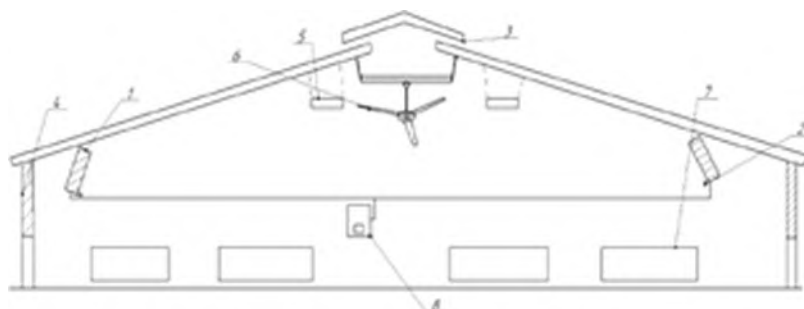
Рис. 5. Функционально-структурная схема технических решений для обеспечения параметров микроклимата

Fig. 5. Functional-structural diagram of technical solutions to ensure microclimate parameters



Рис. 6. Технологическая карта концептуальных предложений (вид с торца): 1 — осевой вентилятор, 2 — форсунки, 3 — световой конек с естественной вентиляцией, 4 — подъемные шторы, 5 — источник искусственного освещения, 6 — подвесной лопастной вентилятор, 7 — модель коров, 8 — автоматика-контроллер

Fig. 6. Technological map of conceptual proposals (end view): 1 — axial fan, 2 — nozzles, 3 — light ridge with natural ventilation, 4 — lifting curtains, 5 — artificial light source, 6 — suspended blade fan, 7 — cow model, 8 — automation controller



⁷ Система рекомендательных документов агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Рекомендательный документ. Методические рекомендации по расчету и проектированию средств обеспечения микроклимата на фермах по откорму крупного рогатого скота. РД-АПК 3.10.01.09-08.

Рекомендуется устанавливать шторы в помещении для содержания КРС. Это позволит осуществлять регуляцию приточного воздуха и частично решать вопросы освещенности помещения.

Для полноценной регуляции освещенности необходимо устанавливать световой конек, таким образом значительно снижаются затраты на электроэнергию. Для обеспечения дополнительной освещенности стоит установить источники искусственного освещения и использовать их в случае необходимости.

Установка форсунок в составе системы гидролинии позволит регулировать уровень относительной влажности и возможность осуществления дезинфекции помещения с находящимися в нем животными. Дополнительно осуществлять охлаждение воздуха в жаркий период.

Естественные вытяжные шахты малопригодны для поддержания микроклимата по кратности воздухообмена, так как не имеют возможности удалять весь отработанный воздух.

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

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Довлатов И.М., Юфев Л.Ю. Расчет расстояния от источника УФ-облучения, обеспечивающего необходимую дозу эффективного облучения. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018; (3): 618–625. <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Бастрон Т.Н. Обзор систем микроклимата коровников ферм КРС. *Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции*. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2019; 2: 87–93. <https://elibrary.ru/xhooux>
- Лукин С.В., Суязова И.В. Влияние сезона года на микроклимат коровника в ООО «Пашское». *Вестник студенческого научного общества*. 2017; 8(1): 197–199. <https://elibrary.ru/xmibal>
- Второй С.В., Второй В.Ф., Ильин Р.М. Автоматизированная мобильная система для контроля параметров микроклимата коровника. *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2019; (4): 114–121. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10218>
- Вартанова М.Л., Дробот Е.В. Современное состояние инфраструктуры обслуживания молочных комплексов и необходимость проведения их модернизации в условиях санкций. *Экономические отношения*. 2018; 8(2): 247–260. <https://doi.org/10.18334/eo.8.2.39060>
- Гречникова В.Ю., Кондакова И.А., Григоренко Д.В. Изучение влияния высокоинтенсивного импульсного оптического УФ-излучения ксеноновой лампы на чистые культуры микроорганизмов. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева*. 2021; (1): 5–12. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.001>
- Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding Rational for Microclimate Systems Modernization for Livestock Premises. Vasant P., Weber G.-W., Thomas J., Marmolejo-Saucedo J.A., Rodriguez-Aguilar R. eds. *Artificial Intelligence for Renewable Energy and Climate Change. Scrivener*. 2022; 371–388. <https://doi.org/10.1002/9781119771524.ch11>
- Кондратьева Н.П., Филатов Д.А., Терентьев П.В., Аль-Хелу А.С. Сравнительная оценка основных характеристик натриевых и светодиодных тепличных облучателей. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020; 14(1): 50–54. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-1-50-54>
- Широбокова Т.А., Шувалова Л.А. Энергетический анализ производства продукции животноводства. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020; (1): 72–78. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_72
- Винничек Л.Б. Повышение эффективности интенсификации молочного скотоводства: тенденции и направления. *Исследование проблем экономики и финансов*. 2021; (1); 4. <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2021-1-4-1-10>
- Lindkvist S. et al. Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLoS ONE*. 2021; 16(7): e0253776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253776>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and Testing of Combined germicidal Recirculator. *Light & Engineering*. 2021; 29(3): 43–49. <https://doi.org/10.33383/2021-023>
- Пилицыкова Ю.А. Коваленко О.Ю., Овчукова С.А. Влияние комбинированного излучения на молодняк птицы. *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»*. 2012; (2): 29–31. <https://elibrary.ru/rbfkfl>

REFERENCES

- Leliveld L.M.C., Riva E., Mattachini G., Finzi A., Lovarelli D., Provolo G. Dairy Cow Behavior Is Affected by Period, Time of Day and Housing. *Animals*. 2022; 12(4): 512. <https://doi.org/10.3390/ani12040512>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu. The calculation of the distance from the source of UV radiation provides the necessary effective dose of radiation. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018; (3): 618–625 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yvxcxb>
- Bastron T.N. Review of microclimate systems of cowsheds of cattle farms. *Science and education: experience, problems, development prospects. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2019; 2: 87–93 (In Russian). <https://elibrary.ru/xhooux>
- Luikin S.V., Suyazova I.V. Influence of the season of the year on the microclimate of the cowshed in «Pashskoe» LLC. *Vestnik studentcheskogo nauchnogo obshchestva*. 2017; 8(1): 197–199 (In Russian). <https://elibrary.ru/xmibal>
- Vtoryi S.V., Vtoryi V.F., Ilyin R.M. Automated mobile system for cow barn microclimate parameter checkout. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktov rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2019; (4): 114–121 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10218>
- Vartanova M.L., Drobot E.V. Modern state of the infrastructure maintenance of dairy facilities and the need for their modernization in terms of sanctions. *Journal of International Economic Affairs*. 2018; 8(2): 247–260 (In Russian). <https://doi.org/10.18334/eo.8.2.39060>
- Grechnikova V.Yu., Kondakova I.A., Grigorenko D.V. Studying the influence of high-intensity pulse optical UV radiation of a xenon lamp on pure cultures of microorganisms s. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2021; (1): 5–12 (In Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2021.49.1.001>
- Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding Rational for Microclimate Systems Modernization for Livestock Premises. Vasant P., Weber G.-W., Thomas J., Marmolejo-Saucedo J.A., Rodriguez-Aguilar R. eds. *Artificial Intelligence for Renewable Energy and Climate Change. Scrivener*. 2022; 371–388. <https://doi.org/10.1002/9781119771524.ch11>
- Kondratieva N.P., Filatov D.A., Terentiev P.V., Al-Helu A.S. Comparative Assessment of Sodium and LED Greenhouse Irradiators Main Characteristics. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2020; 14(1): 50–54 (In Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-1-50-54>
- Shirobokova T.A., Shuvalova L.A. Energy analysis of the livestock production. *The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy*. 2020; (1): 72–78 (In Russian). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_1_72
- Vinnichuk L.B. Improving the efficiency of the intensification of dairy cattle breeding: trends and trends. *Research in Economic and Financial Problems*. 2021; (1); 4 (In Russian). <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2021-1-4-1-10>
- Lindkvist S. et al. Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLoS ONE*. 2021; 16(7): e0253776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253776>
- Dovlatov I.M., Yuferev L.Yu., Mikaeva S.A., Mikaeva A.S., Zheleznikova O.E. Development and Testing of Combined germicidal Recirculator. *Light & Engineering*. 2021; 29(3): 43–49. <https://doi.org/10.33383/2021-023>
- Pilytsikova Yu.A. Kovalenko O.Yu., Ovchukova S.A. Effect of the combined radiation on young birds. *Vestnik of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education «Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin»*. 2012; (2): 29–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/rbfkfl>

15. Chamberlain A.T. The use of supplementary lighting in dairy cow housing to increase milk production. *Livestock*. 2018; 23(3): 130–138. <https://doi.org/10.12968/live.2018.23.3.130>
16. Овчукова С.А., Коваленко О.Ю., Журавлева Ю.А. Исследование особенностей применения разрядных ламп для повышения молочной продуктивности крупного рогатого скота. *Вестник НГИЭИ*. 2022; (8): 54–61. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-54-61>
17. Музыка А.А., Москалев А.А., Кирикович С.А., Ковалевский И.А., Шматко Н.Н., Шейграцова Л.Н. Параметры микроклимата и комфортность условий содержания животных при применении различных систем штор и типов вытяжной вентиляции в коровниках. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. 2014; 17(2): 308–315. <https://elibrary.ru/vtwhxw>
18. Ланцова Е.О. Изменение концентрации аммиака при уборке навоза КРС скребковым транспортером. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2017; 49: 297–301. <https://elibrary.ru/yokbbk>
19. Андреев Л.Н., Салмина-Ольшко К.Б., Бикчантаева Р.А. Повышение качества макро- и микроклимата животноводческих помещений. *Мир инноваций*. 2018; (1–2): 122–127. <https://www.elibrary.ru/urjgws>
20. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Модель автоматизации процесса навозоудаления на свиноферме. *АгроЭкоИнженерия*. 2021; (1): 99–107. <https://doi.org/10.24411/2713-2641-2021-10282>
21. Кирсанов В.В., Довлатов И.М., Комков И.В., Юрочка С.С. Современные подходы к системам обеспечения параметров воздуха в животноводческих помещениях. *Техника и технологии в животноводстве*. 2022; (4): 61–71. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-61>
22. Хохлова К.В. Разработка системы контроля микроклимата животноводческих помещений как инструмента обеспечения качества продукции животноводства. *Теоретические и практические аспекты инновационных достижений в зоотехнии и ветеринарной медицине. Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. Курс: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова*. 2022; 243–245. <https://www.elibrary.ru/kerbjy>
23. Вторый В.Ф., Вторый С.В., Ильин Р.М. Исследование параметров микроклимата коровника переносным измерительным комплексом. *АгроЭкоИнженерия*. 2021; (3): 154–164. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163>
15. Chamberlain A.T. The use of supplementary lighting in dairy cow housing to increase milk production. *Livestock*. 2018; 23(3): 130–138. <https://doi.org/10.12968/live.2018.23.3.130>
16. Ovchukova S.A., Kovalenko O.Yu., Zhuravleva S.A. Study of the peculiarities of the application of disc lamps to increase dairy productivity of cattle. *Bulletin NGIEI*. 2022; (8): 54–61 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-54-61>
17. Muzyka A.A., Moskalev A.A., Kirikovitch S.A., Kovalevsky I.A., Shmatko N.N., Sheigratsova L.N. Microclimate parameters and comfort conditions for keeping animals when using various curtain systems and types of exhaust ventilation in barns. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2014; 17(2): 308–315 (In Russian). <https://elibrary.ru/vtwhxw>
18. Lantsova E.O. Changes in the concentration of ammonia during the cleaning of cattle manure with a scraper conveyor. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017; 49: 297–301 (In Russian). <https://elibrary.ru/yokbbk>
19. Andreev L.N., Salmina-Olshko K.B., Bikchantaeva R.A. Improvement of macro- and microclimate quality of livestock buildings. *World of Innovations*. 2018; (1–2): 122–127 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/urjgws>
20. Plaksin I.E., Trifanov A.V. Automation model of manure removal on a pig farm. *AgroEcoEngineering*. 2021; (1): 99–107 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2713-2641-2021-10282>
21. Kirsanov V.V., Dovlatov I.M., Komkov I.V., Yurochka S.S. The modern approaches to livestock premises' air providing systems parameters. *Machinery and Technologies in Livestock*. 2022; (4): 61–71 (In Russian). <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-61>
22. Khokhlova K.V. Development of a system to control the microclimate of livestock buildings as a tool to ensure the quality of livestock products. *Theoretical and practical aspects of innovative achievements in zootechnics and veterinary medicine. Collection of scientific articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov*. 2022; 243–245 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kerbjy>
23. Vtoryi V.F., Vtoryi S.V., Ilyin R.M. Study of the barn inside climate parameters with a portable measuring complex. *AgroEcoEngineering*. 2021; (3): 154–164 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-154-163>

ОБ АВТОРАХ

Игорь Мамедьяревич Довлатов¹,

кандидат технических наук, научный сотрудник
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Илья Владимирович Комков¹,

специалист
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Алексей Юрьевич Алипичев²,

кандидат педагогических наук, доцент
alipichev@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8000-4532>

Дмитрий Андреевич Благоев¹,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
aspirantyra2013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

Сергей Сергеевич Юрочка¹,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия

² Российский государственный аграрный университет — МСХА
им. К.А. Тимирязева,
ул. Тимирязевская, 47, Москва, 127434, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Igor Mamedyarevich Dovlatov¹,

Candidate of Technical Sciences, Research Associate
dovlatovim@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Ilya Vladimirovich Komkov¹,

Specialist
ilyakomkov10@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2407-4584>

Alexey Yurievich Alipichev²,

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
alipichev@rgau-msha.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8000-4532>

Dmitry Andreevich Blagov¹,

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
aspirantyra2013@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

Sergei Sergeevich Yurochka¹,

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
yurochkasr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

¹ Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institute Passage, Moscow, 109428, Russia

² Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev,
47 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

Д.М. Попов, ✉
С.Н. Кравченко,
О.В. Санкина

Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия,
Кемерово, Россия

✉ scxf1999@gmail.com

Поступила в редакцию:
29.05.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Dmitry M. Popov, ✉
Sergey N. Kravchenko,
Olga V. Sankina

Kuzbass State Agricultural Academy,
Kemerovo, Russia

✉ scxf1999@gmail.com

Received by the editorial office:
29.05.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Разработка системы мониторинга технологического оборудования мясоперерабатывающего предприятия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В производстве мясных изделий и полуфабрикатов часто используется оборудование 1990-х годов выпуска. Подобное оборудование не оснащено современными средствами передачи диагностических данных и информации о текущем состоянии по беспроводной связи и требует периодического наблюдения в течение рабочей смены. Отсутствие своевременных данных диагностики является частой причиной отказов оборудования и непредвиденных простоев. В то же время развитие технических средств связи позволяет подключать промышленное оборудование к сети Интернет и (удаленно) в режиме онлайн получать данные о текущем состоянии оборудования.

Методы. В качестве объектов исследования выступали вакуумная термоформовочная упаковочная машина глубокой вытяжки MULTIVAC R5200 и термокамеры с установленными контроллерами Aditec MIC 2410, Aditec TP 1000, MIKSTER MCC 2100. Для исследуемой системы мониторинга использовались методы объектно-ориентированного программирования на языке Python 3.4.4. Для сетевого взаимодействия технологического оборудования с облачными сервисами применялся протокол передачи данных MQTT-v3.1.1.

Результаты. Использование системы мониторинга на базе платформы промышленного интернета вещей позволило: при упаковке варено-копченых колбас снизить время технического обслуживания упаковочной машины и расход запасных частей, сократить выпуск некачественной продукции; при осуществлении технологических процессов в термокамерах полностью исключить порчу полуфабрикатов, повысить качество готового продукта. В перспективе распространение подобной технологии на оборудование всего предприятия позволит решать задачи сбора большого количества данных о текущем состоянии оборудования, проведения анализа и принятия управленческих решений.

Ключевые слова: мониторинг технологического оборудования, протокол MQTT, промышленный интернет вещей, термокамера, упаковочная машина

Для цитирования: Попов Д.М., Кравченко С.Н., Санкина О.В. Разработка системы мониторинга технологического оборудования мясоперерабатывающего предприятия. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 156–160. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-156-160>

© Попов Д.М., Кравченко С.Н., Санкина О.В.

Development of a monitoring system for technological equipment of a meat processing plant

ABSTRACT

Relevance. In the production of meat products and semi-finished products, equipment from the 1990s is often used. Such equipment is not equipped with modern means of transmitting diagnostic data and information about the current status via wireless communication, and requires periodic monitoring during the work shift. Lack of timely diagnostic data can lead to equipment failures and unexpected downtime. At the same time, the development of technical means of communication makes it possible to connect industrial equipment to the Internet and remotely receive data on the current state of the equipment online.

Methods. The objects of the study were the MULTIVAC R5200 vacuum thermoforming packaging machine and thermal chambers with installed controllers Aditec MIC 2410, Aditec TP 1000, MIKSTER MCC 2100. Methods of object-oriented programming in Python 3.4.4 were used for the monitoring system under study. For network interaction of technological equipment with cloud services, the MQTT-v3.1.1 data transfer protocol was used.

Results. The use of a monitoring system based on the industrial Internet of Things platform made it possible: when packing boiled and smoked sausages, to reduce the maintenance time of the packaging machine and the consumption of spare parts, to reduce the production of low-quality products; when carrying out technological processes in thermal chambers, to completely eliminate spoilage of semi-finished products, to improve the quality of the finished product. In the future, the spread of such technology to the equipment of the entire enterprise will make it possible to solve the problems of collecting a large amount of data on the current state of the equipment, conducting analysis and making managerial decisions.

Key words: process equipment monitoring, MQTT protocol, industrial Internet of things, smokehouse, packaging machine

For citation: Popov D.M., Kravchenko S.N., Sankina O.V. Development of a monitoring system for technological equipment of a meat processing plant. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 156–160 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-156-160>

© Popov D.M., Kravchenko S.N., Sankina O.V.

Введение/Introduction

Конкуренция в производстве продуктов из мяса требует внедрения не только новых технологий и увеличения мощностей, но и совершенствования их посредством использования автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) [1, 2]. Современные АСУТП позволяют значительно снизить количество ручного труда, уменьшить стоимость и повысить качество готового продукта, исключить выпуск некондиционной продукции. АСУТП предоставляет возможность контролировать все производственные процессы, следить за состоянием технологического оборудования, а также за соблюдением норм и требований, которые предъявляются к технологическому процессу.

Для обозначения программной части интерфейса АСУТП используются диспетчерское управление и сбор данных (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA). В системах SCADA используются датчики, которые собирают данные о состоянии технологических машин и оборудования, такие как температура, влажность или вибрация, и отображают их в пользовательском интерфейсе с помощью графиков и других визуальных элементов. С другой стороны — система связана с клапанами, двигателями, насосами и другими механизмами управления, которыми можно управлять из того же пользовательского интерфейса без необходимости прямого вмешательства человека-оператора в работу технологических машин и оборудования [3, 4].

С течением времени системы SCADA постоянно совершенствовались на протяжении четырех технологических поколений: начальная монолитная структура, распределенная и сетевая фазы и, наконец, их эволюция до современных систем промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT).

Промышленный интернет вещей — многоуровневая система, включающая в себя датчики и контроллеры, установленные на узлах и агрегатах технологического оборудования, средства передачи собираемых данных и их визуализации, мощные аналитические инструменты интерпретации получаемой информации и многие другие компоненты [5, 6].

Система SCADA может быть развернута в крупных взаимосвязанных промышленных системах. Таким образом, возникает вопрос, чем SCADA отличается от IIoT. Хотя SCADA обеспечивает централизованный мониторинг и контроль над промышленными платформами, ей не хватает возможностей удаленной обработки информации, характерной для систем IIoT. Это, в свою очередь, ограничивает систему принимать простые, локальные решения. Исторически эти решения часто принимались операторами, что допускало возможность ошибок. Именно по этой причине многие производители промышленных платформ IIoT решают расширить инфраструктуру SCADA и добавить возможности машинного обучения и искусственного интеллекта, а также исключить операторов из цикла [7, 8].

Также одним из самых существенных недостатков SCADA является безопасность, а точнее — ее отсутствие. Поскольку SCADA разрабатывались, когда платформы не были подключены к какой-либо внешней системе, предполагалось, что нарушения безопасности вряд ли произойдут.

Сегодня SCADA полагается на механизм безопасности через скрытность (секретность

проектирования и реализации), который показал свою неэффективность [9].

Производители технологического оборудования часто дополнительно предоставляют системы удаленного компьютерного мониторинга, контроля и управления. Эти системы от различных производителей, как правило, представляют собой платное программное обеспечение и не совместимы друг с другом. Кроме того, особенностью современного промышленного производства мясных изделий и полуфабрикатов является использование технологической автоматизации, которые нельзя назвать актуальными.

Цель работы — разработка и внедрение платформы IIoT для мониторинга технологического оборудования мясоперерабатывающего предприятия.

Методы и материалы исследований /

Methods and materials

В качестве объектов исследования выступали вакуумная термоформовочная упаковочная машина глубокой вытяжки MULTIVAC R5200 (MULTIVAC Inc., Германия) и термокамеры с установленными контроллерами Aditec MIC 2410, Aditec TP 1000 (Aditec GmbH, Германия), MIKSTER MCC 2100 (MIKSTER, Польша). Оборудование используется при производстве колбасных изделий на мясоперерабатывающем предприятии «Крестьянское хозяйство Волкова А.П.» (г. Кемерово, Россия). Исследования были выполнены в 2022 году.

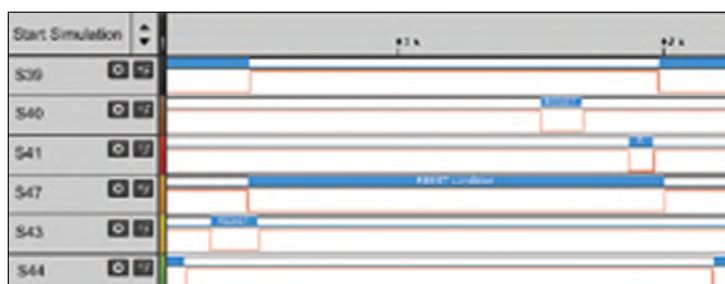
Первая задача исследования — получение информации о состоянии упаковочной машины во время технологического цикла. Для этого необходимо было организовать вывод с датчиков и измерительных приборов в микроконтроллер. В ходе исследования использовались следующие датчики и измерительные приборы: реле-регулятор ПИД TPM101-PP (ОВЕН, Россия), мультиметр трехфазный щитовой Omix P99-MLY-3-0,5-RS485 (ООО «Автоматика», Россия).

Для исследования работы упаковочной машины и получения циклограммы ее функционирования применялись логический анализатор Saleae Logic и соответствующее программное обеспечение. Датчики машины подключались через оптроны PC817. Полученная циклограмма упаковочной машины представлена на рисунке 1. Упаковочная машина имеет возможность регулирования времени вакуумирования, срабатывание других механизмов жестко задано кулачковым механизмом. Таким образом, подключив выводы с датчиков к микроконтроллеру, можно получать состояние машины в любой момент времени.

Для мониторинга состояния упаковочной машины и передачи полученных данных в компьютерную сеть в машину устанавливался микроконтроллер ESP32.

Рис. 1. Циклограмма упаковочной машины: S39 — инструмент открыт, S40 — формовочный инструмент закрыт, S41 — сварочный инструмент закрыт, S47 — пуск мотора подачи, S43 — останов мотора подачи, S44 — управление печатной маркировкой

Fig. 1. Packing machine cycle diagram: S39 — tool is open, S40 — forming tool is closed, S41 — welding tool is closed, S47 — feed motor start, S43 — feed motor stop, S44 — printed marking control



Отличием системы ESP32 является встроенный контроллер Wi-Fi, необходимый для подключения к краевому маршрутизатору в цехе. Программирование ESP32 осуществлялось с помощью официальной среды разработки Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF), выпускаемой производителем микроконтроллера — фирмой Espressif Systems (Китай).

Терморегулятор TPM101 имеет интерфейс RS-485, для коммуникации служит протокол Owen^{1, 2}. Мультимер Omix также работает по интерфейсу RS-485, но осуществляет коммуникацию по протоколу Modbus³. Поэтому для связи с этими приборами пришлось выделить два последовательных порта микроконтроллера ESP32. Для получения циклограммы использовались пять контактов ввода/вывода ESP32. Информацию об управлении по печатной маркировке решили не использовать. Кроме этого, были задействованы еще четыре контакта для подключения герконовых датчиков от различных защитных ограждений машины.

Для последовательного и своевременного опроса датчиков упаковочной машины на микроконтроллере ESP32⁴ была использована операционная система реального времени ESP-IDF FreeRTOS⁵, которая находится в свободном доступе на сайте производителя микроконтроллера и является бесплатным программным обеспечением. Обработка данных с каждой группы контактов и отдельных приборов была поставлена в отдельную задачу этой операционной системы. Отправка полученных данных в облако также запрограммирована в задачу FreeRTOS.

Вторая задача исследования — подключение специализированных контроллеров термокамер к персональному компьютеру (ПК) и разработка программного обеспечения для обработки информации, получаемой от контроллеров термокамер. Контроллер MIKSTER MCC 2100 использует стандарт передачи данных RS-485⁶, контроллеры Aditec MIC 2410 и Aditec TP 1000 —

RS-232⁷. Для подключения контроллеров к компьютерной сети предприятия использовался преобразователь интерфейса RS-485/RS-232 I-7520. Для разработки программного обеспечения ПК использовался язык программирования Python 3.4.4⁸.

Третьей задачей исследования выступали коммуникация микроконтроллера упаковочной машины и ПК, обрабатывающего информацию от термокамер, с облачным сервисом и представление данных на устройствах пользователей. Для передачи данных использовался сетевой протокол Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)⁹, работающий поверх стандартного промышленного протокола компьютерных сетей TCP/IP¹⁰ и ориентированный на обмен сообщениями между устройствами по принципу «издатель — подписчик» [10].

На облачном сервере предприятия было установлено программное обеспечение с открытым исходным кодом для версии 3.1.1 протокола MQTT — Mosquitto. Программное обеспечение издателей и подписчиков разрабатывалось на Python 3.4.4. Python распространяется под свободной лицензией Python Software Foundation License (США).

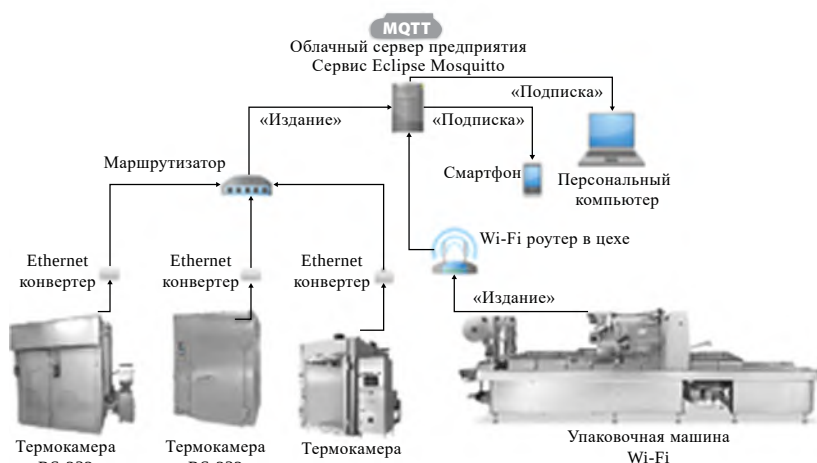
Результаты и обсуждения / Results and discussion

Структура предлагаемой нами системы представлена на рисунке 2. При использовании сервиса MQTT может быть много «издателей» и «подписчиков». Протокол MQTT успешно отделяет «издателей» от «подписчиков». Таким образом, микроконтроллер, подключенный к упаковочной машине, является клиентом облачного сервера услуг MQTT. Собрав информацию с датчиков и приборов, программа микроконтроллера формирует пакет и публикует его в определенные ветви сервера MQTT, например temperature, cycles. Другие клиенты (например, веб-браузер, запущенный на персональном компьютере или смартфоне) подписываются на эти топики и соответствующим образом отображают информацию о текущем состоянии машины.

Микроконтроллер ESP32, установленный в упаковочной машине (рис. 2), передает данные по беспроводной технологии, но, несмотря на надежность TCP и MQTT, связь может быть утеряна. Также микроконтроллер может потерять питание, попасть под воздействие сильного электромагнитного поля. Или произойдет любой другой отказ, и сеанс перейдет в полуоткрытое состояние. Тогда сервер будет считать, что соединение по-прежнему надежно, и ожидать данные. Протокол MQTT надежно обрабатывает подобные ситуации, используя таймеры, сервис Mosquitto отправляет всем клиентам сообщение о закрытии топика. Если клиент попытается вновь открыть

Рис. 2. Структура системы, работающей по принципу «издатель — подписчик»

Fig. 2. The structure of the system operating on the principle of «publisher — subscriber»



¹ Минаев И.Г. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур, И.В. Федоренко. Ставрополь: АГРУС. 2016; 168. ISBN 978-5-9596-1222-1

² Программируемое (интеллектуальное) реле [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%80%D1%83%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%B5_%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5 (дата обращения: 03.05.2023).

³ Modbus реле [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus> (дата обращения: 03.05.2023).

⁴ <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>

⁵ <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/system/freertos.html>

⁶ <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485>

⁷ <https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-232>

⁸ <https://www.python.org/>

⁹ ГОСТ Р 58603-2019 (ИСО/МЭК 20922:2016) Протокол организации очередей доставки телеметрических сообщений MQTT. Версия 3.1.1.

¹⁰ <https://ru.wikipedia.org/wiki/TCP/IP>

соединение, то брокер создаст новое подключение [11, 12].

Информация с контроллеров термокамер отправляется на сервер термокамер. Блок-схема разработанной программы, опрашивающей контроллеры термокамер и отсылающей обработанную информацию облачному сервису, представлена на рисунке 3. Программа работает в многопоточном режиме. Для контроллеров определенного типа разработан свой класс на языке Python, учитывающий такие особенности контроллера, как коммуникационный протокол, адреса устройства и регистров, передаваемые параметры, режим работы. В то же время класс любого контроллера имеет одинаковые интерфейсы для взаимодействия с главной программой. При запуске главная программа читает конфигурационный файл настройки контроллеров и создает для каждого контроллера программный поток, обрабатывающий информацию. Также создается клиент облачного сервиса, использующий протокол MQTT, — «издатель». В главном цикле программы происходят опрос реализаций контроллеров и отправка сообщений с информацией о текущем состоянии термокамеры облачному сервису Mosquitto. В сообщении содержатся: уникальный адрес устройства; текущая программа работы термокамеры и шаг программы; температура и влажность воздуха в камере; температура в продукте; установленные программные параметры и текущее время.

Для архивирования информации технологических процессов на языке Python разработана программа «подписчик», записывающая информацию в базу данных. Для удаленного доступа к базе данных служит сайт,

где можно выбрать дату и уникальный номер оборудования для получения текстовой и графической информации.

Для отслеживания текущей информации в цехе был установлен ПК с программным обеспечением «подписчика», отображающим текущую информацию по каждой единице оборудования. Также видны режимы работы оборудования и переходы между шагами программы. Предусмотрена сигнализация, срабатывающая при нарушении заданных параметров программы. Программное обеспечение поддерживает надежную связь с сервером и выводит сообщения обо всех возможных исключительных ситуациях в работе.

В результате была получена система удаленного мониторинга работы технологического оборудования мясосперерабатывающего предприятия, легко расширяемая за счет программирования на языке Python классов с унифицированными интерфейсами под конкретные типы машин.

Наладчики или механик для контроля работы и своевременного технического обслуживания технологического оборудования регулярно проводят обходы. Во время обхода контролируется исправность оборудования, выявляются неисправности оборудования, регистрируются дефекты. Собранная таким образом информация передается ремонтной службе завода. Кроме этого, часто приходится следить за показаниями приборов (например, амперметра), чтобы вовремя определить поломку трубчатых электронагревателей (ТЭН) в сварочном инструменте упаковочной машины. Всё это производится с определенной частотой в течение рабочей смены. Все случаи фиксируются на бумаге. Предложенная система мониторинга более эффективна и позволяет выполнять всё вышеперечисленное в режиме онлайн и удаленно, что позволило уменьшить время техобслуживания и ремонта.

При работе упаковочной машины в случае поломки какого-либо из датчиков или нарушения ограждения клиента (программному обеспечению смартфона наладчика, персонального компьютера механика и т. д.) выдаются код ошибки и ее описание, что позволяет практически мгновенно установить причину отказа для последующего

восстановления работоспособности машины. Таким образом интеграция облачных технологий в технологический процесс упаковки варено-копченых колбас позволила уменьшить простои и минимизировать затраты на ремонт оборудования. Например, в сварочном инструменте машины случались выходы из строя ТЭН, в результате чего терморегулятор увеличивал время работы оставшихся ТЭНов и происходили перегрев упаковки с одной стороны и негерметичная сварка. Со временем упаковка теряла свою герметичность, и магазины возвращали бракованный товар. Установка цифрового амперметра и вывод данных позволили мгновенно определить и исправить эту проблему и исключить появление брака.

При работе термокамер была полностью исключена порча полуфабрикатов из-за нарушения режимов работы.

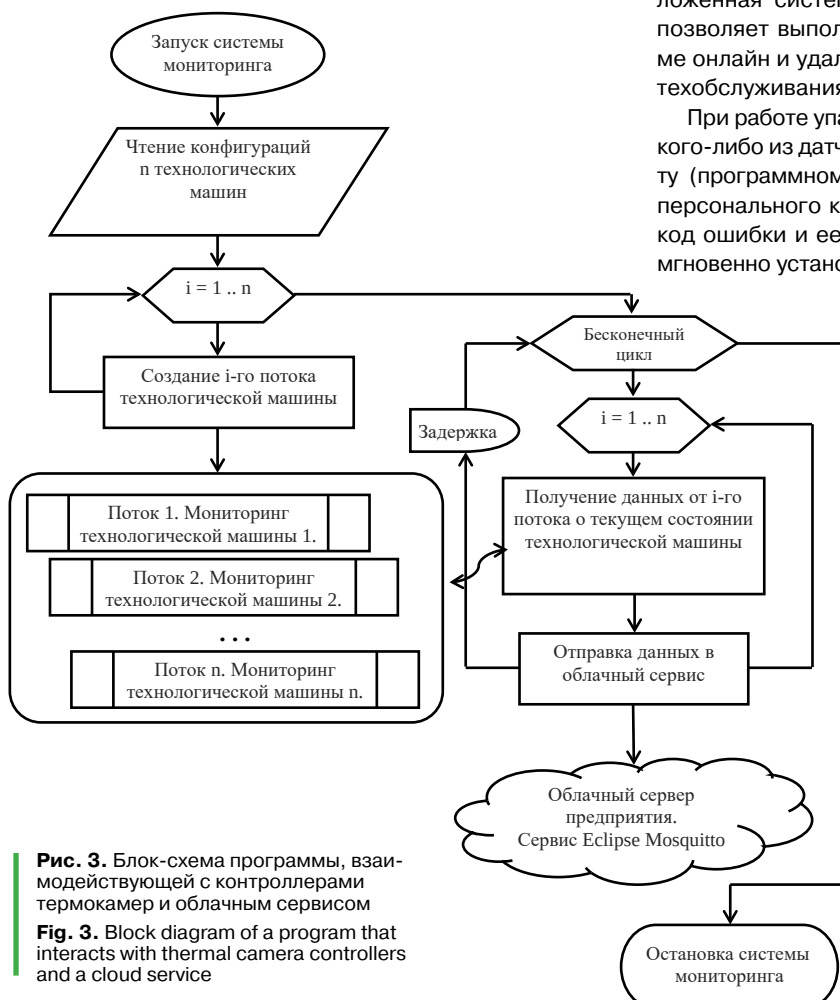


Рис. 3. Блок-схема программы, взаимодействующей с контроллерами термокамер и облачным сервисом

Fig. 3. Block diagram of a program that interacts with thermal camera controllers and a cloud service

Выводы/Conclusions

Рассмотренная система мониторинга технологического оборудования позволяет механику цеха своевременно видеть проблемы в работе оборудования. Внедренная система мониторинга снизила простои, вызванные ремонтом, исключила выпуск бракованной продукции при упаковке, предотвратила порчу полуфабрикатов при проведении технологических процессов в термокамерах. Система надежно защищена, в отличие от традиционных SCADA-систем. Для коммуникации в интернете предложенные нами приложения используют криптографический протокол Secure Sockets Layer (SSL).

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

1. Шишкина Д.И., Соколов А.Ю. Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2018; 80(2): 189–194. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-189-194>
2. Яшкин А.И. Управление качеством и безопасностью полукопченых колбас с оленевой. *Ползуновский вестник*. 2022; 1(4): 133–139 <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.017>
3. Sajid A., Abbas H., Saleem K. Cloud-Assisted IoT-Based SCADA Systems Security: A Review of the State of the Art and Future Challenges. *IEEE Access*. 2016; 4: 1375–1384. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2549047>
4. Samtani S., Yu S., Zhu H., Patton M., Matherly J., Chen H. Identifying SCADA Systems and Their Vulnerabilities on the Internet of Things: A Text-Mining Approach. *IEEE Intelligent Systems*. 2018; 33(2): 63–73. <https://doi.org/10.1109/MIS.2018.111145022>
5. Dwiyaniti M., Nitisasmita K.M., Tohazen. Energy Efficiency On Smart Street Lighting Using Raspberry Pi Based On Scada And Internet Of Things (IoT). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019; 1364: 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012034>
6. Aghenta L.O., Iqbal M.T. Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thingier.Io and ESP32 Thing. *Electronics*. 2019; 8(8): 882. <https://doi.org/10.3390/electronics8080822>
7. Tridianto E., Pratiliastiarso J., Dewi P.P., Syafii W.P.M. Testing of R-EMS 1.1 Modular Renewable Energy Management System with the Mini SCADA Concept Using IoT. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1529: 042011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042011>
8. Русанов В.В., Перов В.И., Самойлов М.А. Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2018; 80(2): 38–44. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-38-44>
9. Лобызов В.В., Шевцов В.Ю. Концепция программно-аппаратного комплекса защиты IIoT-устройств. *НБИ технологии*. 2021; 15(2): 16–21. <https://doi.org/10.15688/NBIT.volsu.2021.2.3>
10. Фам В.Д., Юльчиева Л.О., Киричек Р.В. Исследование протоколов взаимодействия интернета вещей на базе лабораторного стенда. *Информационные технологии и телекоммуникации*. 2016; 4(1): 55–67. <https://www.elibrary.ru/wbdxap>
11. Popov A.M., Popov D.M., Mukhim-Zade M., Wegner N.A. Industrial Internet of Things in production of cooked smoked sausages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 072003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/7/072003>
12. Мухимзаде М., Вегнер Н.А., Попов Д.М. Использование облачной среды для контроля технологических процессов. *Образование, наука, инновации. Молодежный вклад в развитие научно-образовательного центра «Кузбасс». Материалы Инновационного конвента*. Кемерово: Кемеровский государственный университет. 2019; 110–112. <https://www.elibrary.ru/lwhmkr>

ОБ АВТОРАХ

Дмитрий Михайлович Попов,

кандидат технических наук

scxf1999@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4636-5166>

Сергей Николаевич Кравченко,

доктор технических наук, доцент

k-sn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4537-3663>

Ольга Владимировна Санкина,

кандидат технических наук, доцент

olga_vk_06@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0008-0367-5018>

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

Так же на уровне приложений действуют система парольной защиты и доступ пользователей с различным уровнем доступа. Разработанная система позволяет связать различное технологическое оборудование для представления однотипных отчетов о текущем состоянии, в то время как производители оборудования предоставляют программное обеспечение, в большинстве случаев несовместимое с машинами различных производителей.

Система мониторинга технологического оборудования показала свою эффективность и в настоящее время используется для контроля работы термокамер.

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.

REFERENCES

1. Shishkina D.I., Sokolov A.Yu. Analysis of foreign technologies for the functional meat products'. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018; 80(2): 189–194 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-189-194>
2. Yashkin A.I. Quality and safety management of semi-smoked sausages with addition of venison. *Polzunovskiy Vestnik*. 2022; 1(4): 133–139 (In Russian). <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.017>
3. Sajid A., Abbas H., Saleem K. Cloud-Assisted IoT-Based SCADA Systems Security: A Review of the State of the Art and Future Challenges. *IEEE Access*. 2016; 4: 1375–1384. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2549047>
4. Samtani S., Yu S., Zhu H., Patton M., Matherly J., Chen H. Identifying SCADA Systems and Their Vulnerabilities on the Internet of Things: A Text-Mining Approach. *IEEE Intelligent Systems*. 2018; 33(2): 63–73. <https://doi.org/10.1109/MIS.2018.111145022>
5. Dwiyaniti M., Nitisasmita K.M., Tohazen. Energy Efficiency On Smart Street Lighting Using Raspberry Pi Based On Scada And Internet Of Things (IoT). *Journal of Physics: Conference Series*. 2019; 1364: 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1364/1/012034>
6. Aghenta L.O., Iqbal M.T. Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thingier.Io and ESP32 Thing. *Electronics*. 2019; 8(8): 882. <https://doi.org/10.3390/electronics8080822>
7. Tridianto E., Pratiliastiarso J., Dewi P.P., Syafii W.P.M. Testing of R-EMS 1.1 Modular Renewable Energy Management System with the Mini SCADA Concept Using IoT. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1529: 042011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042011>
8. Rusanov V.V., Perov V.I., Samoilov M.A. Automation of public catering enterprises using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018; 80(2): 38–44 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-38-44>
9. Lobyzov V.V., Shevtsov V.Yu. The concept of a hardware-software system for protecting IIoT devices. *NBIT technologies*. 2021; 15(2): 16–21 (In Russian). <https://doi.org/10.15688/NBIT.volsu.2021.2.3>
10. Pham V.D., Yulchieva L.O., Kirichek R.V. Research of Protocols of Interaction of the Internet of Things on the Basis of the Laboratory Bench. *Telecom IT*. 2016; 4(1): 55–67 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wbdxap>
11. Popov A.M., Popov D.M., Mukhim-Zade M., Wegner N.A. Industrial Internet of Things in production of cooked smoked sausages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 640: 072003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/7/072003>
12. Mukhim-Zade M., Wegner N.A., Popov D.M. Use of the cloud environment for control of technological processes. *Education, science, innovation. Youth contribution to the development of the Scientific and Educational Center «Kuzbass». Proceedings of the Innovation Convention*. Kemerovo: Kemerovo State University. 2019; 110–112 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/lwhmkr>

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry Mikhailovich Popov,

Candidate of Technical Sciences

scxf1999@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4636-5166>

Sergey Nikolaevich Kravchenko,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

k-sn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4537-3663>

Olga Vladimirovna Sankina,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

olga_vk_06@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0008-0367-5018>

Kuzbass State Agricultural Academy, 5 Markovtsev Str., Kemerovo, 650056, Russia

УДК 631.365.2:631.171

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165

Е.М. Пучков, ✉
Г.А. Перов,
С.В. Соловьёв

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ e.puchkov@fncl.ru

Поступила в редакцию:
19.05.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165

Evgeniy M. Puchkov, ✉
Gennady A. Perov,
Sergey V. Solovyov

Federal Research Center of Fibre Crops,
Tver, Russia

✉ e.puchkov@fncl.ru

Received by the editorial office:
19.05.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Инновационная технология сушки семян мелкосеменных культур

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Приоритетными задачами сельскохозяйственной науки на ближайший период до 2030 года являются развитие семеноводства сельскохозяйственных культур на основе создания новых отечественных высокоурожайных сортов и развитие инновационных технологий по возделыванию, уборке и переработке этих культур. Анализ показал, что существующие технологии и сушильные установки для мелкосеменных культур имеют низкую производительность и высокие энергозатраты. Это послужило основой для разработки новой технологии и технологической схемы инновационной сушилки семян мелкосеменных культур.

Методы и объекты исследования. Объектами исследования являются сушильные установки СКМ-1 совместного производства Брянского и Бежецкого заводов, а также SKU-10 (Тверца) производства ОАО «Тверсельмаш». Исследования СКМ-1 выполнялись в колхозе «Мир» Тверской области в 2021 и 2022 годах, SKU-10 — в ОП НИИЛ (г. Торжок) в 2022 году с использованием технических характеристик заводов-изготовителей и производственных показателей. Применялись экспериментальные и производственные методы сравнительного и системного анализа данных, методические подходы ведущих ученых, занимающихся исследованием и разработкой сушильных установок. Теплотехнологические, конструктивные и экономические расчеты сушильной установки выполнены авторами.

Результаты. Использование технологии сушки семян на основе увеличения площади тепломассообмена и подачи теплоносителя в многосторонних и встречных потоках увеличивает производительность предложенной сушильной установки в 1,3–2 раза по сравнению с существующими, энергозатраты значительно уменьшились.

Ключевые слова: семена льна-долгунца, сушильная установка, тепломассообмен, материальный и тепловой баланс, конструктивные параметры, экономическая эффективность

Для цитирования: Пучков Е.М., Перов Г.А., Соловьёв С.В. Инновационная технология сушки семян мелкосеменных культур. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 161–165. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165>

© Пучков Е.М., Перов Г.А., Соловьёв С.В.

Innovative technology of drying seeds of small-seeded crops

ABSTRACT

Relevance. The priority task of agricultural science for the nearest period until 2030 is the development of seed production of agricultural crops based on the creation of new domestic high-yielding varieties and the development of innovative technologies for the cultivation, harvesting and processing of these crops. The analysis showed that the existing technologies and drying plants for small-seeded crops have low productivity and high energy consumption. This served as the basis for the development of a new technology and technological scheme of innovative drying of seeds of small-seeded crops.

Methods and objects of research. The objects of the study are the drying units SCM-1 of the joint production of the Bryansk and Bezhetsky plants, as well as the SKU-10 (Tvertsa) produced by JSC «Tverselmash». SCM-1 studies were carried out at the «Mir» collective farm in the Tver region in 2021 and 2022, SKU-10 — in the OP NIIL (Torzhok) in 2022 using the technical characteristics of manufacturers and production indicators. Experimental and production methods of comparative and systematic data analysis, methodological approaches of leading scientists involved in the research and development of drying plants were used. Heat-technological, constructive and economic calculations of the drying plant are carried out by the authors.

Results. The use of seed drying technology based on an increase in the area of heat and mass transfer and the supply of coolant in multilateral and oncoming flows increases the productivity of the proposed drying plant by 1.3–2 times compared to existing ones, energy consumption has significantly decreased.

Key words: flax seeds, drying plant, heat and mass transfer, material and thermal balance, design parameters, economic efficiency

For citation: Puchkov E.M., Perov G.A., Solovyov S.V. Innovative technology of drying seeds of small-seeded crops. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 161–165 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-161-165>

© Puchkov E.M., Perov G.A., Solovyov S.V.

Введение/Introduction

Приоритетная задача агропромышленного комплекса — обеспечение продовольственной, технологической и сырьевой безопасности России, одной из ключевых задач которой является создание отечественных сортов сельскохозяйственных культур. По данным Минсельхоза РФ, доля отечественных семян по сахарной свекле составляет 1,8%, картофелю — 7%, подсолнечнику — 23%, яровому рапсу — 31%, кукурузе — 41,8%, сое — 43,5%, при этом по ряду культур показатели в 2022 г. по сравнению с 2021-м даже снизились¹.

Для полного обеспечения АПК собственными семенами необходимо не только создание новых сортов, но также размножение оригинаторов и производство репродукционных семян в семеноводческих и товарных хозяйствах. Для этого важно их технически переоснастить высокопроизводительной техникой и оборудованием, в том числе сушильными и семяочистительными комплексами.

Лен-долгунец — один из основных в России источников сырья для текстильной, легкой и других отраслей экономики. Однако в последние годы посевные площади льна постоянно уменьшаются. В 2022 году (по сравнению с 2020-м) они уменьшились на 13,7 тыс. га, или на 26,8%². Основной причиной является низкая техническая оснащенность льносеющих хозяйств льноуборочными машинами, а также оборудованием для сушки и переработки льняного вороха.

По данным Россельхозцентра³ Минсельхоза РФ, обеспеченность семенами льна-долгунца на посев не превышает 93,5%. При этом допускается сев уменьшенными нормами высева, низкими репродукциями, некондиционными семенами, не выполняются требования сортосмены, что приводит к снижению урожайности [1].

Учеными ФНЦ ЛК разработан комплекс машин для уборки льна и получения высококачественных посевных семян льна-долгунца, в том числе сушиллки, сепараторы льновороха, молотилки, семяочистительные линии. Сушка льновороха остается одной из затратных технологических операций. Затраты на сепарирование, сушку и обмолот вороха составляют от 20 до 25% от всех затрат на возделывание льна.

Учитывая это, ФНЦ ЛК совместно с Пензенским машиностроительным заводом (ПАО «Пензмаш») создал самоходный многофункциональный агрегат для уборки льна, который выполняет тербление льна с одновременным очесом семенных коробочек, расстил очесанных стеблей льна в ленты и обмолот семенного материала в бункер комбайна. При этом исключаются операции сепарации и обмолота льновороха в стационарных условиях, в результате чего уменьшаются затраты на сушку семян [2].

Существует несколько сушильных установок для сушки семян сельскохозяйственных культур: напольные, шахтные, барабанные, контейнерные, ленточные, конвейерные и прочие. Основными недостатками этих сушилок являются: жесткий режим сушки при высокой

температуре нагрева, что неприемлемо для получения посевных семян; невысокая энергоэффективность; неравномерность высушиваемого материала; затруднена автоматизация процесса сушки; высокий уровень травмирования семян. Многие из вышеуказанных сушилок являются установками периодического действия [3, 4].

К относительно эффективным сушиллкам с неподвижным слоем сушки можно отнести противоточные карусельные сушиллки [5, 6]. Они просты по конструкции, обеспечивают щадящий режим сушки при температуре до 40 °С для семенных целей льна-долгунца.

Анализ обеспеченности сушильным оборудованием, выполненный авторами с использованием данных региональных органов АПК, показывает, что 42% льносеющих хозяйств используют для сушки семян старые низкопроизводительные, энергозатратные по топливу и электроэнергии сушиллки СКМ-1; 23% — зерносушиллки, 35% хозяйств не имеют никаких сушилок. Всё это приводит к снижению и недостатку семян, вследствие чего ежегодно сокращаются посевные площади льна-долгунца.

Цель исследования — разработать новую эффективную технологию и конструкцию сушильной установки для сушки семян мелкосеменных культур, обеспечивающие увеличение производительности и снижение энергозатрат.

Материалы и методы / Materials and methods

Исследования проводились на основе данных Росстата, Минсельхоза РФ, а также материалов, предоставленных льносеющими хозяйствами. Объектами исследования являются сушильные установки СКМ-1 и СКУ-10 (Тверца).

Исследования СКМ-1 выполнялись в колхозе «Мир» (Тверская обл., Россия) в 2021 и 2022 годах, СКУ-10 — в ОП НИИЛ (г. Торжок, Тверская обл.) в 2022 году с использованием технических характеристик заводов-изготовителей и производственных показателей. Применялись экспериментальные и производственные методы сравнительного и системного анализа данных⁴, методические подходы ведущих ученых [5, 6, 8–12], занимающихся исследованием и разработкой сушильных установок.

Теплотехнологические, конструктивные и экономические расчеты⁵ сушильной установки выполнены авторами.

По формулам, приведенным в [5–7], и методическим указаниям⁶ проведен теоретический расчет предлагаемой сушильной установки для сушки семян мелкосеменных культур (в частности, льняного вороха) при следующих исходных данных:

$\omega_2 = 13\%$ — влажность по конечному продукту в долях 0,13; $\omega_1 = 35\%$ — влажность материала по исходному продукту в долях 0,35; $P_{\text{вл}} = 250\text{--}255 \text{ кг/м}^3$ — плотность влажного материала; $P_{\text{выс}} = 180 \text{ кг/м}^3$ — плотность высушенного материала; $Q_2 = 1800 \text{ кг/ч}$ — расчетная производительность по сухому материалу; $Q_1 = 2409 \text{ кг/ч}$ — расчетная производительность по влажному материалу;

¹ Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Официальный сайт. Режим доступа: <https://mcs.gov.ru/> (дата обращения: 21.02.2023).

² ЕМИСС. Государственная статистика. Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий. Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/31328> (дата обращения: 06.03.2023).

³ ФГБУ «Россельхозцентр». Режим доступа: <https://rosselkhozcenter.ru/> (дата обращения: 07.09.2022).

⁴ Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных. М. ИНФРА-М. 2022; 484.

⁵ Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / А.В. Шпилюк, В.И. Драгайцев, П.Ф. Тулапин и др. Министерство сельского хозяйства и продовольствия РФ. Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства. М.: ГП УСЗ Минсельхозпрома России. 1998; 2: 251.

⁶ Холодилин А.Н. Расчет основных параметров барабанной сушилки. Методические указания. Оренбургский университет. Оренбург: ОГУ. 2021; 52.

$a = 20$ — число рабочих дней в сезон; $b = 8$ — число часов работы в день; $Q_c = 288\,000$ кг — сезонная производительность сушилки по сухому вороху; $C_{\text{вм}} = 0,8$ кДЖ/(кг·К) — теплоемкость высушенного материала; $t_n = 20$ °С — температура влажного материала; $t_k = 38$ ° — температура выгружаемого материала; $\alpha = 9,11$ — коэффициент избытка воздуха для смеси с температурой 40 °С.

В результате расчета получено:

$L_{\text{сг}} = 1,74$ м³/с — расход сухого воздуха; $\Sigma Q = 324,9$ кВт — расход тепла на сушку; $G_{\text{пг}} = 35,4$ м³/ч — расход природного газа на сушку; $G_{\text{дт}} = 27$ кг/ч — расход дизельного топлива на сушку; $V_n = 9,54$ м³ — полезный объем сушильной камеры.

Согласно исследованиям авторов, на сушилках СКМ-1 и СКУ-10 оптимальная толщина слоя высушиваемого материала не должна превышать 0,6 м.

Принимаем высоту боковой перфорированной стенки $h = 0,6$ м. Тогда диаметр сушильной камеры будет равен 4,5 м, что соответствует полезному объему 9,54 м³. Учитывая агротехнические требования и невозможности хранения влажного вороха после доставки с поля, необходимо увеличить размер сушильной камеры (с учетом накопительного объема) по высоте до 1,2 м. Тогда общий объем сушильной камеры (с учетом накопительного объема) равен $V_0 = 19,08$ м³. Площадь перфорированной платформы — 15,9 м², площадь боковой перфорированной стенки — 8,48 м². Общая площадь поверхности суши $F_0 = 24,4$ м². Тогда $\tau = 1,14$ ч — среднее интегральное время пребывания материала в зоне сушки; поверхностное напряжение теплообмена полезной площади сушильной установки по влаге

$$A_F = W / \tau \cdot F_0 = 21,9 \text{ кг/м}^2\text{ч},$$

где $W = 609$ кг/ч — расход влаги, удаляемой из высушиваемого льновороха.

То есть скорость сушки — количество влаги, испаряемой с единицы поверхности высушиваемого материала за 1 ч, 21,9 кг/м²·ч.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате анализа технологий и сушильных установок карусельного типа выполнены расчеты и предложена новая эффективная технология сушки⁷ семян мелкосеменных культур в многосторонних и встречных потоках теплоносителя, что повышает теплообмен, а также конструкция сушильной установки, обеспечивающей повышение производительности сушки в 1,3–2 раза при значительном снижении расхода топлива.

Сушильная установка работает следующим образом: загрузка отсепарированного льновороха в сушильную камеру — типовыми скребковыми транспортерами, по мере загрузки осуществляется рыхление материала колковым барабаном при

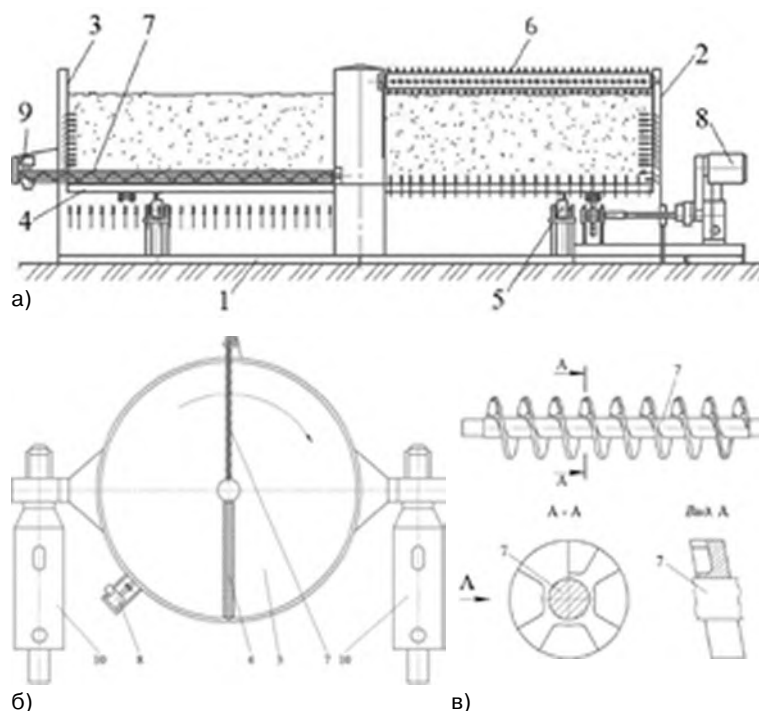
постоянном вращении платформы. Колковый барабан при загрузке сушильной камеры поднимается вверх механическим приводом, при окончании загрузки опускается вниз по направляющим на поверхность материала.

По окончании загрузки полного объема сушильной камеры включается подача теплоносителя через два диаметрально противоположных окна корпуса в двух направлениях: снизу платформы вертикально к материалу и горизонтально — к материалу по всей окружности сушильной камеры. Использование многосторонних и встречных потоков теплоносителя обеспечивает равномерный теплообмен и влагообмен, создает оптимальную интенсивность и повышенную скорость сушки. По мере высушиваемого материала нижнего слоя полезного объема сушилки осуществляется выгрузка сухого материала шнеком при одновременной загрузке сушильной камеры. Автоматика контроля параметров температуры и влажности льновороха может быть выполнена с использованием отечественных приборов, для управления электроприводами используются частотные преобразователи Е2-8300 компании «Веспер» (Россия).

В таблице 1 на основании проведенных теоретических, экспериментальных исследований предлагаемой сушильной установки для сушки семян мелкосеменных культур (в частности льняного вороха) представлены результаты расчета энергозатрат, производительности, материалоемкости и технико-экономическое обоснование в сравнении с карусельными сушилками СКМ-1 и СКУ-10 производства «Брянсксельмаш» (Россия) и «Тверьсельмаш» (Россия).

Рис. 1. Схема сушильной установки: а) продольный разрез; б) вид сверху; в) выгрузной шнек; 1 — рама, 2 — корпус, 3 — кольцевая сушильная камера, 4 — перфорированная платформа, 5 — ролики, 6 — колковый барабан, 7 — выгрузной шнек, 8 — привод сушилки, 9 — привод выгрузного шнека, 10 — теплогенератор

Fig. 1. The scheme of the drying plant: а) longitudinal section; б) top view; в) discharge auger; 1 — frame, 2 — housing, 3 — ring drying chamber, 4 — perforated platform, 5 — rollers, 6 — pegged drum, 7 — discharge auger, 8 — dryer drive, 9 — discharge auger drive, 10 — heat generator



⁷ Карусельная сушилка для сушки семенного вороха мелкосеменных культур. Патент РФ № 2770574; авторы Р.А. Ростовцев, Е.М. Пучков, Г.А. Перов (заявл. 12.07.2021). Оpubл. 18.04.2022. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id> (дата обращения: 06.03.2023).

Таблица 1. Сравнительные технико-экономические показатели существующих и предлагаемой сушильной установки на семенном режиме

Table 1. Comparative technical and economic indicators of the existing and proposed drying plant in seed mode

Показатели	СКМ-1	СКУ-10	СКМ-1,8
Производительность по сухому льновороху, т/ч	0,9	1,35	1,8
Расход топлива на 1 т сухого вороха: дизельного топлива, кг/т природного газа, м ³ /т	80 –	22,2 –	15,0 19,66
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	100	30,7	19,4
Диаметр сушильной камеры, м	9,0	6,0	4,5
Масса, кг	21 200	8730	7500
Затраты дизельного топлива при цене 51 000 руб/т, руб/т вороха	4080	1132	765,0
Затраты природного газа при цене 7 руб/м ³ , руб/т вороха	–	–	137,6
Затраты электроэнергии при цене 6 руб/кВт·ч, руб/кВт·ч/т	600,0	184,2	116,4
Общие затраты на 1 т сухого вороха при использовании дизельного топлива, руб.	4680	1316,2	881,4
Экономия на 1 т сухого вороха при использовании дизельного топлива, руб. по сравнению с СКМ-1 по сравнению с СКУ-10	– –	– –	3798,6 434,8
Затраты на 1 т вороха при использовании природного газа, руб.	–	–	254,0
Экономия при использовании природного газа на 1 т сухого вороха, руб.: по сравнению с СКМ-1 по сравнению с СКУ-10	– –	– –	4426 1062,2
Сезонная экономическая эффективность при использовании дизельного топлива, тыс. руб. (20 дней): по сравнению с СКМ-1 по сравнению с СКУ-10	– –	– –	1094,0 125,2
Сезонная экономическая эффективность при использовании природного газа, тыс. руб. (20 дней): по сравнению с СКМ-1 по сравнению с СКУ-10	– –	– –	1274,7 305,9

Выводы/Conclusion

Проведенный анализ схем и технологического процесса сушильных установок показал, что наиболее полно отвечает предъявляемым к ним требованиям сушилка карусельного типа. По результатам исследований были разработаны технология сушки в многосторонних и встречных потоках теплоносителя и конструкция

сушильной установки (Патент РФ № 2770574), обеспечивающей производительность в 1,33–2 раза выше существующих, расход топлива меньше в 1,48–5,3, электроэнергии — в 1,58–5,1. Экономия энергозатрат одной сушилки (20 дней работы в сезон) при использовании природного газа — от 306 тыс. руб. до 1275 тыс. руб., дизельного топлива — от 125 тыс. руб. до 1094 тыс. руб.

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 при поддержке Минобрнауки России в рамках госзадания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

FUNDING

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state task of FGBI FNC LC (No. FGSS-2022-0005).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Шиндин А.П., Захарова Л.М., Тихомирова В.Я., Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. Лен. Технологии возделывания и защиты от вредных организмов. М.: РосАгроХим. 2012; 141. ISBN 978-5-905745-01-0
- Ковалев М.М., Перов Г.А., Галкин А.В., Соловьев С.В., Лойко С.Ф. Инновационный способ уборки льна с очесом стеблей на корню. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск: Беларуская навука. 2022; 224–227. <https://www.elibrary.ru/qxpzpl>
- Ключников А.С. Исследование влияния новой технологии сушки на посевные качества семян зерновых культур. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020; (1): 49–60. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-49-60>
- Umirzakov R., Mukhiddinov D.N., Abdirova M., Ongar B. Influence on the mode of grain drying in the heat generator and combustion products. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2019; (1): 176–183. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.22>
- Перекопский А.Н. Исследование процесса сушки семян на карусельной сушилке. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019; 54: 123–128. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11123>
- Эрк А.Ф., Перекопский А.Н. Математическая модель процесса сушки зерна в карусельной сушилке. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016; 90: 78–83. <https://www.elibrary.ru/xellkp>

REFERENCES

- Shindin A.P., Zakharova L.M., Tikhomirova V.Ya., Pavlova L.N., Rozhmina T.A. Flax. Technologies of cultivation and protection from harmful organisms. Moscow: RosAgroChim. 2012; 141 (In Russian). ISBN 978-5-905745-01-0
- Kovalev M.M., Perov G.A., Galkin A.V., Soloviyov S.V., Loiko S.F. An innovative way of harvesting flax with a combing of stems on the root. Scientific and technological progress in agricultural production. Proceedings of international scientific and technical conference, dedicated to the 75th anniversary of the formation of the RUE «Scientific and practical Centre of National Academy of Sciences of Belarus for agriculture mechanization». Minsk: Belorusskaya navuka. 2022; 224–227 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qxpzpl>
- Klyuchnikov A.S. Study of the influence of new drying technology on the quality of grain seeds. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2020; (1): 49–60 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2020-1-49-60>
- Umirzakov R., Mukhiddinov D.N., Abdirova M., Ongar B. Influence on the mode of grain drying in the heat generator and combustion products. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2019; (1): 176–183. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.22>
- Perekopsky A.N. Investigation of the process of drying seeds on a carousel dryer. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2019; 54: 123–128 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11123>
- Erk A.F., Perekopsky A.N. Mathematical model of the grain drying process in a rotary dryer. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2016; 90: 78–83 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xellkp>

7. Умирзаков Р.А. Разработка и исследование высокоэффективной сушильной установки для масличных семян. *Сейфуллинские чтения — 17: Современная аграрная наука: цифровая трансформация. Материалы Международной научно-теоретической конференции, посвященной 30-летию независимости Республики Казахстан*. Нур-Султан. 2021; 1(2): 410–413.
8. Зелёно В.И. Карусельные сушилки. Тверь: *Тверское областное книжно-журнальное издательство*. 2002; 191. ISBN 5-85457-189-7
9. Лачуга Ю.Ф. и др. Повышение эффективности процесса сушки льняного вороха. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012; 46: 94–100.
10. Котов Б.І., Панцир Ю.І., Герасимчук І.Д., Калініченко Р.А., Грищенко В.О. Математична модель теплоенергетичних режимів теплонасосної сушильної установки. *Сільськогосподарські машини*. 2021; 47: 7–14. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.616>
11. Калініченко Р.А., Добрицький О.О., Липунов М.І. Моделювання динамічних режимів нагрівання і сушіння зерна в протічній установках. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природо-користування України*. 2011; 166(4): 229–233.
12. Шаршунов В.А., Круглень В.Е., Алексеенко А.С., Кудрявцев А.Н., Коцуба В.И. Поверхность испарения, льновороха в сушильной камере. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2005; (8): 41. <https://www.elibrary.ru/yqvtqx>

ОБ АВТОРАХ

Евгений Михайлович Пучков,
кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник
e.puchkov@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6852-5629>

Геннадий Анатольевич Перов,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
g.perov@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5830-6817>

Сергей Викторович Соловьёв,
инженер-конструктор
s.solovyov@fncl.ru

Федеральный научный центр лубяных культур,
Комсомольский пр-т, 17/56, Тверь, 170041, Россия

7. Umirzakov R.A. Development and research of a highly efficient drying plant for oilseeds. *Seifulin readings — 17: Modern agricultural science: digital transformation. Proceedings of the International scientific and theoretical conference, dedicated to the 30th anniversary of Independence of the Republic of Kazakhstan*. Nur-Sultan. 2021; 1(2): 410–413 (In Russian).
8. Zelenko V.I. Carousel dryers. Tver: *Tver Regional Book and Magazine Publishing House*. 2002. 191 (In Russian). ISBN 5-85457-189-7
9. Lachuga Yu.F. et al. Improving the efficiency of the drying process of the linen pile. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2012; 46: 94–100 (In Russian).
10. Kotov B.I., Pantsyr Yu.I., Gerasymchuk I.D., Kalinichenko R.A., Hryshchenko V.O. Mathematical model of heat energy regimes of heat pump drying plant. *Agricultural Machines*. 2021; 47: 7–14 (In Ukrainian). <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.616>
11. Kalinichenko R.A., Dobritsky O.O., Lipunov M.I. Modeling of dynamic regimes of heating and drying of grain in countercurrent installations. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2011; 166(4): 229–233 (In Ukrainian).
12. Sharshunov V.A., Kruglenya V.E., Alekseenko A.S., Kudryavtsev A.N., Kotsuba V.I. Evaporation surface, flax rust in the drying chamber. *Tractors and agricultural machinery*. 2005; (8): 41 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yqvtqx>

ABOUT THE AUTHORS

Evgeny Mikhailovich Puchkov,
Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher
e.puchkov@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6852-5629>

Gennady Anatolievich Perov,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
g.perov@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5830-6817>

Sergey Viktorovich Solovyov,
Design Engineer
s.solovyov@fncl.ru

Federal Research Center of Fibre Crops,
17/56 Komsomolsky prospekt, Tver, 170041, Russia

Т.В. Танашкина¹, ✉
Э.Ю. Осипенко¹,
А.С. Танашкин²,
А.А. Семенюта¹,
В.А. Лях¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

² Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

✉ tatiana.vl.tan@gmail.com

Поступила в редакцию:
10.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Tatiana V. Tanashkina¹, ✉
Elvira Yu. Osipenko¹,
Artyom S. Tanashkin²,
Anna A. Semenyuta¹,
Vladimir A. Lyakh¹

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

² Ioffe Institute, St. Petersburg, Russia

✉ tatiana.vl.tan@gmail.com

Received by the editorial office:
10.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Содержание полифенольных соединений в траве гречихи посевной в зависимости от агротехнических и абиотических факторов и оценка возможности ее использования в пищевых технологиях

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Гречиха является источником многих биологически активных веществ. Особенно много их в листьях и соцветиях, из которых можно получать чайные напитки специализированной и функциональной направленности. Эти части растений богаты полифенольными соединениями (ПФ), основной из которых — рутин. Содержание их в растении зависит от многих факторов.

Цель работы — установление влияния сроков посева, ультрафиолетового (УФ) излучения и температуры на накопление ПФ в гречихе.

Методы. Семена гречихи высевали четырежды в июне — июле. Для определения содержания ПФ в водно-этанольных экстрактах и водных настоях травы гречихи разных сроков посева, собранной в фазу активного цветения, использовали реактив Folin-Ciocalteu, антиоксидантной активности — DPPH-радикал.

Результаты. Сроки посева оказывают влияние на содержание ПФ. При более ранних сроках посева семян накопление ПФ в экстрактах было выше (8,42–9,33%) по сравнению с поздним (6,10%), в настоях варьировало от 2,10 до 2,83%. Имеются указания на прямую зависимость накопления ПФ в экстрактах от уровня УФ-излучения в период вегетации, требующие дальнейшей проверки. Существенного влияния температуры не выявлено. АОА всех образцов была высокой. Содержание ПФ в водных настоях позволяет рекомендовать траву гречихи в качестве сырья для получения чайных напитков.

Ключевые слова: гречиха, сроки посева, полифенольные соединения, антиоксидантная активность, ультрафиолетовое излучение

Для цитирования: Танашкина Т.В., Осипенко Э.Ю., Танашкин А.С., Семенюта А.А., Лях В.А. Содержание полифенольных соединений в траве гречихи посевной в зависимости от агротехнических и абиотических факторов и оценка возможности ее использования в пищевых технологиях. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 166–170. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-166-170>

© Танашкина Т.В., Осипенко Э.Ю., Танашкин А.С., Семенюта А.А., Лях В.А.

The content of polyphenolic compounds in buckwheat grass depending on agrotechnical and abiotic factors and the assessment of the possibility of its use in food technologies

ABSTRACT

Relevance. Buckwheat is a source of many biologically active substances. Especially there are a lot of them in leaves and inflorescences from which it is possible to get tea beverages for specialized and functional nutrition. These plant parts are rich in polyphenolic compounds (PC), the main one being rutin. Their content in the plant depends on many factors.

The aim of this study is to estimate the effect of sowing dates, ultraviolet (UV) radiation and temperature on PC accumulation in buckwheat plants.

Methods. Buckwheat seeds were sown four times in June–July. The PC content of buckwheat water-ethanol extracts and water infusions was determined by Folin-Ciocalteu, method antioxidant activity — by DPPH radical scavenging method.

Results. The sowing dates influence the PC content. At the earlier sowing dates of seeds the accumulation of PC in the extracts was higher (8.42–9.33%) in comparison with the later ones (6.10%). The PC content in the infusions varied from 2.10 to 2.83%. There are indications of a direct relationship between the accumulation of PC and the level of UV radiation during the growing season requiring further verification. A significant effect of temperature was not revealed. The AOA of all samples was high. The content of PC in aqueous infusions allows us to recommend buckwheat grass as a raw material for tea beverages.

Key words: buckwheat, sowing dates, polyphenolic compounds, antioxidant activity, ultraviolet radiation

For citation: Tanashkina T.V., Osipenko E.Yu., Tanashkin A.S., Semenyuta A.A., Lyakh V.A. The content of polyphenolic compounds in buckwheat grass depending on agrotechnical and abiotic factors and the assessment of the possibility of its use in food technologies. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 166–170 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-166-170>

© Tanashkina T.V., Osipenko E.Yu., Tanashkin A.S., Semenyuta A.A., Lyakh V.A.

Введение/Introduction

Питание является ключевым фактором в сохранении и поддержании здоровья человека. Нарушение питания составляет от 30 до 50% причин возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета, остеопороза, ожирения и других [1].

Один из способов решения этой проблемы состоит в расширении производства продуктов питания специализированного (ГОСТ 33999-2016¹) и функционального (ГОСТ Р 52349-2005²) назначения. Специализированные диетические продукты питания обладают профилактическим и лечебным действием для определенных категорий потребителей. Функциональные продукты питания предназначены для систематического употребления всеми слоями населения. В составе многих из них присутствуют минорные компоненты пищи, обладающие биологической активностью: витамины, фенольные соединения, изопреноиды, производные индола и многие другие. Источниками этих веществ являются растения и, соответственно, пища, приготовленная на их основе.

Особый интерес представляют фенольные соединения, которые найдены во многих растениях различных таксономических групп³. Являясь вторичными метаболитами растений, они выполняют разнообразные биологические функции: являются переносчиками электронов и протонов в метаболических реакциях, защищают от избыточного ультрафиолетового излучения, обеспечивают протекание процессов опыления, придают окраску лепесткам цветов и плодам [2].

Фенольные соединения обладают антиоксидантным действием, участвуют в регуляции защитно-адапционного потенциала организма (МР 2.3.1.0253⁴), поэтому применяются в медицине для профилактики и лечения самых разных заболеваний, поскольку проявляют множественное фармакологическое действие. Например, для рутина установлена цитопротекторная, нейропротекторная, вазопротекторная, антиканцерогенная и кардиопротекторная активность [3]. Таким образом, источниками важных для здоровья вторичных метаболитов являются не только медицинские препараты и биологически активные добавки, но и пища.

Содержание биологически активных веществ в сельскохозяйственном сырье зависит от многих факторов: биологических, агротехнических, абиотических. Регулируя их воздействие, можно влиять не только на выход урожая, но и на его химический состав. Поэтому интеграция медицинской науки с наукой и практикой аграрно-промышленного комплекса может стать важнейшим компонентом обеспечения здорового питания [1].

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) — ценная крупяная культура, которая выращивается в России, Китае, на Украине, в странах Восточной Европы. Факторы, которые влияют на урожай гречихи, хорошо изучены. Так, в недавней работе L. Kolarić с соавторами исследовано влияние агротехнических факторов, таких как внесение удобрений и расстояние между рядами, а также свойств почвы и метеорологических условий (температура и осадки) на высоту растений, массу и количество семян с растения, урожайность. Показано, что все изученные факторы коррелировали с урожаем гречихи [4].

Гречиха является источником многих биологически активных веществ, основную группу которых составляют полифенольные соединения (ПФ). Особенно много их в листьях и соцветиях, которые пока не нашли применения в пищевой промышленности. Полифенольными соединениями травы гречихи являются флавоноиды рутин, кверцетин, изокверцитрин, гесперидин, изорамнетин и фенилпропаноиды, среди которых феруловая, хлорогеновая, синапиновая, пара-кумаровая кислоты [5].

Одно из перспективных направлений использования травы гречихи в пищевой промышленности — изготовление чайных напитков [6] функционального и специализированного лечебно-профилактического назначения (фиточаи). Интерес к такой продукции в первую очередь может быть связан с тем, что в гречихе отсутствует кофеин, который противопоказан при определенных заболеваниях. Следует отметить, что доля различных фиточаев на рынке по отношению к общему объему потребляемого чая пока невелика, но наблюдается устойчивый рост интереса потребителей к данному виду продукции [7].

ПФ растений и влиянию на процессы их образования различных факторов посвящены многие исследования. Для гречихи установлено, что максимальное содержание ПФ регистрируется в листьях и соцветиях [6, 8] и зависит от фазы развития растения [9], генотипа [5] и местности произрастания [10]. Также сообщалось, что даты и схема посева семян, уровень внесения азота, погода, условия, которые создаются при гидропонном способе выращивания, влияют не только на урожайность гречихи, содержание белка и крахмала, но и на накопление рутина в стеблях, листьях, цветах и зерне [11–13].

Цель работы — установление влияния сроков посева и некоторых факторов среды (УФ-излучение и температура) на накопление суммы ПФ в растении гречихи для определения оптимальных условий, способствующих их максимальному образованию, что позволило бы получать сырье с высокой биологической активностью.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объектами исследования являлись: трава гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) сорта Изумруд, урожая 2021 г., выращенная в Надеждинском районе Приморского края; водно-спиртовые экстракты и настои, приготовленные из травы гречихи.

Семена гречихи высевали четырежды в течение вегетационного периода с интервалом 13–14 дней (табл. 1).

Надземную массу гречихи собирали в фазу массового цветения, выделяли верхнюю часть растения (соцветия, листья, стебель), нарезали ее и сушили при температуре 60 °С до влажности 6,5–7,0%.

Таблица 1. Сроки посева семян гречихи посевной в течение вегетационного периода

Table 1. Sowing dates of buckwheat seeds during the growing season

Посев	Сроки посева	
	месяц	декада
Ранний	июнь	II
Средний		III
Стандартный	июль	I
Поздний		III

¹ ГОСТ 33999-2016 Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая диетического лечебного и диетического профилактического питания. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 2018; 17.

² ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с изм. № 1). М.: Стандартинформ. 2005; 17.

³ Database on Polyphenol Content in Food. Available from: <http://phenol-explorer.eu/> (accessed: 1st June 2023).

⁴ МР 2.3.1.0253-21 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2021; 72.

Биометрическая характеристика образцов включала определение надземной массы и высоты растений в момент уборки.

Водно-спиртовые экстракты травы гречихи готовили согласно ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010⁵ с нашими модификациями: вместо спирта метилового использовали этиловый. Для получения водных настоев навеску травы гречихи массой 1 г заливали 100 мл кипяченной воды температурой 85–90 °С, настаивали в течение 5 мин., затем фильтровали через бумажный фильтр.

Общее содержание полифенолов в экстрактах и настоях устанавливали с использованием реактива Folin-Ciocalteu согласно ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010⁵. Антиоксидантную активность (АОА) экстрактов и настоев определяли с помощью DPPH-радикала [6].

Характеристикой влияния УФ-излучения на образцы являлась величина дневной дозы УФ, определяемая как интеграл по всему световому дню от эффективной облученности земной поверхности в отсутствие облачности. Для оценки величин дневной дозы УФ использовалась база данных TEMIS Королевского метеорологического института Нидерландов⁶.

Для характеристики влияния температуры использовались данные о среднесуточных температурах в районе посевов⁷.

Анализ каждого образца осуществляли в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel 2019 (США).

Результаты и обсуждения / Results and discussion

В данной работе проанализировали накопление ПФ в верхушечной части растения (соцветия, листья, стебли) в зависимости от даты посева семян и попытались установить причины выявленных различий. Использование именно верхушечной части в качестве объекта исследования было обусловлено данными о перспективности ее применения для изготовления чайных напитков [6]. Так как большинство ПФ хорошо растворяются в спирте, определяли их содержание в водно-этанольных экстрактах и по результатам анализа судили об общем количестве этих веществ в гречишном сырье, а поскольку часть из них — водорастворимые соединения, то также анализировали водные настои, которые в виде чайных напитков являются готовым продуктом и, соответственно, источником этих биологически активных веществ для потребителей.

Результаты показали, что содержание ПФ в верхушечной части растений гречихи было высоким. В зависимости от даты посева оно варьировало от 6,10 до 9,33% в пересчете на сухое вещество (СВ). Наибольший уровень накопления ПФ соединений был выявлен в экстрактах более ранних сроков посева, минимальный — в более позднем (по сравнению со стандартным) (табл. 2).

Таблица 2. Содержание полифенольных соединений в экстрактах и настоях травы гречихи разных сроков посева
Table 2. The content of polyphenolic compounds in extracts and infusions of buckwheat grass of different sowing dates

Посев	Содержание ПФ, % СВ	
	экстракты	настои
Ранний	8,98 ± 0,45	2,83 ± 0,15
Средний	9,33 ± 0,24	2,10 ± 0,04
Стандартный	8,42 ± 0,28	2,32 ± 0,07
Поздний	6,10 ± 0,26*	2,31 ± 0,14

* $p \leq 0,05$.

⁵ ГОСТ Р ИСО 14502-1-2010 Чай. Метод определения общего содержания полифенолов (переизд.). М.: Стандартинформ. 2019; 16.

⁶ Tropospheric Emission Monitoring Internet Service (TEMIS) hosted by The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI/ESA. Available from: <https://www.temis.nl> (accessed: 5th June 2023).

⁷ Weather Underground Internet Service. Available from: <https://www.wunderground.com> (accessed: 5th June 2023).

Для установления причин этих различий анализировали суммы и средние значения дневных доз УФ и температур для каждого периода выращивания гречихи в зависимости от даты посева (табл. 3). Поскольку первые дни после посева зерно находится под слоем почвы и не подвергается воздействию УФ-лучей, для анализа использовали два типа значений: первый — для всего периода выращивания (начиная с посева), второй — начиная с появления настоящих листьев.

Анализ данных (табл. 2, 3) позволил предположить, что увеличение средней дневной дозы УФ ведет к увеличению содержания ПФ в экстрактах. Коэффициент корреляции между этими двумя величинами равен 0,988 от появления настоящих листьев до уборки и 0,940 для всего периода вегетации. Для суммы дневных доз УФ и содержания ПФ подобная зависимость не прослеживалась.

Необходимо отметить: во-первых, объем данных, рассматриваемых в работе, получен по результатам одного сельскохозяйственного года и позволяет сделать только предварительные выводы, в то же время приведенный анализ указывает возможный путь дальнейших исследований влияния УФ излучения на содержание ПФ; во-вторых, в анализе не учитывались погодные условия ввиду отсутствия необходимых для этого данных. В то же время величины дневных доз УФ, рассчитанные для нескольких локаций со схожим климатом и имеющимися данными о погодных условиях, оказались весьма чувствительны к относительной площади облачного покрова, а также к его поглощательным и рассеивательным свойствам: при сильной плотной облачности реальная дневная доза УФ может более чем в 2 раза уступать величине, полученной без учета погодных факторов. Однако следует заметить, что лето 2021 года в целом характеризовалось аномально ясной погодой. Это позволяет предположить, что влияние облачного покрова на средние значения суточных доз УФ в данном конкретном случае было невелико.

Для оценки влияния фактора температуры на содержание ПФ учитывали суммарную и среднюю среднесуточные температуры за определенный (для каждого образца) период вегетации. Явной зависимости между ними не прослеживалось. Значения коэффициентов корреляции были невысокими: 0,581 — между ПФ и средней температурой, 0,790 — между ПФ и суммой

Таблица 3. Суммы и средние значения дневных доз УФ и среднесуточных температур в период вегетации гречихи разных сроков посева
Table 3. Sums and means of UV daily doses and average daily temperatures during the growing season of buckwheat at different sowing dates

Посев	Фаза развития растения, (З, Л)*	Сумма дневных доз УФ, кДж/м ²	Средняя дневная доза УФ, кДж/м ²	Сумма температур, °С	Средняя температура, °С
Ранний	З	181,6	4,91	770,3	20,3
	Л	137,7	5,08	605,9	21,6
Средний	З	174,9	5,14	809,7	23,1
	Л	118,6	5,39	582,1	25,3
Стандартный	З	171	5,04	843,8	24,1
	Л	109,2	4,96	552,6	24,0
Поздний	З	161,3	4,48	852,1	23,0
	Л	104,8	4,19	561,2	21,6

*З — для периода начиная от посева семян, Л — для периода начиная с появления 1–2 настоящих листьев;

*З — for the period starting from the sowing of grains, Л — for the period starting from the appearance of 1–2 true leaves

Таблица 4. Биометрическая характеристика растений гречихи разных сроков посева
Table 4. Biometric characteristics of buckwheat plants of different sowing dates

Показатель	Посев			
	ранний	средний	стандартный	поздний
Масса растений, г/м ²	1477 ± 29	2245 ± 21*	2050 ± 17	2424 ± 35*
Масса 100 растений, г	806 ± 11	1105,0 ± 7	1122,0 ± 10	1261 ± 16*
Масса верхушечной части 100 растений, г	258 ± 12	244 ± 8	348 ± 17	369 ± 160*
Высота растений, см	73 ± 1,2	88,5 ± 0,8	93,1 ± 2,0	108,8 ± 0,9*

Среднее значение для 100 растений
* $p \leq 0,05$.

температур для периода, начинающегося со стадии появления настоящих листьев. Еще более низкие значения были характерны для полного периода вегетации, при этом зависимость была обратной.

Содержание ПФ в водных настоях было существенно ниже, чем в водно-этанольных экстрактах, и для разных образцов варьировало от 23 до 38% от их уровня в экстрактах. Причем при максимальном значении ПФ в экстрактах, характерном для образцов гречихи среднего срока посева, их содержание в настоях этого же образца было минимальным.

Анализ биометрических характеристик показал (табл. 4), что наиболее развиты растения позднего срока посева, их высота и выход биомассы были максимальными. Самые низкие значения были характерны для растений раннего посева.

Поскольку ПФ обладают выраженной АОА, установили значение этого показателя для экстрактов и настоев (табл. 5). Все исследованные образцы обладали высокой АОА. Для экстрактов она составляла в среднем 84%, для настоев — 73%.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком накоплении ПФ в верхушечной части растений гречихи. Результаты других авторов показали, что содержание этих соединений может отличаться в несколько раз в зависимости от сорта растений и условий выращивания [5, 10, 14]. Установлено, что синтез вторичных метаболитов и его регуляция чувствительны к стрессовым факторам среды [15]. Кроме того, на значение этого показателя могут влиять методы экстракции и количественного определения ПФ [16].

Таблица 5. Антиоксидантная активность экстрактов и настоев травы гречихи разных сроков посева
Table 5. Antioxidant activity of extracts and infusions of buckwheat grass of different sowing dates

Посев	АОА, %		АОА в пересчете на Trolox, ммоль*
	экстракты	настои	
Ранний	83,55 ± 0,07	75,72 ± 0,09	0,87
Средний	84,45 ± 0,14	70,72 ± 0,42	0,87
Стандартный	84,49 ± 0,05	71,33 ± 1,18	0,87
Поздний	82,55 ± 0,14	73,82 ± 0,28	0,87

* Значения даны для настоев.

* Values given for infusions.

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

1. Тутельян В.А. Здоровое питание для общественного здоровья. *Общественное здоровье*. 2021; 1(1): 56–64. <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64>

Как известно, УФ-В-излучение активирует в растении синтез соединений, ответственных за его поглощение, являясь важным фактором индукции вторичных метаболитов. В большинстве случаев воздействие УФ-излучения на биосинтез вторичных метаболитов положительное, однако высокие дозы УФ-В- и УФ-С-излучения отрицательно влияют на рост, развитие, фотосинтез и другие важные процессы в растении [17]. Установлено, что индукция биосинтеза фенолов является основным фактором в системе удаления активных форм кислорода, которые образуются при воздействии высоких доз УФ-излучения [18]. Было показано, что общее содержание фенолов увеличивалось при воздействии света и снижались при исключении УФ-излучения [19]. Об этом же свидетельствуют результаты нашей предыдущей работы, в которой исследовались образцы гречихи сорта Изумруд урожая 2017 года, посеянной в стандартный для Приморского края срок (в I декаде июля) [6].

Содержание ПФ в верхушечной части травы гречихи составляло 5,45% СВ, что ниже на 35% по сравнению с аналогичными результатами 2021 года (8,42% СВ). При этом средняя дневная доза УФ в 2017 году составила 4,7 кДж/м², что меньше, чем показатель за тот же период 2021-го (4,96 кДж/м²). Кроме того, период вегетации в 2021 году в целом характеризовался аномально ясной погодой, что также могло способствовать более активному синтезу ПФ.

Выявленное в результате эксперимента существенное более низкое содержание ПФ в водных настоях травы гречихи хорошо согласуется с ранее полученными данными [5, 6]. Причиной этого может являться сложный компонентный состав ПФ, поскольку индивидуальные соединения обладают разной растворимостью в спиртовых и водных растворах. Отсутствие прямой зависимости между содержанием ПФ в экстрактах и настоях для образцов разных сроков посева, возможно, связано с изменением спектрального состава УФ-излучения. Процессы синтеза спирто- и водорастворимых ПФ могут быть в различной степени чувствительны к разным энергиям УФ-спектра. Тем не менее уровень содержания ПФ в водных настоях позволяет заключить, что чайные напитки, изготовленные из верхушечной части растений травы гречихи, собранной в фазу активного цветения, можно отнести к функциональным продуктам питания.

Выводы/Conclusions

Сроки посева оказывают влияние на накопление ПФ в траве гречихи. Наиболее высокий уровень ПФ в экстрактах отмечен для раннего и среднего сроков посева этой культуры в Приморском крае. Имеются указания на прямую зависимость содержания ПФ в экстрактах от средней дневной дозы УФ-излучения. Воздействие температуры на изменение содержания ПФ не выявлено. Высокая АОА и достаточный уровень ПФ в водных настоях травы гречихи дают основание рекомендовать ее в качестве сырья для чайных напитков функционального, а также (ввиду отсутствия в ней кофеина) специализированного назначения.

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.

REFERENCES

1. Tutelyan V.A. Healthy food for public health. *Public health*. 2021; 1(1): 56–64 (In Russian). <https://doi.org/10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64>

2. Verma N., Shukla S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2015; 2(4): 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
3. Ganeshpurkar A., Saluja A.K. The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2017; 25(2): 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025>
4. Kolarić L. *et al.* Buckwheat Yield Traits Response as Influenced by Row Spacing, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Management. *Agronomy*. 2021; 11(12): 2371. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122371>
5. Dziadek K. *et al.* Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves. *European Food Research and Technology*. 2018; 244(2): 333–343. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2>
6. Танашкина Т.В., Пьянкова А.Ф., Семенюта А.А., Кантемиров А.В., Приходко Ю.В. Гречишные травяные чайные напитки: сырье, способы получения и оценка биологической активности. *Техника и технология пищевых производств*. 2021; 51(3): 564–573. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573>
7. Клинтцев В.Н., Бушкевич Н.В., Флюрик Е.А. Фиточай: состав, свойства, производство (обзор). *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2021; (1): 5–23. <https://elibrary.ru/gmvtde>
8. Клыкков А.Г., Моисеенко Л.М., Горовой П.Г. Биологические ресурсы видов рода гречиха (*Fagopyrum* Mill.) на российском Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука. 2018; 302. ISBN 978-5-8044-1669-1
9. Zielińska D., Turemko M., Kwiatkowski J., Zieliński H. Evaluation of Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of the Aerial Parts of Common and Tartary Buckwheat Plants. *Molecules*. 2012; 17(8): 9668–9682. <https://doi.org/10.3390/molecules17089668>
10. Dražić S. *et al.* Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Plant, Soil and Environment*. 2016; 62(6): 261–265. <https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE>
11. Sobhani M.R., Rahmikhoev G., Majidian D.M., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014; 8(10): 1402–1414.
12. Podolska G. The Effect of Habitat Conditions and Agrotechnical Factors on the Nutritional Value of Buckwheat. Zhou M., Kreft I., Woo S.-H., Chungoo N., Wieslander G. eds. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press. 2016; 283–297. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803692-1.00022-5>
13. Kawatra N., Jha G., Dubey A. Study of the phytochemical profile of hydroponically cultivated buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) at different phenological stages. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2023; 107: 104612. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104612>
14. Bystrická J. *et al.* Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. *Cereal Research Communications*. 2011; 39(3): 436–444. <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13>
15. Borges C.V., Minatel I.O., Gomez-Gomez H.A., Lima G.P.P. Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 259–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_15
16. Kreft S., Štrukelj B., Gabersčik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *Journal of Experimental Botany*. 2002; 53(375): 1801–1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
17. Li Y., Kong D., Fu Y., Sussman M.R., Wu H. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020; 148: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
18. Katerova Z., Todorova D., Sergiev I. Plant Secondary Metabolites and Some Plant Growth Regulators Elicited by UV Irradiation, Light and (or) Shade. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 97–121. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_6
19. Ferreira M.I. *et al.* Exclusion of solar UV radiation increases the yield of curcuminoid in *Curcuma longa* L. *Industrial Crops and Products*. 2016; 89: 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.009>
2. Verma N., Shukla S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2015; 2(4): 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.09.002>
3. Ganeshpurkar A., Saluja A.K. The Pharmacological Potential of Rutin. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2017; 25(2): 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2016.04.025>
4. Kolarić L. *et al.* Buckwheat Yield Traits Response as Influenced by Row Spacing, Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Management. *Agronomy*. 2021; 11(12): 2371. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122371>
5. Dziadek K. *et al.* Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves. *European Food Research and Technology*. 2018; 244(2): 333–343. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2959-2>
6. Tanashkina T.V., Piankova A.F., Semenyuta A.A., Kantemirov A.V., Prihodko Yu.V. Buckwheat Grass Tea Beverages: Row Materials, Production Methods, and Biological Activity. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021; 51(3): 564–573 (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-564-573>
7. Klintsevich V.N., Bushkevich N.V., Flyurik E.A. Phytotea: composition, properties, production (review). *Proceedings of BSTU. Series 2: Chemical engineering, biotechnology, geoecology*. 2021; (1): 5–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/gmvtde>
8. Klykov A.G., Moiseenko L.M., Gorovoy P.G. Biological resources of species of the genus *Fagopyrum* Mill. (buckwheat) in the Russian Far East. Vladivostok: Dalnauka. 2018; 302 (In Russian). ISBN 978-5-8044-1669-1
9. Zielińska D., Turemko M., Kwiatkowski J., Zieliński H. Evaluation of Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of the Aerial Parts of Common and Tartary Buckwheat Plants. *Molecules*. 2012; 17(8): 9668–9682. <https://doi.org/10.3390/molecules17089668>
10. Dražić S. *et al.* Effect of environment of the rutin content in leaves of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Plant, Soil and Environment*. 2016; 62(6): 261–265. <https://doi.org/10.17221/233/2016-PSE>
11. Sobhani M.R., Rahmikhoev G., Majidian D.M., Majidian M. Influence of different sowing date and planting pattern and N rate on buckwheat yield and its quality. *Australian Journal of Crop Science*. 2014; 8(10): 1402–1414.
12. Podolska G. The Effect of Habitat Conditions and Agrotechnical Factors on the Nutritional Value of Buckwheat. Zhou M., Kreft I., Woo S.-H., Chungoo N., Wieslander G. eds. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. Academic Press. 2016; 283–297. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803692-1.00022-5>
13. Kawatra N., Jha G., Dubey A. Study of the phytochemical profile of hydroponically cultivated buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) at different phenological stages. *Biochemical Systematics and Ecology*. 2023; 107: 104612. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104612>
14. Bystrická J. *et al.* Bioactive compounds in different plant parts of various buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cultivars. *Cereal Research Communications*. 2011; 39(3): 436–444. <https://doi.org/10.1556/CRC.39.2011.3.13>
15. Borges C.V., Minatel I.O., Gomez-Gomez H.A., Lima G.P.P. Medicinal Plants: Influence of Environmental Factors on the Content of Secondary Metabolites. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 259–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_15
16. Kreft S., Štrukelj B., Gabersčik A., Kreft I. Rutin in buckwheat herbs grown at different UV-B radiation levels: comparison of two UV spectrophotometric and an HPLC method. *Journal of Experimental Botany*. 2002; 53(375): 1801–1804. <https://doi.org/10.1093/jxb/erf032>
17. Li Yu., Kong D., Fu Yu., Sussman M.R., Wu H. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020; 148: 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>
18. Katerova Z., Todorova D., Sergiev I. Plant Secondary Metabolites and Some Plant Growth Regulators Elicited by UV Irradiation, Light and (or) Shade. Ghorbanpour M., Varma A. eds. *Medicinal Plants and Environmental Challenges*. Cham: Springer. 2017; 97–121. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9_6
19. Ferreira M.I. *et al.* Exclusion of solar UV radiation increases the yield of curcuminoid in *Curcuma longa* L. *Industrial Crops and Products*. 2016; 89: 188–194. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.009>

ОБ АВТОРАХ

Татьяна Владимировна Танашкина¹,
кандидат биологических наук
tatiana.vl.tan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>
Эльвира Юрьевна Осипенко¹,
студент
elvira_osipenko2002@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0555-8092>
Артём Сергеевич Танашкин²,
инженер-исследователь
artyom.tanashkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3340-0938>
Анна Андреевна Семенюта¹,
кандидат технических наук
nyrochka_1988@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>
Владимир Алексеевич Лях¹,
кандидат технических наук
lyah.va@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

¹ Дальневосточный федеральный университет,
пос. Аякс, 10, о. Русский, Владивосток, 690922, Россия

² Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Политехническая ул., 26, Санкт-Петербург, 194021, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Tatiana Vladimirovna Tanashkina¹,
Candidate of Biological Sciences
tatiana.vl.tan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>
Elvira Yurievna Osipenko¹,
Student
elvira_osipenko2002@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-0555-8092>
Artyom Sergeevich Tanashkin²,
Research Engineer
artyom.tanashkin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3340-0938>
Anna Andreevna Semenyuta¹,
Candidate of Technical Sciences
nyrochka_1988@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>
Vladimir Alekseevich Lyakh¹,
Candidate of Technical Sciences
lyah.va@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6999-2210>

¹ Far Eastern Federal University,
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

² A.F. Ioffe Institute of the Russian Academy of Sciences,
26 Polytekhnicheskaya Str., St. Petersburg, 194021, Russia

М.П. Разгонова^{1, 2}, ✉
А.Ш. Сабитов¹,
Т.А. Сенотрусова²,
Н.Г. Ли²,
О.Г. Мурзина³,
Е.А. Русакова³,
Е.Н. Петруша³,
Н.Г. Тихонова¹

¹ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

³ Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, п. Сосновка, Елизовский р-н, Камчатский край, Россия

✉ m.razgonova@vir.nw.ru

Поступила в редакцию:
29.06.2022

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Mayya P. Razgonova^{1, 2}, ✉
Andrey Sh. Sabitov¹,
Tamara A. Senotrusova²,
Natalia G. Lee²,
Olga G. Murzina³,
Elena A. Rusakova³,
Elena N. Petrusha³,
Nadezhda G. Tikhonova¹

¹ Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russia

² Far Eastern Federal University, Russian Island, village Ajax, Vladivostok, Russia

³ Kamchatka Research Institute of Agriculture, village Sosnovka, Elizovsky District, Kamchatka Territory, Russia

✉ m.razgonova@vir.nw.ru

Received by the editorial office:
29.06.2022

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Lonicera caerulea L.: Сравнительное метаболомное исследование полифенольного состава методом tandemной масс-спектрометрии четырех сортов дальневосточной жимолости

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В статье приведено сравнительное метаболомное исследование ягод жимолости синей (*L. caerulea*), сортотипы Волхова, Томичка, Голубое веретено, Амфора, представленные в коллекции Дальневосточной опытной станции ВИР.

Методы. Для определения комплекса вторичных метаболитов в экстрактах ягод жимолости синей. использовали метод tandemной масс-спектрометрии. Для получения высококонцентрированных экстрактов применяли метод фракционной мацерации. В экстрактах ягод *L. caerulea* методом tandemной масс-спектрометрии достоверно идентифицировано 75 соединений полифенольной группы.

Результаты. По результатам качественной идентификации компонентного состава экстрактов ягод жимолости синей построена диаграмма Венна, показывающая сходство и различие по полифенольным группам различных сортотипов *L. caerulea*. Ягоды *L. caerulea* содержат много биологически активных веществ, в частности имеют большое количество соединений с антиоксидантной активностью. Выделенный полифенольный комплекс включал в себя соединения следующих групп: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, антоцианы, стильбены, кумарины, фенольные кислоты. Впервые в экстрактах ягод *L. caerulea* идентифицировано 30 химических соединений полифенольной группы (флавоны пентагидроксидиметоксифлавоны, цирсильол, яцеозидин, софороизофлавоны А, дигидрокситетраметоксифлавоны, хризозирин-О-гексозид, формонетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпиафзелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносильвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.), не упоминавшихся ранее в исследованиях по *L. caerulea*.

Ключевые слова: жимолость синяя, *Lonicera caerulea*, tandemная масс-спектрометрия, ВЭЖХ, полифенолы, метаболом, фракционная мацерация

Для цитирования: Разгонова М.П. и др. *Lonicera caerulea* L. Сравнительное метаболомное исследование полифенольного состава методом tandemной масс-спектрометрии четырех сортов дальневосточной жимолости. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 171–178. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-171-178>

© Разгонова М.П., Сабитов А.Ш., Сенотрусова Т.А., Ли Н.Г., Мурзина О.Г., Русакова Е.А., Петруша Е.Н., Тихонова Н.Г.

Lonicera caerulea L. Comparative metabolomic study of polyphenolic composition by tandem mass spectrometry of four varieties of Far Eastern honeysuckle

ABSTRACT

Relevance. The article presents a comparative metabolomic study of blue honeysuckle (*L. caerulea*) berries, varieties Volhova, Tomichka, Goluboe vereteno, Amfora, presented in the collection of the Far Eastern Experimental Station of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources.

Methods. To determine the complex of secondary metabolites in extracts of blue honeysuckle berries. used the method of tandem mass spectrometry. Fractional maceration was used to obtain highly concentrated extracts. In extracts of *L. caerulea* berries, 75 compounds of the polyphenol group were reliably identified by tandem mass spectrometry.

Results. Based on the results of the qualitative identification of the component composition of blue honeysuckle berry extracts, a Venn diagram was constructed showing the similarity and difference in polyphenol groups of various *L. caerulea* varieties. Berries of *L. caerulea* contain a large amount of biologically active substances, in particular, they have a large number of compounds with antioxidant activity. The isolated polyphenol complex included compounds of the following groups: flavones, flavonols, flavan-3-ols, flavanones, anthocyanins, stilbenes, coumarins, phenolic acids. Also, for the first time in the extracts of *L. caerulea* berries, 30 chemical compounds of the polyphenol group were identified (flavones Pentahydroxydimethoxyflavone, Cirsiliol, jaceosidin, Sophoraisoflavone A, Dihydroxy tetramethoxyflavone, Chrysoeriol-O-hexoside, Formononetin-7-O-glucoside, flavon-3-ols (epi)-Afzelechin, (epi)-Catechin gallate, stilbenes Pinosylvin, Resveratrol, Dihydroresveratrol, coumarins Fraxetin, Umbelliferone, etc.), not previously mentioned in studies on *L. caerulea*.

Key words: honeysuckle blue, *Lonicera caerulea*, tandem mass spectrometry, HPLC, polyphenols, metabolome, fractional maceration

For citation: Razgonova M.P. et al. *Lonicera caerulea* L. Comparative metabolomic study of polyphenolic composition by tandem mass spectrometry of four varieties of Far Eastern honeysuckle. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 171–178 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-171-178>

© Razgonova M.P., Sabitov A.S., Senotrusova T.A., Lee N.G., Murzina O.G., Rusakova E.A., Petrusha E.N., Tikhonova N.G.

Введение/Introduction

По современным представлениям ботанического сообщества под названием жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.) подразумевается весьма изменчивый вид, произрастающий на обширной территории Российской Федерации от самых западных районов до островов Курильской гряды. Из представителей рода жимолостных наиболее известны и широко используются в селекционной работе жимолость камчатская (*Lonicera kamtschatica* P.), жимолость съедобная (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), жимолость алтайская (*Lonicera altaica* Pall.) и жимолость Турчанинова (*L. turczaninowii* Pojark.) [1].

Стратегии метаболизма растений основаны на двух аналитических технологиях — масс-спектрометрии (МС) и ядерном магнитном резонансе (ЯМР). Однако подходы, основанные на ЯМР, уступают подходам, основанным на МС, из-за меньшего количества соединений, которые можно разделить, учитывая его относительно более низкую чувствительность. Несмотря на непрерывный прогресс в технологии МС, изучение метаболома растений является серьезной проблемой в исследованиях метаболизма растений. В настоящее время можно измерить только несколько тысяч метаболитов (> 14 тыс.), в то время как в царстве растений ожидается от 200 тыс. до 1 млн метаболитов, и его анализ зависит от концентрации. Из-за широкого динамического диапазона концентраций растительных метаболитов и высокого химического разнообразия ни одна аналитическая технология не может охватить весь растительный метаболом, поэтому для анализа часто используются различные методы экстракции и комбинация дополнительных аналитических технологий.

Использование tandemного масс-спектрометра позволяет исследовать структурные особенности извлечений на основании масс-спектров, получаемых за счет различных типов фрагментации, без предварительного выделения индивидуальных соединений. Высокая селективность и чувствительность этого метода позволяют во многих случаях избегать (или существенно облегчать) выполнение трудоемких процедур выделения, очистки и концентрирования целевых компонентов. В исследовании использовали метод tandemной масс-спектрометрии для определения комплекса вторичных метаболитов. Были обнаружены полифенольные комплексы в экстрактах ягод жимолости синей

L. caerulea (сортаобразцы Амфора, Голубое веретено, Томичка, Волхова), культивируемых на Дальневосточной опытной станции — филиале ВИР.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объектом исследования были ягоды жимолости синей *L. caerulea* (сортаобразцы Амфора, Голубое веретено, Томичка, Волхова) урожая 2022 года. Все образцы морфологически аутентифицированы в соответствии с действующим стандартом Фармакопеи Евразийского экономического союза¹.

Химические вещества и реагенты. Ацетонитрил для ВЭЖХ (Fisher Scientific, Великобритания), муравьиная кислота (Sigma-Aldrich, Германия). Сверхчистую воду готовили из SIEMENS ULTRA clear (SIEMENS, Германия), все остальные реагенты имели аналитическую чистоту.

Для получения высококонцентрированных экстрактов применяли метод фракционной мацерации [2]. Из 500 г ягод жимолости синей *L. caerulea* (Волхова, Томичка, Голубое веретено, Амфора) для мацерации случайным образом отбирали по 50 г ягод каждого сорта. Общее количество экстрагента (спирт этиловый х.ч.) делили на три части, причем последовательно настаивали с первой, второй и третьей частями. Соотношение твердое вещество — растворитель — 1:20. Настаивание каждой части экстрагента продолжалось семь дней при комнатной температуре.

ВЭЖХ проводили с использованием ВЭЖХ Shimadzu LC-20 Prominence (Shimadzu, Киото, Япония), оснащенной УФ-датчиком и обращенно-фазовой колонкой с двуокисью кремния C18 (4,6 × X150 мм, размер частиц — 2,7 мкм) для разделения многокомпонентных смесей. Программа градиентного элюирования двумя подвижными фазами (А — деионизированная вода, Б — ацетонитрил с муравьиной кислотой 0,1 % по объему) была следующей: 0–2 мин., 0 % Б; 2–50 мин., 0–100% Б; контрольная промывка — 50–60 мин., 100% Б. Весь ВЭЖХ-анализ проводили с использованием видимого УФ-детектора SPD-20A (Shimadzu, Киото, Япония) при длине волны 230 нм для идентификации соединений; температура составляла 50°C, а общая скорость потока — 0,25 мл/мин. Объем инъекции — 10 µL. Кроме того, жидкостная хроматография была объединена с масс-спектрометрической ионной ловушкой для идентификации соединений.

Масс-спектрометрический анализ проводили на ионной ловушке amaZon SL (BRUKER DALTONIKS, Германия), оснащенной источником ESI в режиме отрицательных ионов. Оптимизированные параметры получены следующим образом: температура источника ионизации — 70 °C, расход газа — 4 л/мин., распыляющий газ (распылитель) — 7,3 psi, капиллярное напряжение: 4500 В, напряжение изгиба торцевой пластины — 1500 В, фрагментарное — 280 В, энергия столкновения — 60 эВ. Ионная ловушка использовалась в диапазоне сканирования m/z 100–1.700

Рис. 1. А — ягоды *L. caerulea* (сортаобразец Томичка); Б — ягоды *L. caerulea* (сортаобразец Голубое веретено). Источник: фотоархив Дальневосточной опытной станции — филиала ВИР

Fig. 1. А — Berries of *L. caerulea* (variety specimen Tomichka); Б — Berries of *L. caerulea* (variety specimen Blue spindle). Source: photo archive of the Far Eastern Experimental Station of VIR



а)



б)

¹ Фармакопея Евразийского экономического союза, утверждено Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии No. 100 (11.08.2020). <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/LSMI/Documents/Фармакопея%20Союза%2011%2008.pdf>

для МС и МС/МС. Химические компоненты идентифицировали путем сравнения их индекса удерживания, масс-спектров и масс-спектрометрической фрагментации с базой данных библиотеки, созданной Группой биотехнологии, биоинженерии и пищевых систем Дальневосточного федерального университета (Россия) на основе данных других спектроскопических методов, таких как ядерный магнитный резонанс (ЯМР), ультрафиолетовая спектроскопия и МС, а также данных из научной литературы, которые постоянно обновляются и пересматриваются. Скорость захвата составляла 1 спектр/с для МС и 2 спектра/с для МС/МС. Сбор данных контролировался программным обеспечением Windows для BRUKER DALTONIKS («Биллерика», Массачусетс, США).

Все опыты повторялись трижды. Реализован четырехстадийный режим разделения ионов (режим МС/МС).

Структурную идентификацию каждого соединения проводили на основе их точной массы и фрагментации МС/МС с помощью ВЭЖХ–ЭСИ–ионная ловушка–МС/МС.

Результаты и обсуждения /

Results and discussion

В результате исследований предварительно идентифицировано 75 соединений полифенольного класса из экстрактов ягод *L. caerulea*. Все идентифицированные полифенолы и другие соединения, а также молекулярные формулы и данные МС/МС для *L. caerulea* приведены в таблице 1. Полифенолы представлены следующими химическими группами: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, фенольные кислоты, антоцианы, стильбены, кумарины. Впервые в ягодах *L. caerulea* идентифицировано 30 новых соединений из группы полифенолов. Это флавоны: пентагидроксидиметоксифлаван, цирсилийол, яцеозидин, софора-изофлаван А, дигидрокситетраметоксифлаван, хризозериол-О-гексозид, формононетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпифазелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносильвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.

Таблица 1. Химические соединения полифенольной группы, идентифицированные в экстракте ягод *L. caerulea* в позитивной и негативной ионизационных модах методом тандемной масс-спектрометрии

Table 1. Chemical compounds of the polyphenol group identified in the extract of *L. caerulea* berries in positive and negative ionization modes by tandem mass spectrometry

*Полифенольные соединения, впервые упомянутые в экстрактах *L. caerulea*.

N	Класс соединения	Идентификация	Химическая формула	Молярная масса	Аддукт-ион [M-H] ⁻	Аддукт-ион [M+H] ⁺	Фрагментация 1-го порядка МС/МС	Фрагментация 2-го порядка МС/МС	Фрагментация 3-го порядка МС/МС	Источники
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Флаван	Апигенин [5,7-дигидрокси-2-(4-гидроксифенил)-4Н-хромен-4-он]	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270,236		271	225	179		<i>Phlomis</i> (Lamiaceae) [2]; мята [3]; <i>Lonicera henryi</i> [4]
2	Флаван	Тригидрокси(изо)флаван	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	270,236		271	197	129		Прополис [5]
3	Флаван	5,6,4'-тригидрокси-7,8-диметоксифлаван	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330,288		331	303; 185	203	157	Мята [3, 6]; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. harrerae</i> [7]
4	Флаван	Яцеозидин [5,7,4'-тригидрокси-6,5'-диметоксифлаван]*	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330,288		331	303; 203	203; 157	175	Мята [3, 6]
5	Флаван	Цирсилийол*	C ₁₇ H ₁₄ O ₇	330,288	329		229; 311	211	211	<i>Ocimum</i> [8]
6	Флаван	Софораизофлаван А*	C ₂₀ H ₁₆ O ₆	352,337		353	335; 294; 235; 195	317; 277; 229		Китайская травяная формула Цзянь-Пи-И-Шэнь [9]
7	Флаван	Пентагидроксидиметоксифлаван*	C ₁₇ H ₁₄ O ₉	362,287		363	344; 300; 256	238; 146		<i>G. linguiforme</i> [7]
8	Флаван	Дигидрокситетраметоксифлаван*	C ₁₉ H ₁₈ O ₈	374,341		375	345	245	175; 227	Прополис [5]
9	Флаван	Лютеолин 7-О-глюкозид [цинарозид]	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₁	448,376		449	297	269	241	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
10	Флаван	Хризозериол О-гексозид*	C ₂₂ H ₂₂ O ₁₁	462,403		463	445; 243			<i>Triticum aestivum</i> L. [12]
11	Флаван	Формононетин-7-О-глюкозид-6-О-малонат*	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₂	516,450		517	271	243		Корень астрагала [13]
12	Флаван	Акацетин 8-С-глюкозид малонилированный*	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₃	532,450		533	471; 411; 315	424; 281	305; 263	Мексиканские виды люпина [14]
13	Флаван	Каликозин-7-О-β-D-глюкозид-6-О-малонат*	C ₂₅ H ₂₄ O ₁₃	532,450		533	287	273; 236		Корень астрагала [13]
14	Флаван	Производное хризина	C ₂₆ H ₂₄ O ₁₄	560,460	559		277	233; 177		<i>Embelia</i> [15]
15	Флаван	С-гексозил-апигенин О-рамнозид*	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₄	578,518		579	561; 337; 317	319; 262	161	<i>Triticum aestivum</i> [16]
16	Флаван	Лоницерин [лютеолин-7-О-рамнозид; лютеолин-7-рамнозид]	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	594,518		595	449; 287	287	287; 153	<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Exocarpium Citri Grandis</i> [17]
17	Флаван	Лютеолин 7-О-(6-О-арабинозил)глюкозид	C ₂₆ H ₂₈ O ₁₅	580,491		581	287	153; 241; 287		<i>Lonicera henryi</i> [4]
18	Флавонол	Кемпферол	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286,236		287	269; 149	239; 181		<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]
19	Флавонол	Дигидроккемпферол	C ₁₅ H ₁₂ O ₆	288,252	287		259	215	173	Андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Camellia kucha</i> [20]
20	Флавонол	Рамноцитрин*	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	300,262		301	273	245	217; 177; 131	Корень астрагала [13]; мята [21]
21	Флавонол	Кверцетин	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302,235		303	257; 146	229	201; 145	<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10; 22]; <i>Ribes meyeri</i> [18]
22	Флавонол	Гербацетин [3,5,7,8-тетрагидрокси-2-(4-гидроксифенил)-4Н-хромен-4-он]*	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302,235		303	203	175		<i>Ocimum</i> [8]
23	Флавонол	Рамнетин II *	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	316,262		317	302	274; 153; 121	229; 153; 121	<i>Spondias purpurea</i> [23]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	Флавонол	Изорамнетин [кверцетин 3'-метилвый эфир; 3-метилкверцетин]	$C_{16}H_{12}O_7$	316,262	315		283	255; 211	227	<i>Vaccinium meridionale</i> [19]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [22]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
25	Флавонол	Кемпферол-3-О- α -L-рамнозид*	$C_{21}H_{20}O_{10}$	432,377		433	287	187		<i>C. edulis</i> ; <i>F. glaucescens</i> [7]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
26	Флавонол	Кверцетин 3-О-глюкозид [изокверцитрин; кверцетин-3-О-глюкопиранозид; 3-глюкозилкверцетин]	$C_{21}H_{20}O_{12}$	464,376		465	303	229; 165	201; 161	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; клюква [25]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
27	Флавонол	Кемпферол 3-О-рутинозид	$C_{27}H_{30}O_{15}$	594,518		595	449; 287	287	287	<i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
28	Флавонол	Кверцетин 3-О-пентозил-гексозид	$C_{26}H_{28}O_{16}$	596,490		597	303; 257; 211	257; 195; 165	229	<i>F. pottsi</i> [7]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
29	Флавонол	Рутин (кверцетин 3-О-рутинозид)	$C_{27}H_{30}O_{16}$	610,517		611	303	257; 165	229	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Spondias purpurea</i> [23]
30	Флавонол	Изорамнетин 3-О-(6"-О-рамнозил-гексозид)	$C_{28}H_{32}O_{16}$	624,544		625	317	302		<i>Lonicera henryi</i> [4]
31	Флавонол	Диметилкверцетин-3-О-дигексозид *	$C_{29}H_{34}O_{17}$	654,570	653		507; 353; 311	329	287; 190	<i>Capsicum annum</i> [27]
32	Флавонол	Производное рамнозилгексозид кверцетина	$C_{36}H_{46}O_{22}$	830,737	829		609	301	300	База данных химических соединений Pubchem
33	Флаван-3-ол	Эпиафзелехин [(эпи)афзелехин]*	$C_{15}H_{14}O_5$	274,268		275	245; 219; 175	215; 193; 175; 157; 127	175; 157; 145	<i>A. cordifolia</i> ; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. herrerae</i> [7]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
34	Флаван-3-ол	Эпикатехин	$C_{15}H_{14}O_6$	290,268		291	273; 137			<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
35	Флаван-3-ол	Галлокатехин	$C_{15}H_{14}O_7$	306,267		307	261; 243; 163; 137	187; 159	131	<i>G. linguiforme</i> [7]; <i>Embellia</i> [15]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
36	Флаван-3-ол	Производное афзелехина	$C_{18}H_{16}O_{10}$	392,313		393	275; 245; 215	245; 175	175; 127	<i>Zostera marina</i> [28]
37	Флаван-3-ол	Производное эпикатехина	$C_{18}H_{16}O_{11}$	408,313		409	291; 275	261; 242; 208; 173	244; 214; 191; 173; 160; 124	База данных химических соединений Pubchem
38	Флаван-3-ол	Эпикатехин галлат [(-)-эпикатехин-3-О-галлат; L-эпикатехин галлат]*	$C_{22}H_{18}O_{10}$	442,372	441		330; 139	150		Китайская травяная формула Цзянь-Пи-И-Шэнь [9]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Camellia kucha</i> [20]; <i>Cassia abbreviata</i> [24]
39	Флаванон	Нарингенин [нарингетол] *	$C_{15}H_{12}O_5$	272,522		273	153; 189	111		<i>G. linguiforme</i> [7]; мексиканские виды люпина [14]; <i>Exocarpium Citri Grandis</i> [17]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]
40	Флаванон	Бутин [7,3,4'-тригидроксифлаванон]	$C_{15}H_{12}O_5$	272,068		273	153	171	153	<i>Ribes meyeri</i> [18]
41	Антоциан	Антоцианидин [хлорид цианидина; цианидин]	$C_{15}H_{11}O_6^+$	287,244		287	286; 270; 247; 205	221		<i>F. herrerae</i> [7]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]
42	Антоциан	Петунидин	$C_{16}H_{13}O_7^+$	317,270		318	256	238; 113	238	<i>A. cordifolia</i> ; <i>C. edulis</i> [7]
43	Антоциан	Пеларгонидин-3-О-глюкозид (каллистефин)	$C_{21}H_{21}O_{10}$	433,385		431	257; 331	227	215	<i>Rubus ulmifolius</i> [29]; черная смородина, бузина [30]
44	Антоциан	Дельфинидин 3-О-глюкозид	$C_{21}H_{21}O_{12}^+$	465,390		465	303	257; 165	229; 201	<i>Berberis lycium</i> [31]; <i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> ; <i>Ribes maellanicum</i> ; <i>Ribes cucullatum</i> ; <i>Myrteola nummularia</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
45	Антоциан	Пеларгонидин -О-(6-О-малонил- β -D-глюкозид)	$C_{24}H_{23}O_{13}$	519,438		519	271	243	197	<i>Gentiana lutea</i> [34]; <i>Triticum aestivum</i> [35]
46	Антоциан	Дельфинидин 3-О- β -D-самбубиозид	$C_{26}H_{29}O_{16}$	597,498		597	303; 465; 229	229; 165	201; 172	<i>Berberis microphylla</i> [32, 33]; <i>Triticum aestivum</i> [35]
47	Антоциан	Дельфинидин 3-О-рутинозид [дельфинидин 3-рамнозилглюкозид]	$C_{27}H_{31}O_{16}$	611,525		611	303	257; 165	229	<i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> ; <i>Ribes maellanicum</i> ; <i>Ribes cucullatum</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
48	Антоциан	Петунидин-3-рутинозид	$C_{28}H_{33}O_{16}$	625,552		625	317; 479	302; 139	274; 229; 153	<i>Berberis ilicifolia</i> ; <i>Berberis empetrifolia</i> [32]; <i>Berberis microphylla</i> [33]
49	Гидроксibenзойная кислота	Протокатеховая кислота	$C_7H_6O_4$	154,120		155	127			<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [14]; <i>Ribes meyeri</i> [25]
50	Гидроксibenзойная кислота	Кофейная кислота [(2Е)-3-(3,4-дигидроксибензил)акриловая кислота]	$C_9H_8O_4$	180,157		181	135	119		<i>Vaccinium macrocarpon</i> [13]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; <i>Ribes meyeri</i> [18]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
51	Метилbenзойная кислота	Метилгалловая кислота [метилгаллат]*	$C_8H_8O_5$	184,146		185	139	111		Эвкалипт [36]
52	Трансbenзойная кислота	Феруловая кислота	$C_{10}H_{10}O_4$	194,184	193		176	132		<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Ribes nigrum</i> [37]
53	Фенольная кислота	Гидроксибензоевая кислота*	$C_{10}H_{12}O_4$	196,199		197	188	179		<i>F. herrerae</i> ; <i>F. glaucescens</i> [7]
54	Фенольная кислота	2,3,4,5,6-пентагидроксibenзойная кислота*	$C_7H_6O_7$	202,118		203	156	129		<i>Jatropha</i> [38]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
55	Гидроксикоричная кислота	Гидроксиферуловая кислота*	$C_{10}H_{10}O_5$	210,183		211	193	75; 147	157; 129	Андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Rosa davurica</i> [39]
56	Гидроксикоричная кислота	Синаповая кислота	$C_{11}H_{12}O_5$	224,21		225	207; 179	151; 123	123	<i>Vaccinium macrocarpon</i> [10]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]
57	Фенольная кислота	2,4,6-тригидрокси-3,5-диметоксибензойная кислота*	$C_9H_{10}O_7$	230,171		230	212	195		Актинидия [40]
58	Гидроксикоричная кислота	Эллаговая кислота [бензоаровая кислота; элагостазин]	$C_{14}H_6O_8$	302,192	301		257	229	201	Эвкалипт [36]
59	Фенольная кислота	6-Гидрокси-3-метокси-4-О-β-D-глюкопиранозид*	$C_{14}H_{20}O_{10}$	348,302	347		301; 165	165; 137		Актинидия [40]
60	Гидроксикоричная кислота	Хлорогеновая кислота [3-О-кофеиллиновая кислота]	$C_{16}H_{18}O_9$	354,308	353		191	127		<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Vaccinium macrocarpon</i> [10; 21]; <i>Lonicera japonica</i> [11]; андская голубика (<i>Vaccinium meridionale</i>) [19]; <i>Spondias purpurea</i> [23]; <i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
61	Гидроксикоричная кислота	3-О-гидроксидигидрокофеиллиновая кислота	$C_{16}H_{20}O_{10}$	372,324	371		191	173; 127		<i>Lonicera henryi</i> [4]
62	Фенольная кислота	Производное кофеиллиновой кислоты		382,663	381		179; 135	135		<i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
63	Флавоноид	п-кумарилгексоза-4-О-гексозид*	$C_{25}H_{28}O_{10}$	488,483		489	327	299; 253	253; 225	<i>Gmelina arborea</i> [41]
64	Фенольная кислота	3,4-О-дифеоллихиновая кислота [изохлорогеновая кислота В]	$C_{25}H_{24}O_{12}$	516,450	515		353	191	173	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
65	Фенольная кислота	4,5-О-дифеоллихиновая кислота [изохлорогеновая кислота С]	$C_{25}H_{24}O_{12}$	516,450	515		353	191	171	<i>Lonicera henryi</i> [4]; <i>Lonicera japonica</i> [11]
66	Фенольная кислота	р-кумарил малонилдигексоза		574,831		575	413; 335; 188	395; 340; 226; 188	346; 290; 211	<i>Vaccinium myrtillus</i> [26]
67	Фенольная кислота	Дифеоллихиновая кислота*		692,22		693	353; 261	335; 261; 135	243; 149	<i>Artemisia annua</i> [42]
68	Стильбен	пиносильвин [3,5-стильбендиол]*	$C_{14}H_{12}O_2$	212,243		213	167; 139	139		<i>Pinus resinosa</i> [43]; <i>Pinus sylvestris</i> [44]
69	Стильбен	Ресвератрол [транс-ресвератрол; 3,4,5-тригидроксистилен]*	$C_{14}H_{12}O_3$	228,243		229	211	183; 127	138	<i>A. cordifolia</i> ; <i>F. glaucescens</i> ; <i>F. herrerae</i> [7]; <i>Embelia</i> [15]; корень горца многоцветкового [45]
70	Стильбен	Дигидроресвератрол [α, β-дигидроресвератрол]*	$C_{14}H_{14}O_3$	230,259		231	214; 158	196; 168		<i>Maackia amurensis</i> [46]
71	Гидроксикумарин	Умбеллиферон [схимметин]*	$C_9H_6O_3$	162,142		163	145	117		<i>F. glaucescens</i> [7]; <i>Zostera marina</i> [28]; актинидия [40]; <i>Sanguisorba officinalis</i> [47]
72	Кумарин	Фраксетин*	$C_{10}H_8O_5$	208,167		209	191	117		<i>Embelia</i> [15]; <i>Jatropha</i> [38]; актинидия [40]
73	Кумарин	3,4/6,8-дигидро-5,7-дигидрокси-2-оксо-2Н-1-бензопиран-3-уксусная кислота	$C_{11}H_{10}O_6$	238,193		239	221	203	185	Актинидия [40]
74	Кумарин	Умбеллиферона гексозид*	$C_{15}H_{16}O_8$	324,282		325	289; 127	271; 127	253; 146	<i>G. linguiforme</i> [7]
75	Кумарин	7-(β-D-глюкопиранозид/галактопиранозид)-2-оксо-2Н-1-бензопирано-4-уксусная кислота	$C_{17}H_{18}O_{10}$	382,318		383	163; 365	145		Актинидия [40]

* Полифенольные соединения, впервые упомянутые в экстрактах *L. caerulea*.

Рис. 2. Из экстрактов *L. caerulea* (отношение массы иона к его заряду) (m/z) 229.18

Fig. 2. CID — spectrum of resveratrol isolated from *L. caerulea* extracts (ratio of ion mass to its charge) (m/z) 229.18

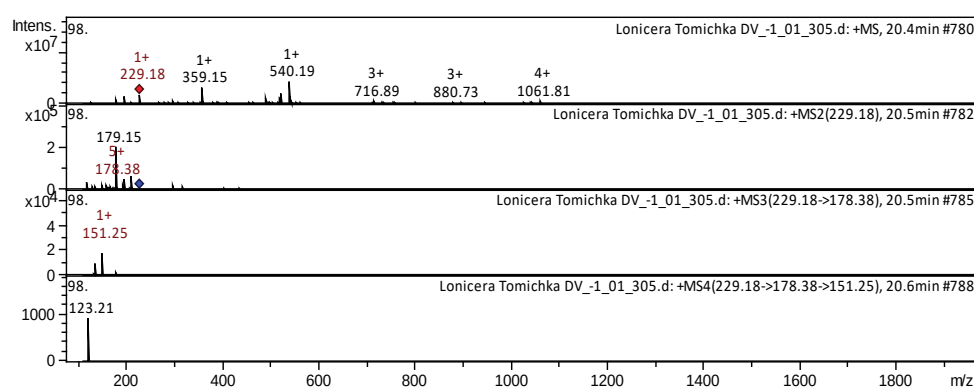


Рисунок 2 представляет расшифровку спектра (CID — спектр) хроматограммы, полученной методом tandem-масс-спектрометрии. CID — спектр, представленный в позитивных модах, стиленба ресвератрола, выделенного из экстрактов *L. caerulea* (рис. 2).

[M+H]⁺ ион продуцирует один фрагментарный ион с m/z 178.38 (рис. 2). Фрагментарный ион с m/z 178.38 продуцирует следующий дочерний ион с m/z 151.25. В свою очередь, фрагментарный ион с m/z 151.25 продуцирует один дочерний ион с m/z 123.21. Данная

Рис. 3. Диаграмма Венна, показывающая сходство и различие по полифенольным группам различных сортов *L. caerulea*. Автор: Разгонова М.П.

Fig. 3. Venn diagram showing the similarities and differences in polyphenol groups of various *L. caerulea* accessions. Author: Razgonova M.P.

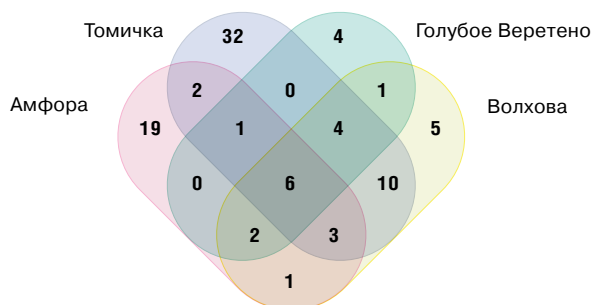


Таблица 2. Количество элементов, анализируемых в отдельном сортообразце и общее количество анализируемых элементов.
Table 2. The number of elements analyzed in a separate variety sample and the total number of analyzed elements.

Название сортообразца	Количество элементов, анализируемых в отдельном сортообразце	Количество анализируемых элементов
Амфора	34	34
Голубое веретено	58	58
Томичка	18	18
Волхова	32	32
Общее количество анализируемых элементов		90

фрагментация в научной литературе идентифицируется как фрагментация ресвератрола. Подобные фрагментации указаны в литературе в следующих растительных матрицах: *A. cordifolia*, *F. glaucescens*, *F. herrerae* [7], *Embelia* [15], *Radix polygoni multiflora* [45].

Построена диаграмма Венна², которая показывает совпадения и различия по различным полифенольным группам из экстрактов *L. caerulea* (сортообразцы Амфора, Голубое веретено, Волхова, Томичка) (рис.3).

В таблице 2 представлены количество элементов, анализируемых в отдельных сортообразцах (Амфора, Томичка, Голубое веретено, Волхова) и общее количество анализируемых элементов.

В таблице 3 детально проанализированы данные по диаграмме Венна.

Данные таблицы 3 свидетельствуют о достаточно большом количестве совпадений по полифенольной группе, представленных для анализа сортообразцов (Амфора, Томичка, Голубое веретено, Волхова).

Выводы/Conclusions

Ягоды *L. caerulea* содержат большое количество биологически активных веществ, в частности имеют большое полифенольное содержание. Методами tandemной масс-спектрометрии было достоверно выделено 75 соединений полифенольного комплекса из сортообразцов жимолости синей *L. caerulea* (сортообразцы Амфора,

Таблица 3. Анализ диаграммы Венна.

Table 3. Venn diagram analysis.

Сорто-образцы	Совпадения	Название соединения
Амфора; Голубое веретено; Томичка; Волхова	6	Кемпферол; гербацетин; 2,3,4,5,6-пентагидроксibenзойная кислота; Изопрениловый эфир кофейной кислоты; Гистидин; Анонаин
Амфора; Голубое веретено; Томичка	1	Гидроксиферуловая кислота
Амфора; Томичка; Волхова	3	Кверцетин; гидроксидедекановая кислота; Рамноцитрин
Амфора; Голубое веретено; Волхова	2	Яцеозидин; 8,9,10-пентагидроксibenзо[bd]пиран-6-он
Амфора; Томичка	2	Сеспендол; фраксетин
Томичка; Волхова	8	Гидроксиметоксидиметилбензойная кислота; метилгалловая кислота; изорамнетин 3-О-(6"-О-рамнозил-гексозид); ресвератрол; изорамнетин; р-кумарил малонилдигексоза; эллаговая кислота; дельфинидин 3-О-глюкозид
Голубое веретено; Волхова	1	Производное эпиафзелехина
Амфора	12	Тригидроксиизофлаван; 6-гидрокси-3-метокси-4-О-β-D-глюкопиранозид; галлокатехин; пеларгонидин-3-О-глюкозид; хризозариол О-гексозид; пеларгонидин 3-О-(6-О-malonyl-β-D-глюкозид); 7-дигидрокси-2-оксо-2Н-1-бензопиран-3-этановая кислота; формонетин-7-О-глюкозид-6-О-малонат; диметилкверцетин-3-О-дегексозид; С-гексозил-апигенин О-рамнозил; цирсилол; апигенин
Томичка	22	Рутин; умбеллиферон; кофейная кислота; петунидин-3-рутинозид; кверцетин 3-О-глюкозид; синаповая кислота; дельфинидин 3-О-рутинозид; (-)-эпикатехин галлат; нарингенин; пентагидроксидиметоксифлаван; 5-О-дикофеилхиновая кислота; гексозид умбеллиферона; феруловая кислота; производное кофейлихиновой кислоты; п-кумарилгексоза-4-О-гексозид; 7-(β-D-глюкопиранозид/галактопиранозид)-2-оксо-2Н-1-бензопиран-4-этановая кислота; дикаффеилферуилхиновая кислота; лоничерин; дельфинидин 3-О-β-D-самбубиозид; кемпферол 3-О-рутинозид; хлорогеновая кислота; кверцетин 3-О-пентозид гексозид
Голубое веретено	3	Дигидрокси-тетраметоксиизофлаван; пиносильвин; каликозин-7-О-β-D-глюкозид-6"-О-малонат;
Волхова	3	Бутин; 4-О-дикофеилхиновая кислота; производное от кверцетин рамнозил гексозид

Томичка, Голубое веретено, Волхова), произрастающих на плантациях Дальневосточной опытной станции — филиала ВИР. Выделенный полифенольный комплекс включал в себя соединения следующих групп: флавоны, флавонолы, флаван-3-олы, флаваноны, антоцианы, стильбены, кумарины, фенольные кислоты.

Следует отметить, что была обнаружена большая группа полифенольных соединений (30 соединений), ранее не отмеченная другими исследователями в роду *L. caerulea*. Это пентагидроксидиметоксифлаван, цирсилол, яцеозидин, софаразофлаван А, дигидрокситетраметоксифлаван, хризозариол-О-гексозид, формонетин-7-О-глюкозид, флаван-3-олы эпиафзелехин, эпикатехин галлат, стильбены пиносильвин, ресвератрол, дигидроресвератрол, кумарины фраксетин, умбеллиферон и др.

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.

² <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/%D1%81%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D1%8B-%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0-d746a2ce-ed61-47a7-93fe-7c101940839d>

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова» за счет средств гранта РНФ № 23-74-00044

FUNDING

The study was carried out at the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after V.I. N.I. Vavilov" at the expense of the RNF grant No. 23-74-00044,

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / REFERENCES

- Azmir J. *et al.* Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 2013; 117(4): 426–436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Aghakhani F., Kharazin N., Gooini Z.L. Flavonoid Constituents of *Phlomis* (Lamiaceae) Species Using Liquid Chromatography Mass Spectrometry. *Phytochemical Analysis*. 2018; 29(2): 180–195. <https://doi.org/10.1002/pca.2733>
- Marzouk M.M., Hussein S.R., Elkhateeb A., El-shabrawy M., Abdel-Hameed E.-S.S., Kawashty S.A. Comparative study of *Mentha* species growing wild in Egypt: LC-ESI-MS analysis and chemosystematic significance. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 2018; 8(08): 116–122. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.8816>
- Jaiswal R., Müller H., Müller A., Karar M.G.E., Kuhnert N. Identification and characterization of chlorogenic acids, chlorogenic acid glycosides and flavonoids from *Lonicera henryi* L. (Caprifoliaceae) leaves by LC–MS². *Phytochemistry*. 2014; 108: 252–263. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.08.023>
- Belmehdi O. *et al.* Synergistic interaction between propolis extract, essential oils, and antibiotics against *Staphylococcus epidermidis* and methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Secondary Metabolite*. 2021; 8(3): 195–213. <https://doi.org/10.21448/ijsm.947033>
- Xu L.-L. *et al.* Analysis of Non-Volatile Chemical Constituents of *Menthae Haplocalycis* Herba by Ultra-High Performance Liquid Chromatography-High Resolution Mass Spectrometry. *Molecules*. 2017; 22(10): 1756. <https://doi.org/10.3390/molecules22101756>
- Hamed A.R., El-Hawary S.S., Ibrahim R.M., Abdelmohsen U.R., El-Halawany A.M. Identification of Chemopreventive Components from Halophytes Belonging to Aizoaceae and Cactaceae Through LC/MS–Bioassay Guided Approach. *Journal of Chromatographic Science*. 2021; 59(7): 618–626. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmaa112>
- Pandey R., Kumar B. HPLC–QTOF–MS/MS-based rapid screening of phenolics and triterpenic acids in leaf extracts of *Ocimum* species and their interspecies variation. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 2016; 39(4): 225–238; <https://doi.org/10.1080/10826076.2016.1148048>
- Wang F. *et al.* Chemical characterisation and quantification of the major constituents in the Chinese herbal formula Jian-Pi-Yi-Shen pill by UPLC-Q-TOF-MS/MS and HPLC-QQQ-MS/MS. *Phytochemical Analysis*. 2020; 31: 915–929. <https://doi.org/10.1002/pca.2963>
- Abeywickrama G., Debnath S.C., Ambigaipalan P., Shahidi F. Phenolics of selected cranberry genotypes (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) and their antioxidant efficacy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(49): 9342–9351. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04291>
- Cai Z. *et al.* Comparison of Multiple Bioactive Constituents in the Flower and the Caulis of *Lonicera japonica* Based on UFLC-QTRAP-MS/MS Combined with Multivariate Statistical Analysis. *Molecules*. 2019; 24(10): 1936. <https://doi.org/10.3390/molecules24101936>
- Wojakowska A., Perkowski J., Góról T., Stobiecki M. Structural characterization of flavonoid glycosides from leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.) using LC/MS/MS profiling of the target compounds. *Journal of Mass Spectrometry*. 2013; 48(3): 329–339. <https://doi.org/10.1002/jms.3160>
- Zhang J., Xu X.-J., Xu W., Huang J., Zhu D.-y., Qiu X.-H. Rapid Characterization and Identification of Flavonoids in *Radix Astragali* by Ultra-High-Pressure Liquid Chromatography Coupled with Linear Ion Trap-Orbitrap Mass Spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*. 2015; 53(6): 945–952. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmu155>
- Wojakowska A. *et al.* Structural analysis and profiling of phenolic secondary metabolites of Mexican lupine species using LC–MS techniques. *Phytochemistry*. 2013; 92: 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.04.006>
- Vijayan K.P.R., Raghu A.V. Tentative characterization of phenolic compounds in three species of the genus *Embelia* by liquid chromatography coupled with mass spectrometry analysis. *Spectroscopy Letters*. 2019; 52(10): 653–670. <https://doi.org/10.1080/00387010.2019.1682013>
- Cavaliere C., Foglia P., Pastorini E., Samperi R., Laganà A. Identification and mass spectrometric characterization of glycosylated flavonoids in *Triticum durum* plants by high-performance liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*. 2005; 19(21): 3143–3158. <https://doi.org/10.1002/rcm.2185>
- Zeng X. *et al.* UFLC-Q-TOF-MS/MS-Based Screening and Identification of Flavonoids and Derived Metabolites in Human Urine after Oral Administration of *Exocarpium Citri Grandis* Extract. *Molecules*. 2018; 23(4): 895. <https://doi.org/10.3390/molecules23040895>
- Zhao Y. *et al.* Rapid qualitative profiling and quantitative analysis of phenolics in *Ribes meyeri* leaves and their antioxidant and antidiabetic activities by HPLC-QTOF-MS/MS and UHPLC-MS/MS. *Journal of Separation Science*. 2021; 44(7): 1404–1420. <https://doi.org/10.1002/jssc.202000962>
- Aita S.E. *et al.* Andean Blueberry of the Genus *Disterigma*: A High-Resolution Mass Spectrometric Approach for the Comprehensive Characterization of Phenolic Compounds. *Separations*. 2021; 8(5): 58. <https://doi.org/10.3390/separations8050058>
- Qin D. *et al.* Identification of key metabolites based on non-targeted metabolomics and chemometrics analyses provides insights into bitterness in *Kucha* [*Camellia kucha* (Chang et Wang) Chang]. *Food Research International*. 2020; 138(B): 109789. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109789>
- Li X., Tian T. Phytochemical Characterization of *Mentha spicata* L. Under Differential Dried-Conditions and Associated Nephrotoxicity Screening of Main Compound With Organ-on-a-Chip. *Frontiers in Pharmacology*. 2018; 9: 1067. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01067>
- Rafsanjany N., Senker J., Brandt S., Dobrindt U., Hensel A. In Vivo Consumption of Cranberry Exerts ex Vivo Antiadhesive Activity against *FimH*-Dominated Uropathogenic *Escherichia coli*: A Combined in Vivo, ex Vivo, and in Vitro Study of an Extract from *Vaccinium macrocarpon*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63(40): 8804–8818. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03030>
- Engels C., Gräter D., Esquivel P., Jiménez V.M., Gänzle M.G., Schieber A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra-high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Food Research International*. 2012; 46(2): 557–562. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.003>
- Sobeh M., Mahmoud M.F., Abdelfattah M.A.O., Cheng H., El-Shazly A.M., Wink M. A proanthocyanidin-rich extract from *Cassia abbreviata* exhibits antioxidant and hepatoprotective activities in vivo. *Journal of Ethnopharmacology*. 2018; 213: 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.007>
- Wang Y., Vorsa N., Harrington P.D.B., Chen P. Nontargeted Metabolomic Study on Variation of Phenolics in Different Cranberry Cultivars Using UPLC-IM — HRMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018; 66(46): 12206–12216. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05029>
- Liu P., Lindstedt A., Markkinen N., Sinkkonen J., Suomela J.-P., Yang B. Characterization of Metabolite Profiles of Leaves of Bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014; 62(49): 12015–12026. <https://doi.org/10.1021/jf503521m>
- Pascale R. *et al.* Profiling of quercetin glycosides and acyl glycosides in sun-dried pepperoni di Senise peppers (*Capsicum annuum* L.) by a combination of LC-ESI(-)–MS and polarity prediction in reversed-phase separations. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2020; 412(12): 3005–3015. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02547-2>
- Razgonova M.P., Tekutyeva L.A., Podvolotskaya A.B., Stepochkina V.D., Zakharenko A.M., Golokhvast K. *Zostera marina* L.: Supercritical CO₂-Extraction and Mass Spectrometric Characterization of Chemical Constituents Recovered from Seagrass. *Separations*. 2022; 9(7): 182. <https://doi.org/10.3390/separations9070182>
- Da Silva L.P. *et al.* *Rubus ulmifolius* Schott fruits: A detailed study of its nutritional, chemical and bioactive properties. *Food Research International*. 2019; 119: 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.052>
- Wu X., Gu L., Prior R.L., McKay S. Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of *Ribes*, *Aronia*, and *Sambucus* and Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004; 52(26): 7846–7856. <https://doi.org/10.1021/jf0486850>
- Pradhan P.C., Saha S. Anthocyanin profiling of *Berberis lycium* Royle berry and its bioactivity evaluation for its nutraceutical potential. *Journal of Food Science and Technology*. 2016; 53(2): 1205–1213. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2117-4>
- Ruiz A. *et al.* Anthocyanin profiles in south Patagonian wild berries by HPLC-DAD-ESI-MS/MS. *Food Research International*. 2013; 51(2): 706–713. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.043>
- Ruiz A. *et al.* Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 58(10): 6081–6089. <https://doi.org/10.1021/jf100173x>
- Diretto G., Jin X., Capell T., Zhu C., Gomez-Gomez L. Differential accumulation of pelargonidin glycosides in petals at three different developmental stages of the orange-flowered gentian (*Gentiana lutea* L. var. *aurantiaca*). *PLoS ONE*. 2019; 14: e0212062. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212062>
- Garg M. *et al.* Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science*. 2016; 71: 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.08.004>
- Santos S.A.O., Freire C.S.R., Domingues M.R.M., Silvestre A.J.D., Neto C.P. Characterization of Phenolic Components in Polar Extracts of *Eucalyptus globulus* Labill. Bark by High-Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011; 59(17): 9386–9393. <https://doi.org/10.1021/jf201801q>
- Ieri F., Martini S., Innocenti M., Mulinacci N. Phenolic Distribution in Liquid Preparations of *Vaccinium myrtillus* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L. *Phytochemical Analysis*. 2013; 24: 467–475. <https://doi.org/10.1002/pca.2462>
- Zengin G. *et al.* Chemical Composition and Biological Properties of Two *Zatropa* Species: Different Parts and Different Extraction Methods. *Antioxidants*. 2021; 10(5): 792. <https://doi.org/10.3390/antiox10050792>
- Razgonova M.P. *et al.* *Rosa davurica* Pall., *Rosa rugosa* Thunb., and *Rosa acicularis* Lindl. originating from Far Eastern Russia: Screening of 146 Chemical Constituents in Tree Species of the Genus *Rosa*. *Applied Sciences*. 2022; 12(19): 9401. <https://doi.org/10.3390/app12199401>
- Chen Yu. *et al.* Chemical constituents of *radix Actinidia chinensis* planch by UPLC–QTOF–MS. *Biomedical Chromatography*. 2021; 35(7): e5103. <https://doi.org/10.1002/bmc.5103>
- N'gaman-Kouassi K.C.C., Kabran G.R.M., Kadja A.B., Mamyrbékova-Békro J.A., Pirat J.L., Békro Yu.A. Phenolic phytoconstituents from *Gmelina arborea* leaves hydroalcoholic crude extract: UPLC-MS/MS analysis. *Der Chemica Sinica*. 2016; 7(4): 1–4.
- Han J., Ye M., Qiao X., Xu M., Wang B.-r., Guo D.-A. Characterization of phenolic compounds in the Chinese herbal drug *Artemisia annua* by liquid chromatography coupled to electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2008; 47(3): 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2008.02.013>

43. Simard F., Legault J., Lavoie S., Mshvildadze V., Pichette A. Isolation and Identification of Cytotoxic Compounds from the Wood of *Pinus resinosa*. *Phytotherapy Research*. 2008; 22(7): 919–922. <https://doi.org/10.1002/ptr.2416>
44. Ekeberg D., Flåte P.-O., Eikenes M., Fongen M., Naess-Andresen C.F. Qualitative and quantitative determination of extractives in heartwood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) by gas chromatography. *Journal of Chromatography A*. 2006; 1109(2): 267–272. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.01.027>
45. Zhu Z.-w. *et al.* Simultaneous determination of stilbenes, phenolic acids, flavonoids and anthraquinones in *Radix polygoni multiflori* by LC–MS/MS. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2012; 62: 162–166. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.11.002>

ОБ АВТОРАХ

Майя Петровна Разгонова^{1, 2},
кандидат технических наук, доцент
m.razgonova@vir.nw.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9732-1649>

Андрей Шамильевич Сабитов¹,
кандидат сельскохозяйственных наук
andsabitov@rambler.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8798-6464>

Тамара Алексеевна Сенотрусова²,
кандидат технических наук, доцент
Senotrusova.tale@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

Наталья Гаврошев娜 Ли²,
кандидат технических наук, доцент
li.ng@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

Ольга Геннадьевна Мурзина³,
научный сотрудник
olyaska93@mail.ru

Елена Анатольевна Русакова³,
научный сотрудник
rubusarcticus@mail.ru

Елена Николаевна Петруша³,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
khasbiullina@kamniish.ru

Надежда Геннадьевна Тихонова⁴,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
n.g.tikhonova@vir.nw.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

¹ Дальневосточная опытная станция — филиал ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», ул. Вавилова, 9, Владивосток, 690024, Россия

² Дальневосточный федеральный университет, п. Аякс, 10, о. Русский, Владивосток, 690922, Россия

³ Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Центральная, 4, пос. Сосновка, Петропавловск-Камчатский, 684033, Россия

⁴ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова», ул. Большая Морская, 42/44, Санкт-Петербург, 190000, Россия

46. Fedoreyev S.A. *et al.* Isoflavonoid production by callus cultures of *Maackia amurensis*. *Fitoterapia*. 2000; 71(4): 365–272. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00129-5](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00129-5)

47. Kim S. *et al.* In Vitro Antioxidant and Anti-*Propionibacterium acnes* Activities of Cold Water, Hot Water, and Methanol Extracts, and Their Respective Ethyl Acetate Fractions, from *Sanguisorba officinalis* L. Roots. *Molecules*. 2018; 23(11): 3001. <https://doi.org/10.3390/molecules23113001>

ABOUT THE AUTHORS

Mayya Petrovna Razgonova^{1, 2},
candidate of technical sciences, Associate Professor
m.razgonova@vir.nw.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9732-1649>

Andrey Shamilevich Sabitov¹,
Candidate of Agricultural Sciences
andsabitov@rambler.ru
<https://orcid.org/0009-0007-8798-6464>

Tamara Alekseevna Senotrusova²,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senotrusova.
tale@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0580-3235>

Natalya Gavrosheva Lee²,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
li.ng@dvfu.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4643-2250>

Olga Gennadievna Murzina³,
Research Associate
olyaska93@mail.ru

Elena Anatolyevna Rusakova³,
Research Associate,
rubusarcticus@mail.ru

Elena Nikolaevna Petrusha³,
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
khasbiullina@kamniish.ru

Nadezhda Gennadievna Tikhonova⁴,
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
n.g.tikhonova@vir.nw.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7098-7662>

¹ Far Eastern Experimental Station — branch of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, 9 Vavilova Str., Vladivostok, 690024, Russia

² Far Eastern Federal University, 10, Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

³ Kamchatsky Scientific Research Institute of Agriculture, 4 Centralnaya Str., Sosnovka, Petropavlovsk-Kamchatsky, 684033, Russia

⁴ Federal Research Center «N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources», 42/44 Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

УДК 664.681

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-179-184

И.Ю. Резниченко,
Е.А. Егушова, ✉
М.А. Захаренко

Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия,
Кемерово, Россия

✉ Egushova@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.06.2022

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-179-184

Irina Yu. Reznichenko,
Elena A. Egushova, ✉
Maria A. Zakharenko

Kuzbass State Agricultural Academy
Kemerovo, Russia

✉ Egushova@mail.ru

Received by the editorial office:
20.06.2022

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Разработка и исследование качественных характеристик галет специализированного назначения

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В исследовании приведена характеристика дизайна смеси из аглютиновых видов муки и семян пажитника (*Trigonella foenum-graecum*) для улучшения свойств безглютеновых галет и определения предикторов теста и готовых изделий. Отличительной особенностью смеси является наличие в составе сырьевых ингредиентов с высокой пищевой и биологической ценностью. Полученные данные можно использовать при разработке новых линеек продукции, новых рецептур специализированных мучных кондитерских изделий.

Методы. Для изучения влияния муки кукурузной, рисовой, льняной и семян пажитника на качественные характеристики галет простых применяли стандартные методы испытаний. Состав рецептурных компонентов подбирали с учетом специализированной направленности продукта, биологической ценности ингредиентов, высоких сенсорных характеристик готового изделия, придания функциональных свойств.

Результаты. Экспериментально определены оптимальные количественные соотношения муки кукурузной, льняной и рисовой (45:45:10) и доля семян пажитника (7,5% к массе муки). Исследованы показатели качества разработанных изделий. Установлено, что использование мучной аглютиновой смеси и семян пажитника влияет на незначительное повышение влажности теста, кислотности и намокаемости готовых изделий. Предложены рекомендуемые нормируемые требования к аглютиновым галетам из смеси кукурузной, рисовой, льняной муки и семян пажитника. В качестве дополнительных показателей качества выделено содержание глютена, пищевых волокон и магния. Разработанные простые галеты специализированного назначения имеют функциональную направленность благодаря высокому содержанию пищевых волокон и магния, доля которых составляет более 15% от суточной нормы употребления в данных пищевых веществах.

Ключевые слова: простые галеты, целиакия, аглютиновые виды муки, продукт специализированного назначения, показатели качества, функциональные свойства

Для цитирования: Резниченко И.Ю., Егушова Е.А., Захаренко М.А. Разработка и исследование качественных характеристик галет специализированного назначения. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 179–184. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-179-184>

© Резниченко И.Ю., Егушова Е.А., Захаренко М.А.

Development and investigation of qualitative characteristics of specialized bits

ABSTRACT

Relevance. The study characterizes the design of a mixture of gluten-free flours and fenugreek seeds (*Trigonella foenum-graecum*) to improve the properties of gluten-free biscuits and determine dough and finished product predictors. A distinctive feature of the mixture is the presence of raw ingredients with high nutritional and biological value. The data obtained can be used in the development of new product lines, new recipes for specialized flour confectionery.

Methods. To study the effect of corn flour, rice flour, flaxseed flour and fenugreek seeds on the quality characteristics of simple biscuits, standard test methods were used. The composition of the prescription components was selected taking into account the specialized focus of the product, the biological value of the ingredients, the high sensory characteristics of the finished product, and the imparting of functional properties.

Results. The optimal quantitative ratios of corn flour, flaxseed and rice flour (45:45:10) and the proportion of fenugreek seeds (7.5% by weight of flour) were experimentally determined. The quality indicators of the developed products are investigated. It has been established that the use of flour gluten-free mixture and fenugreek seeds affect a slight increase in dough moisture, acidity and wetness of finished products. Recommended standardized requirements for gluten-free biscuits from a mixture of corn, rice, flax flour and fenugreek seeds are proposed. As additional quality indicators, the content of gluten, dietary fiber and magnesium is highlighted. The developed simple biscuits for specialized purposes have a functional focus due to the high content of dietary fiber and magnesium, the share of which is more than 15% of the daily intake of these nutrients.

Key words: ordinary biscuits, celiac disease, gluten-free flours, specialized product, quality indicators, functional properties

For citation: Reznichenko I.Yu., Egushova E.A., Zakharenko M.A. Development and study of the qualitative characteristics of biscuits for specialized purposes. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 179–184 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-179-184>

© Reznichenko I.Yu., Egushova E.A., Zakharenko M.A.

Введение/Introduction

Мучные кондитерские изделия для большинства населения — неотъемлемая составная часть рациона. Особую роль мучные изделия имеют в рационе людей, страдающих целиакией и придерживающихся безглютеновой диеты. Безглютеновая диета требует использования безглютеновых злаков (кукуруза, рис, сорго, просо) и псевдозлаков (гречиха, амарант, канихуа), а также других продуктов, которые по своей природе не содержат глютен [1, 2]. В то же время глютен является белковой фракцией пшеницы, ржи, ячменя, овса и имеет большое значение в хлебопекарной технологии и производстве мучных изделий на основе дрожжей, формируя структуру и свойства готового изделия.

Глютен — основной структурообразующий белок, придает тесту вязкоупругие свойства, обеспечивает форму, объем и структуру хлебобулочным и мучным кондитерским изделиям. Из-за его уникальной функциональности замена глютена остается сложной задачей. Поэтому ведется поиск новых натуральных безглютеновых ингредиентов для выпечки.

Кроме того, улучшение питательного профиля безглютеновых продуктов становится важной задачей из-за низкого содержания белка и клетчатки и высокого содержания жира и соли, что вызывает проблемы со здоровьем у потребителей, страдающих такими заболеваниями, как сердечно-сосудистые или диабет [3].

Один из видов мучных кондитерских изделий, не содержащих в своем составе сахара и жира, — простые галеты. Разработка инновационных рецептур и технологии производства галет, отличающихся повышенной пищевой ценностью, функциональной и специализированной направленностью, отмечена как актуальное направление исследований. Учеными предложены рецептуры галет, обогащенных пищевыми волокнами. Установлена возможность применения створок зеленого горошка для производства пищевых волокон с высоким содержанием клетчатки, гемицеллюлозы, лигнина и пектиновых веществ, введение которых в состав галет позволяет получить продукт пробиотического назначения [4].

Экспериментально установлена возможность повышения антиоксидантных свойств галет за счет введения в рецептуру композиции тонкодисперсных порошков из апельсина, банана, яблока и кабачка, взятых в равных пропорциях [5]. Представлены результаты исследований по обогащению галет композициями овощных порошков (лук, тыква, кабачок, морковь, корень сельдерея) с целью получения функциональных продуктов питания [6]. Однако при производстве безглютеновых продуктов существует ряд затруднений, а именно технологические проблемы, дефицит питательных веществ и необходимость улучшения органолептических свойств [7].

Над разработкой технологических решений производства дрожжевых хлебобулочных и мучных кондитерских безглютеновых изделий, в частности печенья и галет, работают отечественные и зарубежные ученые, которыми изучена возможность применения псевдозлаковой муки из амаранта, гречихи, киноа в смеси с рисовой мукой и крахмалом картофельным в технологии хлебобулочных изделий. Исследованы эффекты взаимодействия видов муки в смеси, консистенция теста, объем хлеба, пористость и органолептические свойства [8].

Учеными установлено, что добавление в безглютеновое сухое печенье льняной, амарантовой и (или)

гречневой муки повышало их конечные пищевые качества. Значительно увеличилось содержание белка и пищевых волокон, а в случае льняной муки — и α -линоленовой кислоты. Все безглютеновые изделия с добавками содержали больше макро- и микроэлементов (калия, фосфора, магния, кальция, железа, марганца, цинка и меди) по сравнению с контролем. С учетом аминокислотного состава амарант оказался более полезной добавкой к безглютеновым продуктам, чем льняное семя [9, 10].

В работах [11, 12] рассмотрена возможность применения крахмала из белого сорго в производстве аглютеновых галет, оценены органолептические и физико-химические показатели с полной и частичной заменой рисовой муки мукой сорго, установлена возможность 100%-ной замены рисовой муки на муку сорго. Определена целесообразность применения порошка из листьев *Moringaoleifera* как естественного безглютенового ингредиента в рецептуре печенья вместо части безглютеновой муки, введение 10% порошка моринги масляной вместо муки позволяет увеличить в готовом изделии количество белка и пищевых волокон [13].

Зарубежными учеными исследовано влияние частичной замены смеси рисовой, кукурузной муки и крахмала на желудевую муку в безглютеновом печенье, установлено, что замещение 30% смеси на желудевую муку позволяет получить изделие с повышенной пищевой ценностью [14]. В работе [15] предложена рецептура сухого печенья из рисовой муки, смешанной с мукой плодов ассирийской сливы и мукой из биоотходов финиковой косточки в соотношении 80:10:10. Добавление муки ассирийской сливы и биоотходов финиковой косточки позволяет получить печенье с хорошими сенсорными характеристиками, увеличенным содержанием белка и клетчатки с 10,2 до 14,7% и с 0,7 до 12,2% соответственно.

Усредненные данные пищевой ценности муки льняной, рисовой и кукурузной приведены в таблице 1¹.

Современные технологические приемы производства продуктов без глютена как продуктов специализированной направленности основаны на применении растительного сырья с изученной биологической ценностью и, как правило, богатого пищевыми волокнами и белками.

Один из видов бобовых культур, вызывающий интерес с точки зрения обогащения хлебобулочных и мучных

Таблица 1. Пищевая ценность основных рецептурных ингредиентов

Table 1. Nutritional value of the main recipe ingredients

Наименование компонента	Содержание в 100 г			
	льняная мука	кукурузная мука	рисовая мука	семена пажитника
Белки, г	18,3	7,0	5,9	23,0
Жиры, г	9,2	1,5	1,4	6,4
Углеводы, г	28,9	72,0	80,1	33,7
Пищевые волокна, г	23,7	4,4	2,2	24,6
Зола, г	3,6	1,2	0,6	3,5
Калий, мг	815,0	340,0	76,0	770,0
Кальций, мг	255,0	3,0	10,0	175,0
Магний, мг	385,0	105,0	35,0	191,0
Фосфор, мг	641,0	301,0	98,0	295,0
Железо, мг	5,7	3,7	0,4	33,5
В ₁ , мг	1,6	0,4	0,1	0,3
В ₂ , мг	0,2	0,2	-	0,3
РР, мг	3,5	2,1	2,6	1,6
Энергетическая ценность, ккал	305,0	331,0	353,0	325,0

Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт. 2002; 236.

кондитерских изделий, — пажитник (*Trigonella foenum-graecum*). В составе семян пажитника содержится от 20 до 30% белков, которые богаты метионином, аргинином, аланином, глицином, но бедны лизином. Пептиды, содержащиеся в семенах, имеют катионную природу и проявляют выраженную антимикробную и фунгицидную активность. Они же служат альтернативой антибиотикам, к которым у ряда патогенных микроорганизмов выработалась резистентность [16]. Также пажитник содержит до 60% углеводов, которые характеризуются выраженным накоплением галактуроновой кислоты, что сравнимо с промышленными пектинами — цитрусовым и яблочным. Содержание жира относительно невысокое (около 7–10%), но очень ценное по своему химическому составу: примерно 65% нейтральных липидов (на долю производных олеиновой кислоты приходится более 17%), 28% гликолипидов и 7% фосфолипидов. Исследование биологической ценности более 10 сортов пажитника показало высокое содержание в нем фенолов — в среднем от 50 до 58 мг / 100 г, флавоноидов — от 1100 до 1104 мг / 100 г, диосгенина — около 260 мг / 100 г [17].

Установлено, что включение в рецептуру пшеничного хлеба муки из пажитника в количестве до 15% позволяет получить хлеб с удовлетворительными характеристиками и повышенным содержанием общего белка, минералов, пищевых волокон [18]. К аналогичным выводам пришли ученые из Индии и Южно-Уральского государственного университета, определив, что обогащение мукой из пажитника увеличивало объемную плотность и плотность мякиша, уменьшало удельный объем хлеба и делало цвет мякиша темнее [19–21].

Изучение направлений исследований по применению пажитника в технологиях мучных кондитерских изделий показало, что данные исследования носят ограниченный характер и относятся в основном к традиционным изделиям. Информации о применении пажитника в технологиях безглютеновых галет не найдено.

Современный потребительский рынок мучных кондитерских изделий характеризуется сокращением доли продаж крекеров и галет, что объясняется в первую очередь влиянием тренда на ведение здорового образа жизни. Несмотря на позиционирование галет как изделий с длительными сроками хранения и доступной ценовой категорией, удобных для употребления в условиях ускорения темпа жизни населения, вектор на здоровое питание заставляет потребителей выбирать полезные продукты, характеризующиеся высокой пищевой и низкой энергетической ценностью. При этом современный потребитель ориентирован на поиск новых вкусов².

Всё вышеизложенное послужило определением направления исследования по разработке простых галет с добавленной пищевой ценностью на основе мучной безглютеновой смеси вместо муки пшеничной и семян пажитника, что характеризует новизну исследований. Отличительной особенностью смеси является наличие в составе сырьевых ингредиентов с высокой пищевой и биологической ценностью.

Цель работы — исследование влияния безглютеновой смеси с включением семян пажитника на свойства теста и качество галет простых.

Задачи исследования: подобрать оптимальные соотношения муки рисовой, льняной и кукурузной для замены в рецептуре муки пшеничной; подобрать дозировку семян пажитника в качестве обогащающей добавки с учетом качественных характеристик готового изделия и повышения пищевой ценности; выделить регламентированные показатели качества аглютенных галет.

Методы и материалы исследований /

Methods and materials

Исследования проводились в лаборатории кафедры биотехнологий и производства продуктов питания ФГБОУ ВО «Кузбасская ГСХА».

Материалы исследования: мука рисовая (ТУ 9293-002-43175543-03), произведенная ООО «Гранец» (Россия); полуобезжиренная мука льняная (СТО 53548590-020-2013) — «С. Пудовъ» (Россия); мука кукурузная тонкого помола (СТО 53548590-018-2013) — ООО «Хлебзернопродукт» (г. Москва, Россия); мука пшеничная I сорта (ГОСТ 26574-2017)³ — ЗАО «Алейск-зернопродукт» (г. Барнаул, Россия); семена пажитника (ГОСТ 32592-2013)⁴ — ООО «Амальгама» (г. Ижевск, Россия); дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731-2011)⁵ — ООО «Саф-Нева» (г. Санкт-Петербург, Россия); модельные образцы галет простых, тестовые полуфабрикаты.

В качестве контрольного образца послужил образец простых галет, произведенный с применением дрожжей, муки пшеничной хлебопекарной I сорта. В качестве базовой рецептуры использована унифицированная рецептура галет простых из муки пшеничной I сорта. Тесто готовили опарным способом⁶.

Рецептура контрольного образца приведена в таблице 2.

Опытные образцы готовили путем замены муки пшеничной хлебопекарной I сорта на смесь аглютенных видов муки. На первом этапе исследовали влияние различных соотношений безглютеновых видов муки на показатели качества готовых галет. Учитывая результаты проведенных ранее исследований [22, 23] по замене муки пшеничной на муку кукурузную и льняную, при проведении испытаний готовили смеси из безглютеновых видов муки в следующих соотношениях муки кукурузной, рисовой и льняной с учетом их пищевой ценности и органолептических свойств готового изделия: 50:35:15 (№ 1); 40:40:20 (№ 2); 35:50:15 (№ 3); 45:45:10 (№ 4).

Таблица 2. Рецепт галет (контрольный образец)

Table 2. Recipe of biscuits (control sample)

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 100 г готового продукта
Мука пшеничная хлебопекарная (I сорт)	85,50	101,6
Сахар белый	99,85	2,04
Соль пищевая	96,50	1,5
Натрий двууглекислый	50,00	0,4
Дрожжи	25,00	2,03
Кислота молочная	40,00	0,19
Итого		107,8
Выход		100

² Анализ рынка галет и крекеров в России с 2016 г., прогноз на 2021–2025 гг. <https://marketing.rbc.ru/research/27183/>

³ ГОСТ 26574-2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия.

⁴ ГОСТ 32592-2013 Семена овощных, бахчевых культур, кормовых корнеплодов и кормовой капусты. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия.

⁵ ГОСТ Р 54731-2011 Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия.

⁶ Сборник рецептов на печенье, крекеры, галеты. <https://kondidoc.com/handbooks/4>

Органолептические показатели качества образцов галет оценивали по ГОСТ 14032-2017⁷, ГОСТ 5897-90⁸, определение массовой доли влаги — по ГОСТ 21094-75⁹, кислотности — по ГОСТ 5898-2022¹⁰, намокаемости — по ГОСТ 10114-80¹¹.

Толщину галет определяли штангенциркулем, содержание глютена — согласно МУК 4.1.2880-11¹² в лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Кемеровской области — Кузбассе», массовую долю жира — по ГОСТ 31902-2012¹³, массовую долю белка — по ГОСТ 34551-2019¹⁴, массовую долю углеводов — по ГОСТ 5903-89¹⁵, пищевых волокон — по ГОСТ 34844-2022¹⁶.

Содержание железа проводили в соответствии с ГОСТ 26928-86¹⁷, кальция, калия, магния — атомно-абсорбционным методом¹⁸. Энергетическую ценность разработанных галет определяли расчетным методом.

На втором этапе определена дозировка семян пажитника как источника пищевых волокон, белков и полифенольных соединений.

В опытные образцы семени пажитника вносили в количестве 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10,0% от массы муки. Семени предварительно просеивали, замачивали в воде не менее чем на 2 часа, после чего подвергали тепловой обработке путем варки при температуре 97–100 °С в течение 7–15 мин. Благодаря такой обработке из семян уходит некоторое количество свойственной им горечи и они становятся мягче.

Все исследования проводились в трехкратной повторности (для каждого показателя). Результаты исследований обрабатывали методом статистического анализа с использованием Microsoft Excel 2010 (США).

Результаты и обсуждения / Results and discussion

На первом этапе готовили модельные образцы галет с применением смесей. В опытных образцах определяли органолептические и физико-химические показатели качества (табл. 3).

Анализ органолептических показателей по внешнему виду, форме, состоянию поверхности, цвету, виду в

изломе, вкусу и запаху выявил, что образцы с долей льняной муки более 15% характеризовались уплотненной структурой с неразвитой пористостью, выраженным горьковатым вкусом и запахом льняной муки, темным цветом. Наилучшими сенсорными характеристиками обладал образец с 10% льняной муки.

Анализ полученных данных выявил наилучший по качественным характеристикам образец галет № 4 с соотношением 45:45:10, соответственно, муки кукурузной, рисовой и льняной.

Определена дозировка семян пажитника, которые вносили при замешивании теста. Качество готовых изделий оценивали через 4 часа после выпечки. Анализ результатов показал, что образцы с количеством пажитника 2,5%, 5% и 7,5% от массы муки имеют наилучшие вкусовые показатели качества.

Включение в состав рецептуры семян пажитника придает продукту приятный ореховый привкус и аромат. При увеличении дозы внесения до 10% наблюдалось изменение внешнего вида галет, поверхность становилась шероховатой, вид в изломе недостаточно слоистый, с неравномерной пористостью, галеты приобретали горчинку и ярко выраженный запах пажитника.

Влияние семян пажитника на физико-химические показатели качества образцов приведено на рисунке 1а и 1б.

Отмечено небольшое увеличение кислотности и влажности образцов при увеличении дозы внесения семян пажитника. В среднем кислотность возросла на 0,4 градуса, влажность увеличилась на 2,3%. На основании полученных результатов выявлена целесообразность внесения семян пажитника в количестве 7,5% от общей массы муки.

В результате разработана рецептура и предложена технология производства галет простых. Тесто готовили путем смешивания мучной смеси с сухими компонентами рецептуры и дрожжевой суспензии. Подготовленные семена пажитника вносили в тесто при замесе. Замес осуществляли на лабораторной тестомесильной машине из всего сырья в течение 20–25 мин. Готовое тесто отправляли на расстойку в термостат

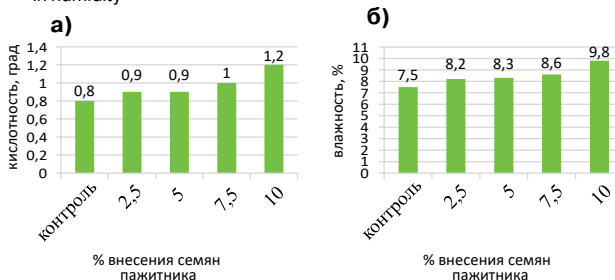
Таблица 3. Физико-химические показатели качества модельных образцов
Table 3. Physical and chemical indicators of the quality of model samples

Показатели качества	Органолептические показатели				
	по ГОСТ 14032-2017	образец 1-й	образец 2-й	образец 3-й	образец 4-й
Кислотность, град. (не более)	2,5	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1
Массовая доля влаги, % (не более)	11,0	7,6 ± 0,2	7,8 ± 0,2	7,5 ± 0,2	7,3 ± 0,2
Толщина, мм (не более)	11,0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,1	5,1 ± 0,1	5,0 ± 0,1
Намокаемость, % (не менее)	130	126,0 ± 1,1	123,0 ± 1,1	127,0 ± 1,1	136,0 ± 1,1

*Примечание: $p \leq 0,05$.

Рис. 1. Влияние дозы внесения семян пажитника на физико-химические показатели галет: а) изменение кислотности, б) изменение влажности

Fig. 1. Influence of the dose of fenugreek seeds on the physical and chemical parameters of biscuits: а) change in acidity, б) change in humidity



⁷ ГОСТ 14032-2017 Галеты. Общие технические условия.

⁸ ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей.

⁹ ГОСТ 21094-75 Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности.

¹⁰ ГОСТ 5898-2022 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности.

¹¹ ГОСТ 10114-80 Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости.

¹² МУК 4.1.2880-11 Методические указания 4.1. Методы контроля. Химические факторы. Методы определения глютена в продовольственном сырье и пищевых продуктах.

¹³ ГОСТ 31902-2012 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира.

¹⁴ ГОСТ 34551-2019 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли белка.

¹⁵ ГОСТ 5903-89 Изделия кондитерские. Методы определения сахара.

¹⁶ ГОСТ 34844-2022 Продукция пищевая. Определение массовой доли пищевых волокон.

¹⁷ ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа.

¹⁸ Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: Брандес, Медицина. 1998; 342.

Таблица 4. Пищевая ценность разработанных галет простых
Table 4. Nutritional value of developed simple biscuits

Наименование компонента	Контроль	Разработанные галеты	% удовлетворения ФСНП контроль / разработанный
Белки, г	7,6 ± 1,3	8,9 ± 1,3	9,5/11,1
Жиры, г	0,8 ± 0,2	2,6 ± 0,2	1,0/3,2
Углеводы, г	69,2 ± 8,2	68,0 ± 8,2	19,7/19,4
Пищевые волокна, г	2,6 ± 0,4	4,8 ± 0,4	13,0/24,0
Калий, мг	110 ± 3,1	311,6 ± 3,1	3,1/8,9
Кальций, мг	22,0 ± 1,9	44,2 ± 1,9	2,2/4,4
Магний, мг	25 ± 2,1	111,0 ± 12,1	5,9/26,4
Железо, мкг	3,0 ± 0,2	5,7 ± 0,2	0,3/0,5
Энергетическая ценность, ккал	314–315	339–340	16/17

Таблица 5. Рекомендуемые требования и фактические значения показателей качества галет
Table 5. Recommended requirements and actual values of quality indicators of biscuits

Наименование показателя	Рекомендуемые	Фактически
Содержание глютена, мг / 1 кг (не более)	20,0	0,7 ± 0,1
Содержание магния, мг / 100 г	не менее 63,0 — не более 126	111,0 ± 1,0
Содержание пищевых волокон, г / 100 г	не менее 3,0 — не более 10	4,8 ± 0,1

при температуре 27–32 °С в течение 120 мин., потом делили на куски и раскатывали в пласт толщиной не более 10 мм, затем формовали в виде изделий квадратной формы, делали на поверхности наборы (чтобы избежать появления разрывов и пузырей на поверхности готовых изделий) и укладывали на листы для выпечки. Изделия выпекали в течение 7–12 мин. при температуре 210–220 °С. Выпеченные галеты охлаждали.

¹⁹ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2021; 72.
²⁰ ТР ТС 022/2011 Пищевая продукция в части ее маркировки (утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881). 2011; 29.

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.

Рассчитаны пищевая ценность галет на основе безглютеновой мучной смеси с внесением 7,5% семян пажитника и процент удовлетворения средней суточной нормы потребления в основных пищевых веществах (табл. 4)¹⁹.

Согласно ТР ТС 022/2011²⁰ (Приложение 2) разработанные изделия специализированного назначения можно позиционировать как продукт функциональной направленности благодаря высокому содержанию пищевых волокон и магния, так как их доля составляет более 15% от суточной нормы употребления в данных пищевых веществах.

В качестве дополнительных показателей выделено содержание глютена, пищевых волокон и магния, при этом показателем (для цели идентификации функциональной направленности) является содержание пищевых волокон и магния. Рекомендуемые физико-химические показатели качества и фактические значения разработанных галет представлены в таблице 5.

Выводы/Conclusions

Экспериментально обосновано соотношение кукурузной, рисовой льняной муки и семян пажитника в рецептуре простых галет без пшеничной муки. Подобранные соотношения позволяют получить изделия специализированного назначения с хорошими сенсорными характеристиками и добавленной пищевой ценностью. Разработанные галеты можно позиционировать как продукт функциональной направленности благодаря высокому содержанию пищевых волокон и магния, доля которых превышает 15% от суточной нормы употребления.

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

- Šmídová Z., Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022; 11(3): 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Резниченко И.Ю., Акопьян Г.С., Маркасова Е.Н., Галахова Я.В. Исследование потребительских критериев выбора хлеба. *АПК России*. 2022; 29(3): 386–391. <https://doi.org/10.55934/2587-8824-2022-29-3-386-391>
- Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*. 2021; 10(9): 1997. <https://doi.org/10.3390/foods10091997>
- Созаева Д.Р. Разработка технологии производства галет, обогащенных пищевыми волокнами. *Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова*. 2022; (4): 122–129. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-4-38-122-129>
- Корячкина С.Я., Лазарева Т.Н., Жаркова И.М., Густинович В.Г. О перспективности применения тонкодисперсных растительных порошков в технологии галет повышенной антиоксидантной активности. *Хлебопечение России*. 2018; (1): 26–29. <https://elibrary.ru/yvomsn>
- Жаркова И.М., Корячкина С.Я., Росляков Ю.Ф., Густинович В.Г., Казиминова Ю.К., Литвяк В.В. Особенности технологии и направления совершенствования ассортимента крекера и галет. *Проблемы развития АПК региона*. 2020; (1): 182–193. <https://elibrary.ru/kuykas>
- Di Cairano M., Galgano F., Tolve R., Caruso M.C., Condelli N. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology*. 2018; 81: 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.006>
- Aguiar E.V., Santos F.G., Centeno A.C.L.S., Capriles V.D. Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. *Food Research International*. 2021; 150: 110762. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110762>

REFERENCES

- Šmídová Z., Rysová J. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*. 2022; 11(3): 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Reznichenko I.Yu., Akopyan G.S., Markasova E.N., Galakhova Ya.V. Research of consumer bread selection criteria. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2022; 29(3): 386–391 (In Russian). <https://doi.org/10.55934/2587-8824-2022-29-3-386-391>
- Skendi A., Papageorgiou M., Varzakas T. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*. 2021; 10(9): 1997. <https://doi.org/10.3390/foods10091997>
- Sozaeva D.R. Development of technology for the production of biscuits enriched with dietary fibers. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. 2022; (4): 122–129 (In Russian). <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2022-4-38-122-129>
- Koryachkina S.Ya., Lasareva T.N., Zharkova I.M., Gustinovich V.G. About prospects of finely divided plant powders application in production technology of hardbiscuits with heightened antioxidative activity. *Baking in Russia*. 2018; (1): 26–29 (In Russian). <https://elibrary.ru/yvomsn>
- Zharkova I.M., Koryachkina S.Ya., Roslyakov Yu.F., Gustinovich V.G., Kazimirova Yu.K., Litvyak V.V. Peculiarity of technology and directions of improvement of the range of crackers and hard biscuits. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2020; (1): 182–193 (In Russian). <https://elibrary.ru/kuykas>
- Di Cairano M., Galgano F., Tolve R., Caruso M.C., Condelli N. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology*. 2018; 81: 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.006>
- Aguiar E.V., Santos F.G., Centeno A.C.L.S., Capriles V.D. Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: A study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. *Food Research International*. 2021; 150: 110762. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110762>

9. Bender D., Schönlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. 2020; 91: 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
10. Gambús H. et al. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009; 60(s4): 31–50. <https://doi.org/10.1080/09637480802375523>
11. Cervini M., Frustace A., Garrido G.D., Rocchetti G., Giuberti G. Nutritional, physical and sensory characteristics of gluten-free biscuits incorporated with a novel resistant starch ingredient. *Heliyon*. 2021; 7(3): e06562. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06562>
12. Céla J.A., Resende O., de Lima M.S., Correia J.S., de Oliveira K.B., Takeuchi K.P. Technological properties of gluten-free biscuits from sorghum flour granifero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Food Science and Technology*. 2022; 42: e29222. <https://doi.org/10.1590/fst.29222>
13. Giuberti G., Bresciani A., Cervini M., Frustace A., Marti A. *Moringa oleifera* L. leaf powder as ingredient in gluten-free biscuits: nutritional and physicochemical characteristics. *European Food Research and Technology*. 2021; 247(3): 687–694. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03656-z>
14. Torabi S., Mohtarami F., Dabbagh Mazhary M.R. The influence of acorn flour on physico-chemical and sensory properties of gluten free biscuits. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 2020; 16(97): 171–181 (на перс. яз.).
15. Saeed S.M.G., Ali S.A., Faheem K., Ali R., Giuffrè A.M. The Impact of Innovative Plant Sources (*Cordia myxa* L. Fruit (Assyrian Plum) and *Phoenix dactylifera* L. Biowaste (Date Pit)) on the Physicochemical, Microstructural, Nutritional, and Sensorial Properties of Gluten-Free Biscuits. *Foods*. 2022; 11(15): 2346. <https://doi.org/10.3390/foods11152346>
16. Резниченко И.Ю., Бороудин Д.М., Пикулина Н.С. Разработка рецептуры и оценка качества безглютенового мучного изделия. *Ползуновский вестник*. 2020; (2): 82–86. <https://elibrary.ru/hbncqv>
17. Сапаркльчева С.Е., Кругликова Н.Н. Минеральный состав пажитника греческого (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Молодежь и наука*. 2019; (2): 39. <https://elibrary.ru/jzjavy>
18. Paramesha M., Priyanka N., Crassina K., Shetty N.P. Evaluation of diosgenin content from eleven different Indian varieties of fenugreek and fenugreek leaf powder fortified bread. *Journal of Food Science and Technology*. 2021; 58(12): 4746–4754. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04967-z>
19. Man S.M. et al. Influence of Fenugreek Flour (*Trigonella foenum-graecum* L.) Addition on the Technofunctional Properties of Dark Wheat Flour. *Journal of Food Quality*. 2019; 2019: 8635806. <https://doi.org/10.1155/2019/8635806>
20. Алхамова Г.К., Андросова Н.В., Акулова Е.А., Боган В.И. Хлебобулочные изделия специального назначения с использованием семян пажитника, черного тмина и стевии. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2018; 6(4): 34–41. <https://doi.org/10.14529/food180405>
21. Chaubey P.S., Somani G., Kanchan D., Sathaye S., Varakumar S., Singhal R.S. Evaluation of debittered and germinated fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) seed flour on the chemical characteristics, biological activities, and sensory profile of fortified bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018; 42(1): e13395. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13395>
22. Конева С.И., Егорова Е.Ю., Козубаева Л.А., Резниченко И.Ю. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба. *Техника и технология пищевых производств*. 2019; 49(1): 85–96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>
23. Егушова Е.А., Резниченко И.Ю., Захаренко М.А. Обоснование состава и технологии производства аглютиновых хлебцев. *АПК России*. 2023; 30(2): 268–274. <https://elibrary.ru/gxmrvj>

ОБ АВТОРАХ

Ирина Юрьевна Резниченко,
доктор технических наук, профессор кафедры
биотехнологий и производства продуктов питания
irina.reznichenko@gmail.com

Елена Анатольевна Егушова,
кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой
биотехнологий и производства продуктов питания
egushova@mail.ru

Мария Анатольевна Захаренко,
кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологий
и производства продуктов питания
mariya_zakharenko@mail.ru

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия,
ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

9. Bender D., Schönlechner R. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*. 2020; 91: 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
10. Gambús H. et al. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009; 60(s4): 31–50. <https://doi.org/10.1080/09637480802375523>
11. Cervini M., Frustace A., Garrido G.D., Rocchetti G., Giuberti G. Nutritional, physical and sensory characteristics of gluten-free biscuits incorporated with a novel resistant starch ingredient. *Heliyon*. 2021; 7(3): e06562. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06562>
12. Céla J.A., Resende O., de Lima M.S., Correia J.S., de Oliveira K.B., Takeuchi K.P. Technological properties of gluten-free biscuits from sorghum flour granifero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Food Science and Technology*. 2022; 42: e29222. <https://doi.org/10.1590/fst.29222>
13. Giuberti G., Bresciani A., Cervini M., Frustace A., Marti A. *Moringa oleifera* L. leaf powder as ingredient in gluten-free biscuits: nutritional and physicochemical characteristics. *European Food Research and Technology*. 2021; 247(3): 687–694. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03656-z>
14. Torabi S., Mohtarami F., Dabbagh Mazhary M.R. The influence of acorn flour on physico-chemical and sensory properties of gluten free biscuits. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 2020; 16(97): 171–181 (In Iranian).
15. Saeed S.M.G., Ali S.A., Faheem K., Ali R., Giuffrè A.M. The Impact of Innovative Plant Sources (*Cordia myxa* L. Fruit (Assyrian Plum) and *Phoenix dactylifera* L. Biowaste (Date Pit)) on the Physicochemical, Microstructural, Nutritional, and Sensorial Properties of Gluten-Free Biscuits. *Foods*. 2022; 11(15): 2346. <https://doi.org/10.3390/foods11152346>
16. Reznichenko I.Yu., Borodulin D.M., Pikulina N.S. Formulation development and quality assessment of gluten-free flour products. *Polzunovskiy vestnik*. 2020; (2): 82–86 (In Russian). <https://elibrary.ru/hbncqv>
17. Saparklycheva S.E., Kругlikova N.N. The mineral composition of fenugreek Greek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Molodezh' i nauka*. 2019; (2): 39 (In Russian). <https://elibrary.ru/jzjavy>
18. Paramesha M., Priyanka N., Crassina K., Shetty N.P. Evaluation of diosgenin content from eleven different Indian varieties of fenugreek and fenugreek leaf powder fortified bread. *Journal of Food Science and Technology*. 2021; 58(12): 4746–4754. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04967-z>
19. Man S.M. et al. Influence of Fenugreek Flour (*Trigonella foenum-graecum* L.) Addition on the Technofunctional Properties of Dark Wheat Flour. *Journal of Food Quality*. 2019; 2019: 8635806. <https://doi.org/10.1155/2019/8635806>
20. Alkhamova G.K., Androsova N.V., Akulova E.A., Bogan V.I. Special-purpose bakery products with trigonella, black cumin and stevioside seeds. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2018; 6(4): 34–41 (In Russian). <https://doi.org/10.14529/food180405>
21. Chaubey P.S., Somani G., Kanchan D., Sathaye S., Varakumar S., Singhal R.S. Evaluation of debittered and germinated fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) seed flour on the chemical characteristics, biological activities, and sensory profile of fortified bread. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2018; 42(1): e13395. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13395>
22. Koneva S.I., Egorova E.Yu., Kozubaeva L.A., Reznichenko I.Yu. The Effect of Flaxseed Flour on the Rheological Properties of Dough Made of Flaxseed and Wheat Flour and Bread Quality. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019; 49(1): 85–96 (In Russian). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>
23. Egushova E.A., Reznichenko I.Yu., Zakharenko M.A. Justification of the composition and technology of gluten-free bread production. *AGRO-industrial complex of Russia*. 2023; 30(2): 268–274 (In Russian). <https://elibrary.ru/gxmrvj>

ABOUT THE AUTHORS

Irina Yuryevna Reznichenko,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department
of Biotechnology and Food Production
irina.reznichenko@gmail.com

Elena Anatolievna Egushova,
Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Head
of the Department of Biotechnology and Food Production
egushova@mail.ru

Mariya Anatolievna Zakharenko,
Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of
the Department of Biotechnology and Food Production
mariya_zakharenko@mail.ru

Kuzbass State Agricultural Academy,
5 Markovtsev Str., Kemerovo, 650056, Russia

Н.Ю. Чеснокова, ✉
А.А. Кузнецова,
Л.В. Левочкина,
М.А. Тарабаев

Дальневосточный федеральный
университет, Владивосток, Россия

✉ chesnokova.nyu@dvfu.ru

Поступила в редакцию:
25.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Natalia Yu. Chesnokova, ✉
Alla A. Kuznetsova,
Ludmila V. Levochkina,
Maksim A. Tarabaev

Far Eastern Federal University,
Vladivostok, Russian Federation

✉ chesnokova.nyu@dvfu.ru

Received by the editorial office:
25.06.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Свойства и применение беталаинового красителя, выделенного из районированного сорта свеклы столовой

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Потребители в современном обществе обеспокоены безопасностью применения синтетических красителей для окрашивания пищевых продуктов. В связи с этим остаются актуальными разработка и применение в пищевой промышленности натуральных красящих композиций на основе доступного растительного сырья. Использование натурального красителя на основе беталаинов — пигментов свеклы столовой (*Beta vulgaris*) — в производстве пищевых продуктов позволяет не только улучшить цветовую гамму изделий, но и обогатить их биологически активными соединениями.

Методы. Объектами исследования являются пигменты свеклы столовой (беталаины), натуральный краситель, полученный методом концентрирования экстрактов беталаинов, и крем «Гляссе» с добавлением концентрированного беталаинового красителя. В зависимости от условий эксперимента проведена экстракция беталаинов из растительного сырья. Изучены органолептические и физико-химические показатели концентрированного натурального красителя и крема «Гляссе» с его добавлением.

Результаты. Установлено, что оптимальными условиями для выделения беталаинов из свеклы являются их экстрагирование 95%-ным этанолом, ультразвуковая экстракция при 25 °С и экстрагирование водным раствором при 60 °С в течение 30 мин. Определено, что наиболее стабильная окраска пигмента сохраняется в диапазоне pH = 3,7–8,2. В области pH > 10 происходит резкое изменение его окраски. Экстракты беталаинов при pH > 10 приобретают насыщенный бордовый цвет. Показано, что полученный методом концентрирования беталаиновый краситель представляет собой жидкость темно-красного цвета, которая обладает антирадикальной активностью и содержит в своем составе 11 мг/см³ беталаинов. Наилучшие органолептические показатели имел крем «Гляссе» с добавлением 5%-ного концентрированного беталаинового красителя.

Ключевые слова: свекла сорта Бордо 237, беталаины, концентрированный беталаиновый краситель, крем «Гляссе»

Для цитирования: Чеснокова Н.Ю., Кузнецова А.А., Левочкина Л.В., Тарабаев М.А. Свойства и применение беталаинового красителя, выделенного из районированного сорта свеклы столовой. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 185–190. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-185-190>

© Чеснокова Н.Ю., Кузнецова А.А., Левочкина Л.В., Тарабаев М.А.

Properties and application of betalaine dye isolated from regional beet variety

ABSTRACT

Relevance. Consumers in today's society are concerned about the safety of using synthetic dyes to color food. The development and use in the food industry of natural dyes compositions based on available plant materials remains relevant. The use of natural dye based on betalains — pigments of beets (*Beta vulgaris*) — in the production of food products, allows not only to improve the color range of products, but also to enrich them with biologically active compounds. The objects of the study are beetroot pigments betalaines, concentrated natural dye and cream «Glasse» with the addition of concentrated betalain dye.

Results. Depending on the experimental conditions, betalains were extracted from plant materials. The organoleptic and physico-chemical parameters of the concentrated natural dye and cream «Glasse» with its addition were studied.

Results. It has been shown that the optimal conditions for isolating betalains from beets are their extraction with 95% ethanol, ultrasonic extraction at 25 °C, and extraction with an aqueous solution at 60 °C for 30 min. It has been determined that the most stable color of the pigment is maintained in the range of pH = 3.7–8.2. In the region of pH > 10 there is a sharp change of the color. Betalain extracts at a pH > 10 acquire a rich dark red color. It was shown that the betalain dye obtained by the concentration method is a dark red liquid, which has antiradical activity (1,49 mM) and contains 11 mg/cm³ of betalains. The best organoleptic characteristics were found in the cream «Glasse» with the addition of 5% concentrated betalain dye.

Key words: beetroot variety Bordo 237, betalains, concentrated betalain dye, cream «Glasse»

For citation: Chesnokova N.Yu., Kuznetsova A.A., Levochkina L.V., Tarabaev M.A. Properties and application of betalaine dye isolated from regional beet variety. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 185–190 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-185-190>

© Chesnokova N.Yu., Kuznetsova A.A., Levochkina L.V., Tarabaev M.A.

Введение/Introduction

Свекла столовая (*Beta vulgaris*) — двулетнее травянистое растение, принадлежащее к семейству *Chenopodiaceae*. Этот корнеплод широко культивируется во всем мире, основное производство сосредоточено в Европе, Северной Америке и по всей Азии [1]. Многочисленные исследования показывают, что свекла обладает полезными для здоровья человека свойствами [2, 3].

Красный цвет этого корнеплода обеспечивается благодаря уникальной группе пигментов, известных как беталаины. Они представляют собой азотсодержащие водорастворимые красно-фиолетовые и желтые пигменты, обеспечивающие яркие цвета органов растений, включая листья, стебли, фрукты, цветы, корни, семена. Беталаины локализируются в вакуолях клеток, а именно в эпидермальных и субэпидермальных тканях растений, синтезирующих эти пигменты [4, 5].

По своим структурным характеристикам, светопоглощающим свойствам беталаины обычно делятся на две группы — красно-фиолетовые бетацианины и желтые бетаксантины. Большую их часть (75–95%) составляют бетацианины. Доля бетаксантинов составляет 5–26% [6–8].

В последнее время беталаины широко используются для обогащения и придания цвета пищевым продуктам благодаря их выраженной красящей способности, а также противораковой активности, антирадикальным, противомикробным, противовоспалительным, антидиабетическим и другим биологическим свойствам, связанным с предполагаемой пользой для здоровья человека [9, 10].

Однако применение беталаинов в качестве природных красителей для окрашивания пищевых продуктов вызывает проблемы, связанные с сохранением их химической стабильности при определенных технологических условиях и, следовательно, их красящей способности и биоактивности [11, 12].

Цель исследования — изучение свойств и стабильности беталаинов, подбора методов и условий для оптимального их экстрагирования из растительных объектов, а также создание на основе экстрактов беталаинов натуральных пищевых красителей для пищевой промышленности.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

В качестве объекта для выделения беталаинового пигмента использовали доступное пищевое сырье — свеклу столовую (*Beta vulgaris*) сорта Бордо 237, выращенную в Приморском крае. Научно-исследовательская работа проводилась с 2022 по 2023 г. в Дальневосточном федеральном университете (ДВФУ) (г. Владивосток, Россия).

Экстракция беталаинов проводилась водой и раствором 95%-ного этилового спирта при 25 °C, 40 °C, 60 °C, 100 °C в течение 5 мин., 30 мин., 60 мин. и 90 мин. соответственно.

Ультразвуковую экстракцию растворов беталаинов проводили с использованием ультразвуковой ванны Sonogex RK100H (Bandelin, Германия) в течение 30 мин. при температуре 25 °C. Обработку образцов проводили при частоте воздействия 35 кГц и мощности 80 Вт.

Съемку дифференциальных УФ-спектров образцов беталаинов проводили на спектрофотометре UV1800 Shimadzu (Япония) в интервале длин волн 230–700 нм.

Для изучения влияния показателя активной кислотности (pH) на свойства беталаинового красителя использовали буферные растворы в диапазоне pH 3,7–10,7.

Концентрированный беталаиновый краситель получали путем экстрагирования беталаинов водным

раствором и последующим концентрированием на вакуумном (ротаторном) испарителе Hei-VAP Advantage ML/G3B (Германия).

Исследование антирадикальной активности концентрированного беталаинового красителя проводили по методу DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) [13, 14].

Содержание сухих веществ определяли методом высушивания до постоянного веса в термостате Memmert Celsius 400 (Германия).

Исследования по определению антирадикальной активности и содержанию сухих веществ проводили в четырехкратной повторности, экспериментально полученные данные обрабатывали методами математической статистики с использованием пакетов прикладных программ MS Excel 2011 (США) и Statistica 10 Enterprise, 2011 (США).

Растворимость концентрированного беталаинового красителя определяли при температуре 20–25 °C. К 300 мл воды добавляли 3 мл концентрированного беталаинового красителя, тщательно перемешивали и визуально контролировали прозрачность раствора, наличие осадка и мути.

Кислотность (pH) красителя определяли при температуре 20 °C, используя pH-метр pH/MVMETTER-220 (США).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Поскольку тип растворителя и условия извлечения играют важную роль в полноценном выделении пигментов из растительного сырья [15, 16], была проведена экстракция беталаинов из районированного сорта свеклы Бордо 237 водным раствором, этиловым спиртом и с использованием ультразвуковой экстракции. УФ-спектры растворов беталаинов, выделенных при разных условиях экстрагирования, представлены на рисунке 1.

Из результатов видно, что растворы беталаинов на УФ-спектрах имеют несколько пиков поглощения. Независимо от способа экстрагирования максимум поглощения растворов беталаинов наблюдается при длине волны 538 нм. Данный пик свидетельствует о присутствии в растворах красных пигментов свеклы (бетацианинов).

Наименьшее количество бетацианинов выделяется в раствор в результате водной экстракции. Значение оптической плотности данных растворов составляет 1,85.

Рис. 1. УФ-спектры растворов беталаинов: 1) водная экстракция при 60 °C в течение 30 мин.; 2) ультразвуковая экстракция при 25 °C в течение 30 мин.; 3) экстракция 95%-ным этиловым спиртом при 25 °C в течение 30 мин.

Fig. 1. UV spectra of betalain solutions: 1) water extraction at 60 °C for 30 min.; 2) ultrasonic extraction at 25 °C for 30 min.; 3) extraction with 95% ethyl alcohol at 25 °C for 30 min.

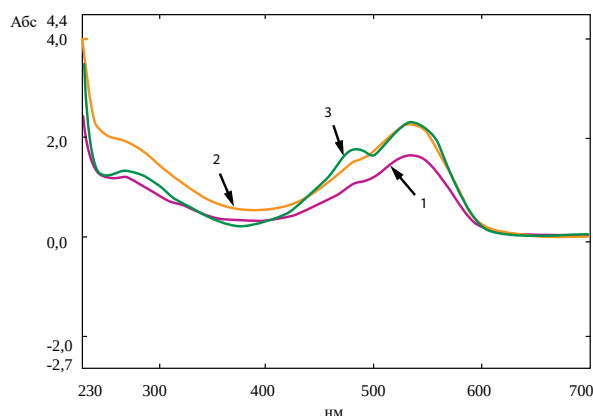


Рис. 2. УФ-спектры водных растворов бетаинов, экстрагированных водным раствором при 60 °С в течение: 1) 30 мин., 2) 60 мин., 3) 90 мин.
Fig. 2. UV spectra of aqueous solutions of betalains extracted with an aqueous solution at 60 °C for: 1) 30 min., 2) 60 min., 3) 90 min.

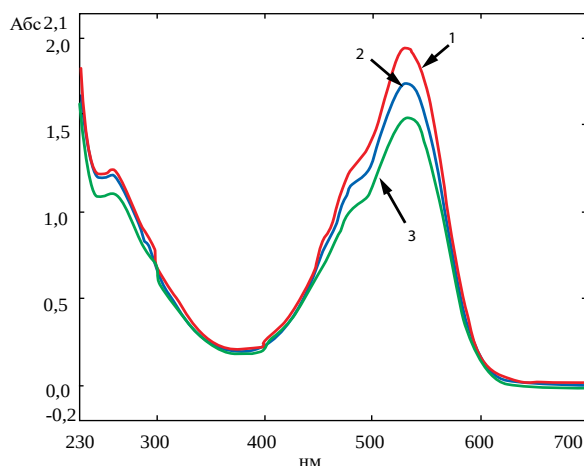
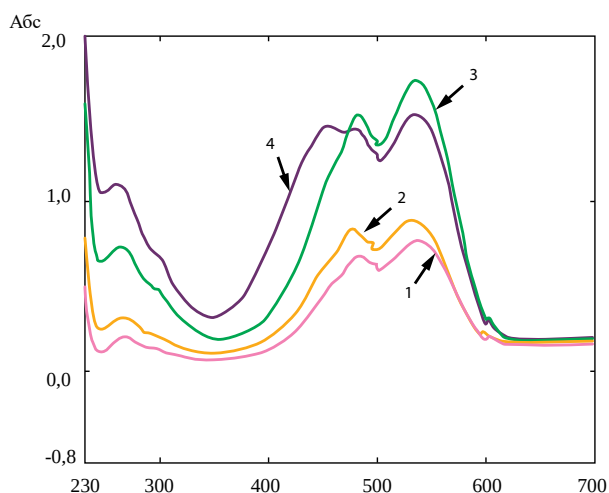


Рис. 3. УФ-спектры растворов бетаинов, экстрагированных водным раствором при: 1) 25 °С в течение 30 мин., 2) 40 °С в течение 30 мин., 3) 60 °С в течение 30 мин., 4) 100 °С в течение 5 мин.
Fig. 3. UV spectra of betalain solutions extracted with an aqueous solution at: 1) 25 °C for 30 min., 2) 40 °C for 30 min., 3) 60 °C for 30 min., 4) 100 °C for 5 min.



В растворах, выделенных с помощью 95%-ного этилового спирта и ультразвуковой экстракции, содержание бетацианинов значительно выше. Значение оптической плотности растворов бетацианинов, выделенных с помощью 95%-ного этилового спирта и ультразвуковой экстракции, составляет 2,53 и 2,67 соответственно.

В растворах бетаинов, выделенных с помощью водной, ультразвуковой экстракции и 95%-ным этиловым спиртом, наблюдается пик при длине волны 480 нм, свидетельствующий о содержании в растворе желтых пигментов (бетаксантинов). В растворах бетаинов, выделенных с помощью водной и ультразвуковой экстракции, данный пик менее выражен.

В литературных источниках также показано, что желтые пигменты свеклы (бетаксантины) в лучшей степени экстрагируются спиртовым раствором [17].

Кроме того, при длине волны 280 нм во всех растворах бетаинов представлен пик, свидетельствующий о присутствии в экстрактах пектиновых веществ.

Поскольку бетаины чувствительны к таким факторам, как продолжительность и температура экстрагирования, представлены УФ-спектры растворов бетаинов, выделенных при разных значениях времени (рис. 2) и температуры экстрагирования (рис. 3).

Установлено, что время экстрагирования существенно влияет на выход пигмента из корнеплодов. Наибольший выход бетаинов наблюдается при экстрагировании пигмента в течение 30 мин. Значение оптической плотности пигмента составляет 1,98. Увеличение времени экстрагирования до 60–90 мин. приводит к снижению выхода пигмента. Степень извлечения бетаинов, выделенных из свеклы в течение 60 мин. и 90 мин., снижается на 12% и 17% соответственно.

Из результатов (рис. 3) видно, что максимальное извлечение бетаинов из свеклы происходит при температуре 60 °С. Значение оптической плотности растворов бетаинов, экстрагированных водным раствором при температуре 60 °С, составляет 1,75. Снижение температуры экстрагирования до 25 °С и 40 °С приводит к снижению выхода бетаинов из растительного сырья. Степень извлечения бетаинов из растительного сырья, экстрагированных при температурах 25 °С и 40 °С, падает в 2,5 и 2,7 раза соответственно.

Повышение температуры экстрагирования до 100 °С приводит к уменьшению содержания экстрагированных бетаинов в растворе. Степень извлечения бетаинов, экстрагированных при температуре 100 °С в течение 5 мин., уменьшается в 1,2 раза. Кроме того, в экстрактах бетаинов, экстрагированных при температуре 100 °С, наблюдается появления пика при длине волны 430 нм. Вероятно, появление данного пика свидетельствует о деградации бетаинов при высоких температурах. Исследования, проведенные другими авторами, показывают, что при термической обработке в результате декарбоксилирования или дегидрирования бетанин (относящийся к красным пигментам свеклы) превращается в необетанин. Необетанин и его производные проявляют максимальное поглощение света в диапазоне 420–464 нм, то есть имеют желто-оранжевый цвет, несмотря на то что из-за своей химической структуры относятся к группе фиолетовых бетацианинов [18].

Таким образом, наиболее оптимальными условиями для выделения бетаинов из свеклы являются их экстрагирование 95%-ным этиловым спиртом при температуре 25 °С в течение 30 мин., ультразвуковая экстракция при температуре 25 °С в течение 30 мин. и экстрагирование водным раствором при 60 °С в течение 30 мин.

Изменение окраски растворов бетаинов, выделенных из свеклы при различных значениях pH системы, представлено на рисунке 4. УФ-спектры растворов бетаинов при различных значениях pH системы представлены на рисунке 5.

На рисунке 4 видно, что изменение pH системы влияет на окраску бетаинов. В диапазоне pH 3,7–8,2 растворы бетаинов имеют ярко-розовую окраску. При pH 10,5 наблюдается резкое изменение окраски растворов. Экстракты бетаинов при pH > 10,5 приобретают насыщенный бордовый цвет.

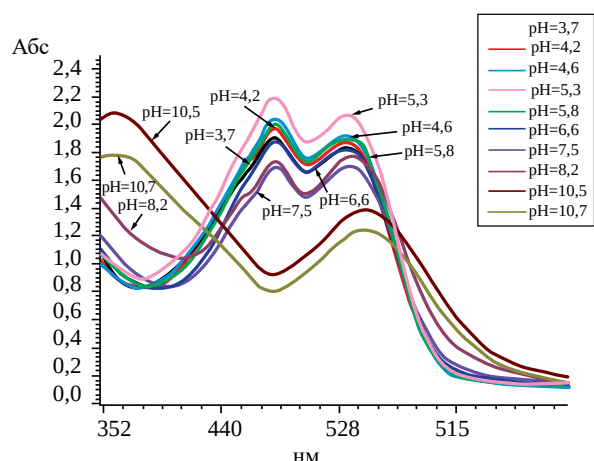
Установлено, что при разных значениях pH происходит смещение максимумов поглощения бетаинов. С увеличением значений pH системы максимум

Рис. 4. Окраска растворов бетаинов, выделенных из свеклы в диапазоне pH 3,7–10,7
Fig. 4. Color change of solutions of betalains isolated from beets in the pH range 3.7–10.7



pH 3,7 4,3 4,6 5,3 5,8 6,6 7,5 8,2 10,5 10,7

Рис. 5. УФ-спектры беталаинов при различных значениях pH системы
Fig. 5. UV spectra of betalains at different pH values of the system



поглощения с 538 нм (рН = 3,7) сдвигается до 542 нм (рН = 10,7). Максимум поглощения при 480 нм (рН = 3,7–8,2) сдвигается до 360 нм (рН = 10,5–10,7), что также свидетельствует о трансформационных изменениях в структуре беталаинов и, соответственно, изменении их окраски при значениях рН > 10.

Экстракты беталаинов использовали для производства концентрированного натурального красителя. Концентрированный беталаиновый краситель получали концентрированием растворов беталаинов, экстрагированных из растительного сырья водой при температуре 60 °С в течение 30 мин., на вакуумном (ротормном) испарителе.

Органолептические и физико-химические показатели концентрированного беталаинового красителя представлены в таблице 1.

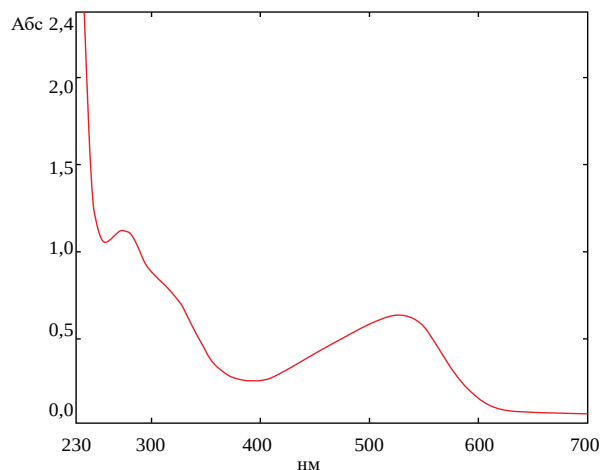
Таблица 1. Органолептические и физико-химические показатели концентрированного беталаинового красителя
Table 1. Organoleptic and physico-chemical parameters of concentrated betalain dye

Показатель	Концентрированный беталаиновый краситель
Органолептические показатели	
Внешний вид и цвет	густая жидкость темно-красного цвета
Запах	слабо выраженный свекольный запах
Вкус	свекольный
Физико-химические показатели	
Массовая доля сухих веществ, %	11 ± 0,55
Растворимость в воде	полная
Кислотность (рН)	5,72
Антирадикальная активность, в перерасчете Trolox эквивалент, мМ	1,49 ± 0,15

Таблица 2. Органолептическая оценка образцов крема «Гляссе» с добавлением концентрированного беталаинового красителя
Table 2. Organoleptic evaluation of samples of cream «Glasse» with the addition of concentrated betalain dye

Показатель	Без добавления красителя	Количество концентрированного беталаинового красителя, %				
		3	4	5	6	7
Внешний вид	пышная однородная маслянистая масса				с признаками расслоения	расслоившийся с отделившимся сиропом
Цвет	кремово-желтый	бледно-розовый	розовый	ярко-розовый	насыщенный розовый	красный
Консистенция	пышная, однородная				жидкая	
Запах	сливочный					
Вкус	сливочно-сладкий	сладкий				

Рис. 6. УФ-спектр поглощения концентрированного беталаинового красителя
Fig. 6. UV spectrum of concentrated betalain dye



Показано, что полученный методом концентрирования беталаиновый краситель представляет собой жидкость темно-красного цвета, имеющую слабо выраженный свекольный запах и вкус. Концентрированный беталаиновый краситель обладает антирадикальной активностью ($1,49 \pm 0,15$ мМ) и содержит в своем составе $11 \pm 0,55$ мг/см³ беталаинов.

УФ-спектр концентрированного беталаинового красителя представлен на рисунке 6.

Установлено, что концентрированный беталаиновый краситель содержит в своем составе беталаины и пектиновые вещества с максимумами поглощения при длинах волн 540 нм и 280 нм соответственно.

Поскольку на потребительском рынке кондитерской продукции представлен широкий спектр изделий с кремовой отделкой, одной из важных задач,

стоящих перед пищевой промышленностью, является расширение ассортимента отделочных полуфабрикатов путем использования при их производстве натуральных красителей, которые позволяют не только улучшить качество продуктов, придавая продукту красивый внешний вид и цвет, но и обогатить их недостающими пищевыми и биологически активными веществами.

Концентрированный беталаиновый краситель использовали для производства крема «Гляссе», который готовили по стандартной рецептуре, вводя концентрированный беталаиновый краситель в количестве 3–7% к массе основного сырья на стадии смешивания белок-полисахаридной смеси.

Органолептическая оценка образцов крема «Гляссе» с добавлением концентрированного беталаинового красителя в количестве 3–7% представлена в таблице 2.

Из результатов (табл. 2) видно, что наилучшими органолептическими показателями обладал крем «Гляссе» с добавлением 5% концентрированного беталаинового красителя. Данный образец крема приобрел приятный ярко-розовый цвет и имел пышную, однородную и стабильную консистенцию.

Выводы/Conclusion

Установлено, что оптимальными условиями для выделения бетаинов из свеклы являются их экстрагирование 95%-ным этиловым спиртом при 25 °C в течение 30 мин., ультразвуковая экстракция при 25 °C в течение 30 мин. и экстрагирование водным раствором при 60 °C в течение 30 мин.

Изменение pH системы оказывает существенное влияние на стабильность и окраску пигмента. Определено, что наиболее стабильная окраска пигмента сохраняется в диапазоне pH = 3,7–8,2. В области pH > 10 про-

исходят трансформационные изменения в структуре бетаинов и резкое изменение окраски пигмента. Экстракты бетаинов при pH > 10 приобретают насыщенный бордовый цвет.

Показано, что полученный методом концентрирования бетаиновый краситель представляет собой жидкость темно-красного цвета, имеющую слабо выраженный свекольный запах и вкус. Концентрированный бетаиновый краситель обладает антирадикальной активностью ($1,49 \pm 0,15$ mM) и содержит в своем составе $11 \pm 0,55$ мг/см³ бетаинов.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта государственной поддержки на создание и развитие передовых инженерных школ (07 июля 2022 г. № 075-15-2022-1143).

FUNDING

The materials were prepared as part of the grant from the state support for the creation and development of advanced engineering schools was provided (July 07, 2022 No. 075-15-2022-1143).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Chhikara N., Kushwaha K., Sharma P., Gat Yu., Panghal A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*. 2019; 272: 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>
- Mella C., Vega-Gálvez A., Uribe E., Pasten A., Mejias N., Quispe-Fuentes I. Impact of vacuum drying on drying characteristics and functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*). *Applied Food Research*. 2022; 2(1): 100120. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100120>
- Seremet (Ceclu) L. et al. Development of several hybrid drying methods used to obtain red beetroot powder. *Food Chemistry*. 2020; 310: 125637. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125637>
- Gandía-Herrero F., García-Carmona F. Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. *Trends in Plant Science*. 2013; 18(6): 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.01.003>
- Polturak G., Aharoni A. «La Vie en Rose»: Biosynthesis, Sources, and Applications of Betalain Pigments. *Molecular Plant*. 2018; 11(1): 7–22. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.10.008>
- Polturak G. et al. Transcriptome and Metabolic Profiling Provides Insights into Betalain Biosynthesis and Evolution in *Mirabilis jalapa*. *Molecular Plant*. 2018; 11(1): 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.12.002>
- Gandía-Herrero F., Escribano J., García-Carmona F. Biological Activities of Plant Pigments Betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016; 56(6): 937–945. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.740103>
- Savitsky T., Wichowski W. The effect of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacity of red beet products. *Food Chemistry*. 2018; 259: 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.143>
- Figiel A. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*. 2010; 98(4): 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.029>
- Kazimierczak R. et al. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014; 94(13): 2618–2629. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6722>
- Устинова Ю.В., Ермолаева Е.О., Шевченко Т.В., Попов А.М., Плотников К.Б. Свойства и применение природных бетаиновых красителей. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*. 2021; (4): 72–79. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-4-72-79>
- Calva-Estrada S.J., Jiménez-Fernández M., Lugo-Cervantes E. Betalains and their applications in food: The current state of processing, stability and future opportunities in the industry. *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2022; 4: 100089. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100089>
- Buijnsters M., Bicanic D., Chirtoc M., Nicoli M.C., Min-Kuo Y. Evaluation of Antioxidative Activity of Some Antioxidants by Means of a Combined. Optothermal Window and a DPPH Free Radical Colorimetry. *Analytical Sciences/Supplements*. 2001; 17(S): s544–s546. <https://doi.org/10.14891/ANALSCISP.17ICPP.0.S544.0>
- Kamiloglu S., Pasli A.A., Ozcelik B., Van Camp J., Capanoglu E. Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) and marmalades: Effect of processing storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*. 2015; 13: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.021>
- Jampani C., Raghavarao K.S.M.S. Process integration for purification and concentration of red cabbage (*Brassica oleracea* L.) anthocyanins. *Separation and Purification Technology*. 2015; 141: 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.11.024>

REFERENCES

- Chhikara N., Kushwaha K., Sharma P., Gat Yu., Panghal A. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*. 2019; 272: 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>
- Mella C., Vega-Gálvez A., Uribe E., Pasten A., Mejias N., Quispe-Fuentes I. Impact of vacuum drying on drying characteristics and functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*). *Applied Food Research*. 2022; 2(1): 100120. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100120>
- Seremet (Ceclu) L. et al. Development of several hybrid drying methods used to obtain red beetroot powder. *Food Chemistry*. 2020; 310: 125637. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125637>
- Gandía-Herrero F., García-Carmona F. Biosynthesis of betalains: yellow and violet plant pigments. *Trends in Plant Science*. 2013; 18(6): 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.01.003>
- Polturak G., Aharoni A. «La Vie en Rose»: Biosynthesis, Sources, and Applications of Betalain Pigments. *Molecular Plant*. 2018; 11(1): 7–22. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.10.008>
- Polturak G. et al. Transcriptome and Metabolic Profiling Provides Insights into Betalain Biosynthesis and Evolution in *Mirabilis jalapa*. *Molecular Plant*. 2018; 11(1): 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.12.002>
- Gandía-Herrero F., Escribano J., García-Carmona F. Biological Activities of Plant Pigments Betalains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016; 56(6): 937–945. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.740103>
- Savitsky T., Wichowski W. The effect of boiling and fermentation on betalain profiles and antioxidant capacity of red beet products. *Food Chemistry*. 2018; 259: 292–303. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.143>
- Figiel A. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*. 2010; 98(4): 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.029>
- Kazimierczak R. et al. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014; 94(13): 2618–2629. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6722>
- Ustinova Yu.V., Ermolaeva E.O., Shevchenko T.V., Popov A.M., Plotnikov K.B. Properties and applications of natural betalain dyes. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex — Healthy Food Products*. 2021; (4): 72–79 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2021-4-72-79>
- Calva-Estrada S.J., Jiménez-Fernández M., Lugo-Cervantes E. Betalains and their applications in food: The current state of processing, stability and future opportunities in the industry. *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 2022; 4: 100089. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100089>
- Buijnsters M., Bicanic D., Chirtoc M., Nicoli M.C., Min-Kuo Y. Evaluation of Antioxidative Activity of Some Antioxidants by Means of a Combined. Optothermal Window and a DPPH Free Radical Colorimetry. *Analytical Sciences/Supplements*. 2001; 17(S): s544–s546. <https://doi.org/10.14891/ANALSCISP.17ICPP.0.S544.0>
- Kamiloglu S., Pasli A.A., Ozcelik B., Van Camp J., Capanoglu E. Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) and marmalades: Effect of processing storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*. 2015; 13: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.021>
- Jampani C., Raghavarao K.S.M.S. Process integration for purification and concentration of red cabbage (*Brassica oleracea* L.) anthocyanins. *Separation and Purification Technology*. 2015; 141: 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.11.024>

16. Valdés A., Vidal L., Beltrán A., Canals A., Garrigós M.C. Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Almond Skin Byproducts (*Prunus amygdalus*): A Multivariate Analysis Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63(22): 5395–5402. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01011>

17. Минзанова С.Т. и др. Бетаиновые пигменты растительного происхождения: выделение, структура и химические свойства. *Бутлеровские сообщения*. 2010; 19(2): 1–11. <https://www.elibrary.ru/ncylcr>

18. Mikołajczyk-Bator K., Pawlak S. The effect of the thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2016; 15(3): 257–265. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.25>

16. Valdés A., Vidal L., Beltrán A., Canals A., Garrigós M.C. Microwave-Assisted Extraction of Phenolic Compounds from Almond Skin Byproducts (*Prunus amygdalus*): A Multivariate Analysis Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63(22): 5395–5402. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01011>

17. Minzanova S.T. et al. Phytoenous betalaine pigments: isolation, structure and chemical properties. *Butlerov Communications*. 2010; 19(2): 1–11 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ncylcr>

18. Mikołajczyk-Bator K., Pawlak S. The effect of the thermal treatment on antioxidant capacity and pigment contents in separated betalain fractions. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2016; 15(3): 257–265. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.3.25>

ОБ АВТОРАХ

Наталья Юрьевна Чеснокова

доктор технических наук, доцент
chesnokova.nyu@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0003-3713-8831>

Алла Алексеевна Кузнецова,

кандидат технических наук, доцент
kuznetsova.aa@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5972-6904>

Людмила Владимировна Левочкина,

кандидат технических наук, доцент
levochkina.lv@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-5621-4871>

Максим Андреевич Тарабаев,

бакалавр
tarabaev.ma@students.dvfu.ru
Дальневосточный федеральный университет,
о. Русский, пос. Аякс, 10, Владивосток, 690922, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Natalia Yuryevna Chesnokova,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
chesnokova.nyu@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0003-3713-8831>

Alla Alekseevna Kuznetsova,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
kuznetsova.aa@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5972-6904>

Ludmila Vladimirovna Levochkina,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
levochkina.lv@dvfu.ru
<http://orcid.org/0000-0002-5621-4871>

Maksim Andreevich Tarabaev,

Bachelor
tarabaev.ma@students.dvfu.ru
Far Eastern Federal University,
10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok, 690922, Russia

удк 664.851.8

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-191-195

С.Н. Кравченко, ✉

Д.М. Попов,

А.С. Санкин,

Н.В. Кузнецов

Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия,
Кемерово, Россия

✉ k-sn@mail.ru

Поступила в редакцию:
29.05.2023

Одобрена после рецензирования:
14.08.2023

Принята к публикации:
30.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-191-195

Sergey N. Kravchenko, ✉

Dmitry M. Popov,

Anatoly S. Sankin,

Nikolay V. Kuznetsov

Kuzbass State Agricultural Academy,
Kemerovo, Kemerovo region — Kuzbass,
Russia

✉ k-sn@mail.ru

Received by the editorial office:
29.05.2023

Accepted in revised:
14.08.2023

Accepted for publication:
30.08.2023

Технология переработки ягод черники в концентрированные экстракты

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Производство продуктов питания с использованием плодово-ягодного сырья является одним из основных направлений в создании продуктов с высокой пищевой ценностью. Наибольшие перспективы в этом направлении в качестве ингредиентов имеют концентрированные плодово-ягодные экстракты благодаря удобству хранения и простоте способа внесения в продукты. Разработка технологий получения концентрированных экстрактов функциональной направленности из плодово-ягодного сырья, обеспечивающих сохранность полезных для организма веществ, в последнее время становится всё более актуальной.

Методы. Объектами исследования являлись высушенные ягоды и выжимки черники, полученные из них экстракты. В качестве основных показателей в объектах определялось содержание витамина C, биофлавоноидов, дубильных веществ, органических кислот и др. общепринятыми стандартными методами. Антиоксидантная активность экстрактов определялась кинетическим методом.

Результаты. Разработана технология производства экстрактов из плодово-ягодного сырья, обеспечивающая минимальное влияние отрицательных факторов на комплекс биологически активных веществ плодово-ягодного сырья в процессе переработки и их высокую сохранность, что позволяет получать экстракты функциональной направленности и высокой антиоксидантной активности.

Ключевые слова: плодово-ягодное сырье, технология, экстракты, антиоксидантные свойства, ягоды, выжимки

Для цитирования: Кравченко С.Н., Попов Д.М., Санкин А.С., Кузнецов Н.В. Технология переработки ягод черники в концентрированные экстракты. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 191–195. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-191-195>

© Кравченко С.Н., Попов Д.М., Санкин А.С., Кузнецов Н.В.

Technology for processing blueberries into concentrated extracts

ABSTRACT

Relevance. The production of food products using fruit and berry raw materials is one of the main directions in the creation of products with high nutritional value. The greatest prospects in this direction as ingredients are concentrated fruit and berry extracts due to the convenience of storage and the simplicity of the method of adding to products. The development of technologies for obtaining concentrated extracts of a functional orientation from fruit and berry raw materials, which ensure the safety of substances useful for the body, has recently become more and more relevant.

Methods. The objects of the study were dried berries and pomace of blueberries, extracts obtained from them. As the main indicators in the objects, the content of vitamin C, bioflavonoids, tannins, organic acids, etc. was determined by generally accepted standard methods. The antioxidant activity of the extracts was determined by the kinetic method.

Results. A technology for the production of extracts from fruit and berry raw materials has been developed, which ensures minimal influence of negative factors on the complex of biologically active substances of fruit and berry raw materials during processing and their high safety, which makes it possible to obtain extracts of functional orientation and high antioxidant activity.

Key words: fruit and berry raw materials, technology, extracts, antioxidant properties, berries, pomace

For citation: Kravchenko S.N., Popov D. M., Sankin A.S., Kuznetsov N.V. Technology for processing blueberries into concentrated extracts. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 191–195 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-191-195>

© Kravchenko S.N., Popov D.M., Sankin A.S., Kuznetsov N.V.

Введение/Introduction

В последнее время в России, как и за рубежом, отмечается устойчивый тренд роста спроса на продукты питания с использованием натуральных ингредиентов растительного происхождения благодаря содержанию в них большого количества витаминов, микро- и макроэлементов и других природных высокоэффективных биологически активных комплексов [1, 2].

При изучении многочисленных подобных ингредиентов наиболее перспективными можно считать концентрированные плодово-ягодные экстракты, отличающиеся простотой технологии внесения в продукт. Пищевые продукты, произведенные на их основе, способствуют улучшению активности и работоспособности, повышают антиоксидантную защиту организма [3–5] и оказывают другое положительное влияние на здоровье человека.

Сибирь имеет значительные площади, богатые различными растительными ресурсами плодово-ягодного, лекарственно-технического и другого сырья.

Сегодня всё чаще становится актуальным применение технологий комплексной переработки плодово-ягодного и другого растительного сырья и производства на его основе продуктов питания, особенно для регионов с развитой промышленностью и плохой экологической обстановкой, в том числе Кузбасса. Это определяет поиск и создание новых видов продуктов функционального назначения для различных слоев населения в зависимости от состояния их здоровья.

Развитие этого направления требует проведения большого объема научных исследований в области изучения химического состава местного плодово-ягодного сырья и продуктов его переработки для разработки технологий производства на его основе экстрактов с функциональными свойствами.

Например, применение в производстве высушенных ягод имеет несколько преимуществ. Так, существенно снижается масса ягод, что приводит к уменьшению складских и транспортных расходов, включая затраты на тару. Высушенные ягоды содержат биологически активные и другие питательные вещества в концентрированном виде, не требовательны к условиям хранения [6, 7].

Следует отметить, что большинство пищевых предприятий, занимающихся переработкой ягод, чаще всего получают из них сок, а выжимки в производстве используются крайне редко. Однако выжимки, так же как и ягоды, могут служить источником биологически активных веществ [8, 9].

Цель работы — разработка технологии переработки ягод черники в концентрированные экстракты функционального назначения.

Методы и материалы / Methods and materials

В качестве объектов исследования на разных этапах исследования были высушенные ягоды и выжимки сортовой смеси черники, произрастающей в Томской

области (Россия) урожая 2021 г., а также полученные из них экстракты.

В высушенных ягодах черники, выжимках или экстрактах определяли содержание массовой доли сухих веществ (по ГОСТ 28561-90¹), массовой доли растворимых сухих веществ (по ГОСТ 28562-90²), углеводов (по ГОСТ 8756.13-87³), азотистых веществ (по методу Кьельдаля (модификации)⁴), клетчатки (весовым методом⁴), титруемой кислотности — в пересчете на яблочную кислоту (по ГОСТ 25555.0-82⁵), пектиновых веществ — титриметрическим методом (по ГОСТ 29059-91⁶), витамина С (по ГОСТ 24556-89⁷), биофлавоноидов — по рутину (спектрофотометрическим методом⁸), дубильных веществ — методом Левентала (по ГОСТ 24027.2-80⁹), β-каротина — методом calorimetрического титрования (по ГОСТ 8756.22-80¹⁰), золы (по ГОСТ 25555.4-91¹¹).

Антиоксидантные свойства экстрактов определялись кинетическим методом с помощью модельной реакции инициированного окисления кумола¹².

Все исследования проводились в трех-пятикратной повторности. Результаты исследований обрабатывались современными методами расчета статистической достоверности измерений с помощью программы Microsoft Excel (США).

Результаты и обсуждения / Results and discussion

В настоящее время переработка плодово-ягодного сырья у многих предприятий носит сезонный характер, поэтому важное значение имеет его консервирование (например, сушка, замораживание) для его сохранности и работы производства в течение года без перебоев с сырьем.

В связи с этим была разработана технология переработки плодово-ягодного сырья в экстракты, состоящей из трех основных этапов — подготовки плодово-ягодного сырья, экстракции, концентрирования, где формируются качественные показатели экстрактов (рис. 1).

На первом этапе осуществляют подготовку ягод черники, которые перед началом переработки очищают от травы, листьев и разных примесей. Далее ягоды моют и удаляют прилипшую землю, грязь, что позволяет понизить обсемененность нежелательной микрофлорой. После мойки сырье инспектируют, удаляя гнилые, мятые или незрелые ягоды, оставшиеся посторонние примеси. После проведения инспекции сырье разделяют на потоки, часть свежих ягод высушивают до влажности 12–14% при температуре не выше 45–50 °С, что обеспечивает сохранность термолабильных биологически активных веществ в сырье. Другую часть ягод подвергают заморозке и хранят при температуре -18 °С. Замораживание ягод позволяет разрушить их клеточную структуру за счет частичной потери влаги, что способствует (при дальнейшей переработке) более легкой сокоотдаче.

¹ ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги (с изм. № 1).

² ГОСТ 28562-90 Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ.

³ ГОСТ 8756.13-87 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров.

⁴ Методы биохимического исследования растений // А.И. Ермаков и др.; под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение. 1987; 430.

⁵ ГОСТ 25555.0-82 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности.

⁶ ГОСТ 29059-91 Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ.

⁷ ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.

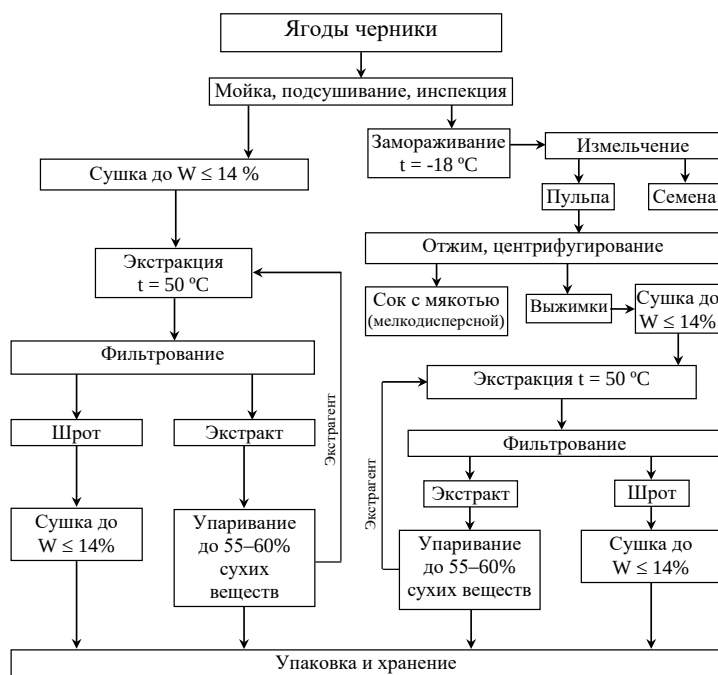
⁸ Марх А.Т. Технохимический контроль консервного производства. Москва. 1989; 304.

⁹ ГОСТ 24027.2-80 Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла.

¹⁰ ГОСТ 8756.22-80 Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина.

¹¹ ГОСТ 25555.4-91 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения золы и щелочности общей и водорастворимой золы.

¹² Калинкина Г.И., Писарева С.И. Метод определения антиоксидантной активности растительных водноспиртовых экстрактов. Химико-фармацевтический журнал. 1992; (1): 65, 66.

Рис. 1. Технология переработки ягод черники**Fig. 1.** Blueberry processing technology

Измельчение замороженных свежих ягод проводят на протирочной машине, что позволяет получить однородную пастообразную консистенцию (пульпу), состоящую из сока, мякоти и измельченной оболочки. В процессе измельчения семена хорошо отделяются и могут применяться как посевной материал, обладающий всхожестью до 95%, или из них можно получать жирное масло, растительный белок и клетчатку [10].

После отделения сока от пульпы в процессе отжима и центрифугирования полученные выжимки, содержащие значительное количество биологически активных веществ, сушатся до влажности 12–14%.

После сушки ягоды и выжимки черники определены физико-химические показатели (табл. 1).

Сравнение полученных данных (табл. 1) позволяет сделать вывод, что продукты переработки черники (высушенные выжимки и ягоды) обладают высокой пищевой ценностью, однако биологически активные вещества, содержащиеся в них, неравномерно распределены. После отжатия сока в выжимках остается значительное количество минеральных соединений, а также нерастворимые или малорастворимые в воде

соединения (дубильные, пектиновые вещества и др.)

На втором этапе проводят экстракцию высушенных выжимок и ягод в разработанном аппарате для диспергирования и экстрагирования [11], что позволяет осуществлять процесс без предварительного измельчения сырья. Соотношение «сырье — экстрагент» — 1:8, температура процесса — не выше 50 °C. В качестве растворителей используют воду, этанол или их растворы в концентрациях 30% и 60%. Применение экстрагентов с разной растворяющей способностью позволяет изменять спектр веществ, извлекаемых из плодово-ягодного сырья, а их последовательное применение дает возможность получать экстракты разной биологической активности, соответственно, и разного функционального назначения, а также практически полностью истощить экстрагируемое сырье. При использовании вышеупомянутых растворителей физико-химические показатели экстрактов составляли (массовая доля): сухих растворимых веществ — 3,93–5,37%, углеводов — 1,08–3,62%, органических кислот — 0,06–0,59%, витамина C — 0,54–11,63 мг / 100 г, биофлавоноидов — 119–444 мг / 100 г, β-каротина — 0,03–0,57 мг / 100 г, дубильных веществ — 0,18–0,73 г / 100 г.

На третьем этапе осуществляется концентрирование полученных экстрактов в вакуумном горизонтальном роторно-пленочном аппарате [12] при остаточном давлении $P = 4,8\text{--}5$ кПа и температуре не выше 50 °C до содержания сухих веществ 55–60%. Это позволяет сохранить термолабильные соединения растительного происхождения до 92%, содержащиеся в экстрактах, и обеспечивает более длительный срок хранения благодаря химической и микробиологической стабильности.

Поскольку продукты переработки ягод черники содержат значительное количество биологически активных веществ, были исследованы антиоксидантные характеристики концентрированных экстрактов черники (табл. 2).

Анализ данных (табл. 2) позволяет сделать вывод, что исследуемые экстракты черники проявляют выраженные антиоксидантные свойства. Определено влияние экстрагента на антиоксидантные свойства экстрактов, которые ухудшаются в ряду из:

• высушенной ягоды: водно-спиртовой раствор 60% > этанол > водно-спиртовой раствор 30% > вода;

Таблица 1. Физико-химические показатели высушенных ягод и выжимок черники
Table 1. Physical and chemical parameters of dried berries and blueberry pomace

Наименование показателя	Массовая доля в:	
	выжимках	ягодах
Сухие вещества, %	87,7 ± 1,8	86,9 ± 2,7
Углеводы, %	21,8 ± 0,8	48,8 ± 1,2
Пектиновые вещества, %	9,6 ± 0,6	3,2 ± 0,2
Азотистые вещества, %	8,0 ± 0,6	5,2 ± 0,3
Зола, %	2,4 ± 0,2	1,7 ± 0,1
Дубильные вещества, г / 100 г	9,1 ± 0,4	3,5 ± 0,4
Органические кислоты, %	2,2 ± 0,1	7,3 ± 0,5
Клетчатка, %	33,1 ± 1,9	16,6 ± 0,6
Витамин C, мг / 100 г	35,5 ± 2,3	180,9 ± 5,1
β-каротин, мг / 100 г	2,20 ± 0,33	7,43 ± 0,17
Биофлавоноиды, мг / 100 г	2700 ± 112	7073 ± 188

Таблица 2. Общие кинетические характеристики антиоксидантов в концентрированных экстрактах из высушенных ягод (выжимок черники)
Table 2. General kinetic characteristics of antioxidants in concentrated extracts from dried berries (blueberry pomace)

Концентрированный экстракт	Время торможения реакции окисления, сек.	Содержание антиоксидантов, моль/кг	Содержание антиоксидантов в пересчете на ионол, % масс.
Водный	2530 870	0,287 ± 0,013 0,099 ± 0,012	3,16 1,09
30%-ный водно-спиртовой	2837 1735	0,322 ± 0,011 0,197 ± 0,023	3,55 2,17
60%-ный водно-спиртовой	5842 2243	0,662 ± 0,019 0,254 ± 0,022	7,29 2,80
Спиртовой	4287 3119	0,486 ± 0,022 0,354 ± 0,014	5,35 3,90

Таблица 3. Физико-химические показатели концентрированных экстрактов черники
Table 3. Physical and chemical parameters of concentrated blueberry extracts

Наименование показателя	Массовая доля в концентрированном экстракте из высушенных	
	выжимок	ягод
Сухие растворимые вещества, %	58,1 ± 0,2	57,2 ± 0,4
Углеводы, %	26,1 ± 0,4	41,3 ± 0,6
Органические кислоты, %	1,4 ± 0,1	5,2 ± 0,3
Витамин С, мг / 100 г	13,4 ± 1,1	87,5 ± 4,3
Биофлавоноиды, мг / 100 г	2736 ± 102	5590 ± 123
β-каротин, мг / 100 г	3,8 ± 0,4	3,4 ± 0,1
Дубильные вещества, %	13 ± 0,3	3,6 ± 0,2

• высушенных выжимок: этанол > водно-спиртовой раствор 60% > водно-спиртовой раствор 30% > вода.

В таблице 3 представлены физико-химические показатели концентрированных 60%-ных водно-спиртовых экстрактов из высушенных ягод и спиртовых экстрактов из выжимок черники, обладающих наибольшей антиокислительной активностью.

Данные (табл. 3) показывают, что полученные концентрированные экстракты обладают высокой пищевой ценностью и могут быть дополнительным источником витамина С, биофлавоноидов, дубильных веществ и др. Экстракты имеют выраженный кисло-сладкий приятный вкус, свойственный чернике, без уваренных тонов, что позволяет их широко использовать в качестве рецептурных ингредиентов пищевых продуктов.

Выводы/Conclusions

Таким образом, разработанная технология обеспечивает мягкие режимно-технологические параметры, которые исключают (или сводят до минимума) негативное влияние на комплекс биологически активных веществ плодово-ягодного сырья в процессе переработки, что способствует их высокой сохранности. Так, потери витамина С составляют не более 8%.

Экстракты, полученные по такой технологии из высушенных выжимок и ягод черники, обладают высокой пищевой ценностью и проявляют высокие антиокислительные свойства (содержание антиоксидантов в пересчете на ионол — 1,09–7,29% масс.).

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

- Шариков А.Ю., Соколова Е.Н., Амелякина М.В., Поливановская Д.В., Серба Е.М. Использование брусники в экструдированных продуктах, готовых к употреблению. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022; (4): 191–200. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.379>
- Алексеев Е.В., Каримова Н.Ю., Цветкова А.А. Способы переработки ягод черники: современное состояние и перспективы развития. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023; (1): 22–44. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.353>
- Креккер Л.Г., Колосова Е.В. Антиоксидантная активность как функциональное преимущество кисломолочного продукта в процессе хранения. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022; (2): 147–160. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.348>
- Котова Т.В., Мальцева Е.М., Вальнюкова А.С., Bhatia N., Тихонова О.Ю. Антиоксидантная активность цетрарии исландской (*Cetraria islandica* (L.) Ach.), используемой в качестве биологически активной добавки. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2022; (2): 107–119. <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.305>
- Нилова Л.П., Малиютенкова С.М., Лебедева П.С. Оценка антиоксидантных свойств коммерческих гранатовых соков. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2023; (1): 83–96 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.401>
- Горобцов Е.И. Разработка энергосберегающей технологии сублимационной сушки плодов и плодовых культур с использованием СВЧ- и УЗ-излучений. *Вестник КрасГАУ*. 2013; (10): 235–239. <https://elibrary.ru/rdocpd>
- Грибова Н.А., Беркетова Л.В., Акимова Н.А. Перспективы развития перерабатывающей промышленности в области переработки плодово-ягодного сырья. *Научное обозрение*. 2015; (24): 107–110. <https://elibrary.ru/vogmpb>
- Paraman I., Sharif M.K., Supriyadi S., Rizvi S.S.H. Agro-food industry byproducts into value-added extruded foods. *Food and Bioprocess Processing*. 2015; 96: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.07.003>
- Chowdhary P., Gupta A., Gnansounou E., Pandey A., Chaturvedi P. Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition. *Environmental Pollution*. 2021; 278: 116796. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116796>
- Терещук Л.В., Павлов С.С. Получение биологически ценных продуктов из плодов облепихи. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2000; (1): 46–48. <https://elibrary.ru/qbwadn>
- Кравченко С.Н., Миллер Е.С., Плотнокова И.О., Попов А.М. Совершенствование процесса экстрагирования в производстве быстрорастворимых напитков. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018; (1): 5–10. <https://elibrary.ru/ywnyon>

REFERENCES

- Sharikov A.Yu., Sokolova E.N., Amelyakina M.V., Polivanovskaya D.V., Serba E.M. The use of cranberries in extruded products ready for consumption. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022; (4): 191–200 (In Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.379>
- Alekseenko E.V., Karimova N.Yu., Tsvetkova A.A. The Current State and Prospects for the Development of Methods for Processing Bilberries: Scoping Review. *Storage and Processing of Farm Products*. 2023; (1): 22–44 (In Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.353>
- Krekker L.G., Kolosova E.V. Antioxidant Activity as a Functional Advantage of a Fermented Milk Product During Storage. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022; (2): 147–160 (In Russian). <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.348>
- Kotova T.V., Maltseva E.M., Valnyukova A.S., Bhatia N., Tikhonova O.Yu. Antioxidant activity of Icelandic Cetraria (*Cetraria islandica* (L.) Ach.), used as a dietary supplement. *Storage and Processing of Farm Products*. 2022; (2): 107–119 (In Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2022.305>
- Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Lebedeva P.S. Evaluation of Antioxidant Properties of Commercial Pomegranate Juices. *Storage and Processing of Farm Products*. 2023; (1): 83–96 (In Russian). <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.401>
- Gorobtsov E.I. The development of energy saving technology for the fruit and fruit crop sublimation drying using microwave and ultrasonic radiation. *Bulletin of KSAU*. 2013; (10): 235–239 (In Russian). <https://elibrary.ru/rdocpd>
- Gribova N.A., Berketova L.V., Akimova N.A. Development prospects of processing industry in the sphere of processing fruits and berries. *Nauchnoe obozrenie*. 2015; (24): 107–110 (In Russian). <https://elibrary.ru/vogmpb>
- Paraman I., Sharif M.K., Supriyadi S., Rizvi S.S.H. Agro-food industry byproducts into value-added extruded foods. *Food and Bioprocess Processing*. 2015; 96: 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.07.003>
- Chowdhary P., Gupta A., Gnansounou E., Pandey A., Chaturvedi P. Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition. *Environmental Pollution*. 2021; 278: 116796. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116796>
- Tereshchuk L.V., Pavlov S.S. Obtaining biologically valuable products from sea buckthorn fruits. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2000; (1): 46–48 (In Russian). <https://elibrary.ru/qbwadn>
- Kravchenko S.N., Miller E.S., Plotnikova I.O., Popov A.M. Improvement of the Extraction Process in the Production of Instant Drinks. *Storage and Processing of Farm Products*. 2018; (1): 5–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/ywnyon>

12. Кравченко С.Н., Попов Д.М., Рензяев А.О., Миллер Е.С. Оптимизация процесса концентрирования экстрактов из плодово-ягодного сырья. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2019; (4): 82–86. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.21>

12. Kravchenko S.N., Popov D.M., Renzyaev A.O., Miller E.S. Optimization of the process of concentrating extracts from fruit and berry raw materials. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2019; (4): 82–86 (In Russian). <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.21>

ОБ АВТОРАХ

Сергей Николаевич Кравченко,

доктор технических наук, доцент

k-sn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4537-3663>

Дмитрий Михайлович Попов,

кандидат технических наук

pdm2005@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4636-5166>

Анатолий Сергеевич Санкин,

аспирант

tj6666@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0006-8578-970X>

Николай Валерьевич Кузнецов

аспирант

Nikola0001@rambler.ru

<https://orcid.org/0009-0000-2068-7442>

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия,
ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Sergey Nikolaevich Kravchenko,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

k-sn@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4537-3663>

Dmitry Mikhailovich Popov,

Candidate of Technical Sciences

pdm2005@rambler.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4636-5166>

Anatoly Sergeevich Sankin,

Graduate Student

tj6666@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0006-8578-970X>

Nikolay Valerievich Kuznetsov,

Graduate Student

Nikola0001@rambler.ru

<https://orcid.org/0009-0000-2068-7442>

Kuzbass State Agricultural Academy,
5 Markovtsev Str., Kemerovo, 650056, Russia

УДК 631.151.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200

А.В. Видякин, ✉
В.А. Лебедь*Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия,
Кемерово, Россия*✉ vav.kemerovo@rambler.ruПоступила в редакцию:
26.06.2023Одобрена после рецензирования:
15.08.2023Принята к публикации:
31.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200

Aleksandr V. Vidyakin, ✉
Viktoria A. Lebed*Kuzbass State Agricultural Academy
Kemerovo, Russia*✉ vav.kemerovo@rambler.ruReceived by the editorial office:
26.06.2023Accepted in revised:
15.08.2023Accepted for publication:
31.08.2023

Статистический прогноз развития зернового производства в Кемеровской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Рост геополитической напряженности, климатических изменений приводит к снижению стабильности на мировом рынке зерна, что обеспечивает актуальность дальнейшего роста производства данной продукции в нашей стране. Такая задача ставится и для промышленных регионов, обладающих для этого необходимыми возможностями, что в первую очередь должно повысить уровень самообеспеченности. Несмотря на определенные успехи за последние годы, сохраняются значительные резервы дальнейшего роста производства зерна.

Методы. В процессе исследования использованы методы сравнения, экономико-статистический, трендового анализа динамических рядов, расчетно-конструктивный, абстрактно-логический и другие.

Результаты. На основании использования официальных статистических данных осуществлена оценка сложившихся закономерностей и тенденций в динамике производства зерна, в том числе по основным культурам в Кемеровской области. Определено влияние основных факторов на валовой сбор зерновых культур. На основании трендового анализа динамических рядов делается прогноз урожайности зерновых культур. Оцениваются резервы роста посевных площадей и валового сбора зерновых культур до 2025 г.

Ключевые слова: зерновое производство, валовой сбор зерна, факторы, влияющие на валовой сбор, прогноз валового сбора зерна на основе анализа динамических рядов, Кемеровская область

Для цитирования: Видякин А.В., Лебедь В.А. Статистический прогноз развития зернового производства в Кемеровской области. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 196–200. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200>

© Видякин А.В., Лебедь В.А.

Statistical forecast of the grain production development in Kemerovo region

ABSTRACT

Relevance. The growth of geopolitical tensions and climate change lead to a decrease in stability in the world grain market, which ensures the relevance of further grain production growth in our country. Such a task is also set for industrial regions that have the necessary capabilities for this, which should increase the level of self-sufficiency. Despite certain successes in recent years, significant reserves remain for further growth in grain production.

Methods. In the course of the study, there were used methods of comparison, economic-statistical, trend analysis of dynamic series, calculation-constructive, abstract-logical and other methods.

Results. Based on the official statistics, an assessment was made of the existing patterns and trends in the dynamics of grain production, incl. on the main crops in the Kemerovo region. The influence of the main factors on the gross harvest of grain crops is determined. A forecast was made for the yield of grain crops based on a trend analysis of time series. The reserves for the growth of sown areas and the gross harvest of grain crops until 2025 were estimated.

Key words: grain production, gross grain harvest, factors affecting gross harvest, gross grain harvest forecast based on the analysis of time series, Kemerovo region

For citation: Vidyakin A.V., Lebed V.A. Statistical forecast of the grain production development in Kemerovo region. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 196–200 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200>

© Vidyakin A.V., Lebed V.A.

Введение/Introduction

Основой обеспечения населения продовольствием являются зерновые культуры, которые также незаменимы в производстве продукции животноводства, что делает данную подотрасль сельского хозяйства стратегически важной для любой страны мира.

За последние годы на глобальном зерновом рынке произошли заметные изменения, что существенно повлияло на мировую политику и экономику. Одну из лидирующих позиций на этом рынке сегодня занимает Россия, при этом наши амбиции будут сохраняться и в дальнейшем. По мнению ряда специалистов, во многих регионах мира в 2023 г. в связи с засухой прогнозируется снижение производства зерновых, что может привести к сокращению имеющихся запасов, а это автоматически окажет влияние на рост цен даже при небольшом дефиците [1, 2]. В то же время, по другим данным, ситуация прогнозируется несколько лучше, тем не менее стабильность на мировом зерновом рынке в ближайшие годы будет под большим вопросом¹, поэтому важность обеспечения устойчивого роста производства зерна является актуальной стратегической задачей для любого государства.

Россия, обладая значительными производственными возможностями в аграрном производстве, просто обязана обеспечивать продовольствием не только собственное население, но и еще больше продавать на мировом рынке, извлекая из этого максимальную пользу, причем не только экономическую [3, 4].

Согласно принятой в 2019 г. Правительством Российской Федерации долгосрочной Стратегии развития зернового комплекса до 2035 года² в ее базовом сценарии производство зерна будет стабильно превышать 150 млн т, а к концу прогнозного периода экспорт должен превысить 60 млн т. Кроме количественных параметров, в стратегии особое внимание уделяется качеству производимого зерна, научно-техническому обеспечению отрасли, активизации развития транспортно-логистической инфраструктуры, то есть всему, что дает возможность развивать производство дальше. Сегодня уже можно говорить, что многие из поставленных целей будут достигнуты в ближайшие годы.

Для Кемеровской области задача роста уровня самообеспеченности в производстве зерна является одной из центральных задач в сфере аграрного производства. В регионе принята и успешно реализуется стратегия развития сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Кемеровской области на период до 2035 года³, которая призвана обеспечить поступательное развитие отрасли в ближайшие десятилетия.

Известно, что Кемеровская область — Кузбасс — это промышленно развитый регион Западной Сибири, в котором доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте (ВРП) составляет порядка 3%. При этом географически регион расположен в зоне рискованного земледелия, сельское население в 2022 г. составляло менее 14%, а в аграрном производстве было задействовано около 3% занятых⁴. Однако, несмотря на относительно небольшую долю, региональное аграрное

Таблица 1. Динамика посевных площадей зерновых культур в Кемеровской области
Table 1. Dynamics of grain crops sown areas in Kemerovo region

Показатели	Год	Всего зерновых	Зерновые культуры, в том числе			
			пшеница	ячмень	овес	прочие
Посевные площади, тыс. га	2010	679,63	429,64	115,64	93,58	40,77
	2014	588,89	284,09	128,64	134,34	41,82
	2018	536,12	260,91	108,26	105,67	61,28
	2022	623,56	333,07	123,18	72,33	94,98
	относ. откл., 2022 к 2010, %	-8,25	-22,48	6,52	-22,71	132,96
Приходится на одного жителя региона посевной площади, га	2010	0,25	0,16	0,04	0,03	0,01
	2014	0,22	0,10	0,05	0,05	0,02
	2018	0,20	0,10	0,04	0,04	0,02
	2022	0,24	0,13	0,05	0,03	0,04
	относ. откл., 2022 к 2010, %	-3,77	-19,69	18,81	-6,98	266,43

производство считается одним из самых современных и конкурентоспособных в стране.

Основная подотрасль растениеводства — зерновое производство, на которое приходится более 64,3% всех посевных площадей. Количественный и качественный рост производства зерна выступает в качестве локомотива развития всей отрасли, поэтому крайне важно максимально эффективно использовать все имеющиеся резервы дальнейшего роста производства зерна.

На объемы производства зерна влияют два основных фактора — посевные площади зерновых культур и их урожайность, которые в свою очередь формируются под влиянием большого количества факторов второго порядка.

Проанализируем динамику посевных площадей зерновых культур в Кемеровской области — Кузбассе как в абсолютном размере, так и в расчете на одного жителя региона (табл. 1).

Используя удельный показатель, можно более глубоко понимать происходящее, что в свою очередь дает возможность точнее прогнозировать будущее. Учитывая, что численность населения в регионе в 2010 г. составляла 2767,1 тыс. человек, а в 2022-м — уже 2592,0 тыс.⁵ (снижение на 6,3%), то это непосредственно влияет и на уровень самообеспеченности. Если в 2010 г. на душу населения приходилось 0,25 га посевной площади всех зерновых культур, то в 2022-м — 0,24 га, или 96% от уровня 2010 г. Получается, что посевные площади сокращаются несколько быстрее, чем население. Отметим, что общие посевные площади зерновых культур за 2010–2022 гг. сократились на 3,77%, пшеницы и овса — на 19,69% и 6,98% соответственно, при этом посевные площади ячменя выросли на 18,81%, а прочих зерновых культур, к которым относятся озимая рожь, гречиха и зернобобовые, — на 132%.

В целом можно говорить, что за 12 рассматриваемых лет в Кемеровской области — Кузбассе десятки тысяч гектаров пашни «выпали» из сельскохозяйственного оборота и сегодня практически не используются. Аналогичная ситуация в регионе сложилась и по другим сельскохозяйственным культурам, включая кормо-

¹ Публикуемая ФАО сводка предложения зерновых и спроса на зерновые от 02.06.2023. — URL: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> (дата обращения: 20.06.2023).

² Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года. 2019; 1796-р.

³ Стратегия развития сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности Кемеровской области на период до 2035 года. 2019; 143-р.

⁴ Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики. — URL: <https://42.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.06.2023).

⁵ Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики. — URL: <https://42.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.06.2023).

вые, пастбищам и сенокосам. Данный факт дает возможность утверждать, что сегодня еще существует возможность относительно менее затратно вернуть большую часть этих земель в аграрное производство, и это уже происходит. Производители уже не первый год занимаются возвращением ранее брошенных земель в оборот.

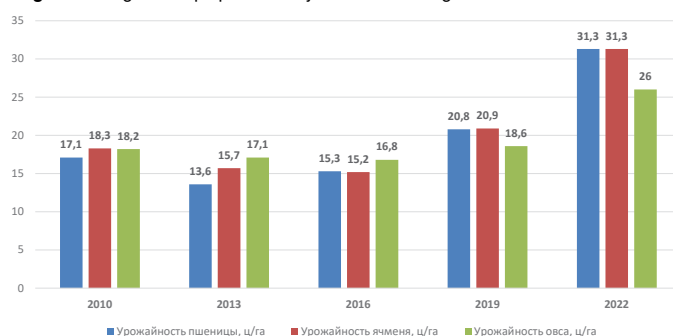
Вторым фактором роста объема валового сбора является урожайность, динамика которой представлена на рисунке 1.

Хорошо видно, что урожайность зерновых культур в целом выросла. Так, в 2022 г. к 2010 г. у пшеницы наблюдалось увеличение более чем в 1,8 раза, ячменя — в 1,7 раза, овса — в 1,4 раза. Такая динамика урожайности повлияла на размер валового сбора зерна в хозяйствах Кемеровской области (табл. 2).

В 2022 году был получен рекордный урожай зерновых (более 1833 тыс. т), что выше уровня 2010 г. на 71,6%. Наблюдался рост по всем видам зерновых культур, особенно сильно выросло производство прочих зерновых культур (почти в семь раз).

В расчете на одного жителя производство (кроме 2022 г.) не превышало 0,5 т. Это косвенно говорит о том, что Кемеровская область не обеспечивает себя

Рис. 1. Урожайность основных зерновых культур в Кемеровской области⁶
Fig. 1. Main grain crops productivity in Kemerovo region



необходимыми зерновыми. Если рассматривать данный показатель в развитых странах, то там норма обеспеченности зерном — 1 т (в расчете на одного человека). Поэтому можно говорить, что для полного обеспечения населения области зерном требуется увеличить производство практически в два раза.

Для оценки влияния на изменение объемов собранного зерна основных факторов сформировали таблицу 3.

Оценка значения факторов методом цепных подстановок показывает, что на рост валового сбора зерна в размере 6609 тыс. ц в 2022 г. к уровню 2010-го оказала влияние выросшая на 8,5 ц/га средняя урожайность, что обеспечило рост сбора на 7576,2 тыс. ц, в то время как снижение посевных площадей на 56 068 га привело к снижению сбора на 967,2 тыс. ц.

Методы и материалы исследований / Methods and materials

Кроме того, были использованы научные методы: сравнения, монографический, экономико-статистический, расчетно-конструктивный, абстрактно-логический и другие [5, 6].

Проведение исследования позволяет достичь цели прогнозирования производства зерновых культур в промышленном регионе, оценить влияние основных факторов на данный объем. Осуществив трендовый анализ динамических рядов с использованием Microsoft Excel (США), спрогнозирована урожайность зерновых культур.

Для выполнения исследования использовались официальные данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области — Кузбассу (г. Кемерово, Россия) за 2010–2022 гг.

Результаты и обсуждения / Results and discussion

Для изучения изменчивости показателя урожайности зерновых культур Кемеровской области — Кузбасса и расчета прогнозных значений были сформированы динамические ряды. Основная задача построения динамических рядов заключается в определении тенденций развития и находжений закономерностей изменения показателя, в данном случае урожайности, на основе применения трендового анализа. В рядах динамики тренд или общая тенденция развития определяется уровнями ряда и визуальной оценкой его исходной динамики. Как правило, под влиянием различных факторов можно наблюдать неравномерное изменение динамического ряда. В этом случае становится сложно проследить за общей тенденцией развития изучаемого явления.

Таблица 2. Динамика валового сбора зерновых культур в Кемеровской области — Кузбассе за 2010–2022 гг.
Table 2. Dynamics of the gross harvest of grain crops in t Kemerovo region — Kuzbas for 2010–2022

Показатели	Год	Всего зерновых	В том числе			
			пшеница	ячмень	овес	прочие
Валовой сбор, тыс. т	2010	1172,4	732	211,9	170,2	58,3
	2014	953,3	450,9	222,1	223,8	56,4
	2018	996,4	506,5	208	185,8	96,2
	2022	1833,3	1043,3	387,2	187,8	393,9
	относ. откл., 2022 к 2010, %	56,4	42,5	82,7	10,3	575,6
Приходится на одного жителя региона валового сбора, кг	2010	423,7	264,5	76,6	61,5	21,1
	2014	349,2	165,2	81,4	82	20,7
	2018	371,1	188,7	77,5	69,2	35,8
	2022	707,8	402,5	149,4	72,5	152,0
	относ. откл., 2022 к 2010, %	67,1	52,2	95,0	17,8	620,2

Таблица 3. Факторный анализ увеличения объемов производства зерна в Кемеровской области
Table 3. Factor analysis of the grain production increase in Kemerovo region

Показатели	Урожайность, ц/га		Абсолютное изменение, всего (+, -)	За счет изменения:	
	2010 г.	2022 г.		посевной площади	урожайности
Зерновые и зернобобовые культуры, всего (в массе после доработки)					
Урожайность, ц/га	17,3	29,5	12,2	-967,2	7576,2
Посевная площадь, га	679 630	623 562	-56 068		
Валовой сбор, тыс. ц	11 723,7	18 332,7	6609,0		
Пшеница					
Урожайность, ц/га	17,1	31,3	14,2	-1645,3	4758,4
Посевная площадь, га	429 640	333 074	-96 566		
Валовой сбор, тыс. ц	7320,1	10 433,2	3112,9		
Ячмень					
Урожайность, ц/га	18,3	31,3	13	138,2	1614,1
Посевная площадь, га	115 640	123 181	7541		
Валовой сбор, тыс. ц	2119,3	3871,6	1752,3		
Овес					
Урожайность, ц/га	18,2	26	7,8	-386,5	562,5
Посевная площадь, га	93 580	72 329	-21 251		
Валовой сбор, тыс. т	1702	1878,0	176,0		

⁶ Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики. — URL: <https://42.rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 20.06.2023).

Таблица 4. Трендовые модели рядов урожайности зерновых культур
Table 4. Trend models of grain crop yield

Уравнение	Период, год	Коэффициент детерминации
Зерновые, всего		
$y = 0,0817x^2 + 0,5987x + 11,513$	2012–2022	0,9078
Пшеница		
$y = 0,0907x^2 + 0,7373x + 10,523$	2012–2022	0,9353
Ячмень		
$y = 0,1153x^2 + 0,3122x + 12,433$	2012–2022	0,888
Овес		
$y = 0,0203x^2 + 0,773x + 12,647$	2012–2022	0,7214

Рис. 2. Прогнозирование показателя урожайности зерновых культур в Кемеровской области — Кузбассе до 2025 г. методом экстраполяции
Fig. 2. Forecasting the yield of grain crops in Kemerovo region — Kuzbas until 2025 by extrapolation

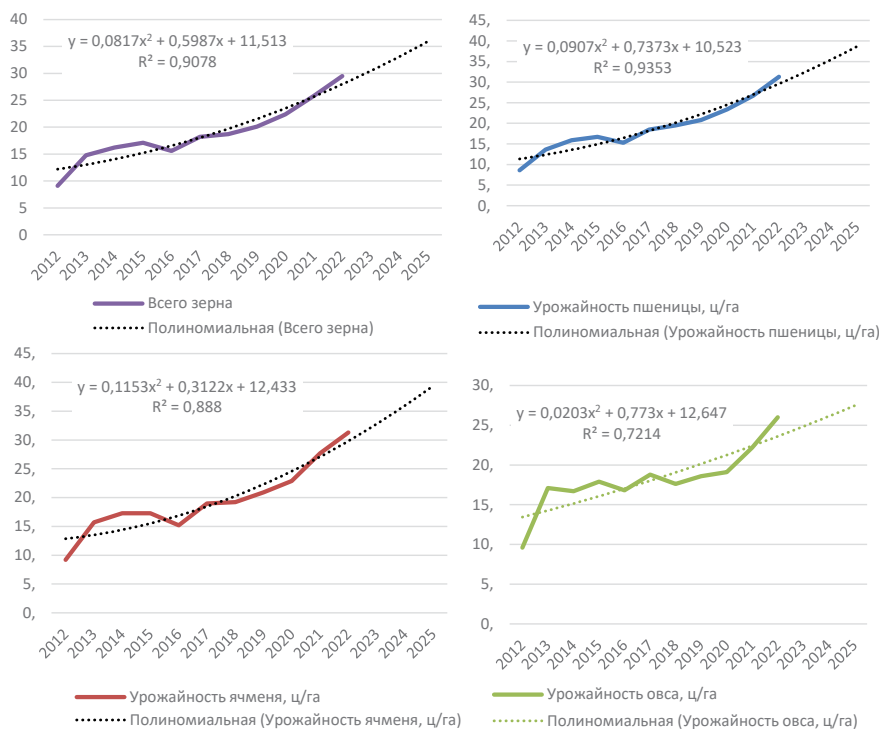


Таблица 5. Показатели устойчивости тенденции изменения урожайности
Table 5. Indicators of the stability in yield changes trend

Показатель	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации	Средняя ошибка аппроксимации
Всего зерновых	$\delta = \sqrt{\frac{28,430}{11}} = 1,61$	$v = \frac{1,61}{18,86} * 100 = 8,52\%$	$\bar{A} = \frac{1}{11} * 1,003 * 100 = 9,12\%$
Пшеница	$\delta = \sqrt{\frac{25,831}{11}} = 1,53$	$v = \frac{1,53}{19,12} * 100 = 8,02\%$	$\bar{A} = \frac{1}{11} * 0,97 * 100 = 8,82\%$
Ячмень	$\delta = \sqrt{\frac{41,3}{11}} = 0,58$	$v = \frac{0,58}{19,61} * 100 = 2,98\%$	$\bar{A} = \frac{1}{11} * 1,39 * 100 = 12,67\%$
Овес	$\delta = \sqrt{\frac{44,01}{11}} = 2,00$	$v = \frac{2,00}{18,86} * 100 = 10,98\%$	$\bar{A} = \frac{1}{11} * 1,19 * 100 = 10,86\%$

Таблица 6. Прогнозные значения валового сбора зерна в Кемеровской области — Кузбассе в 2025 г.
Table 6. Forecast values of the gross grain harvest in Kemerovo region — Kuzbas in 2025

Культуры	Посевная площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Абс. откл., всего (+, -) к уровню 2022 г., тыс. т	В том числе за счет:	
					посевной площади	урожайности
Зерновые, всего,	679,63	35,9	2439,9	606,6	164,8	441,8
в том числе:						
пшеница	429,64	38,6	1658,4	615,1	302,5	312,6
ячмень	130,64	39,4	455,6	68,4	23,4	45,0
овес	78,58	27,4	256,4	68,6	16,2	52,4

Исследование динамических рядов урожайности зерновых в Кемеровской области на наличие трендов проведено за период 2012–2022 гг. Наиболее высокий коэффициент детерминации приходится на параболическую трендовую модель. Получены следующие уравнения функций (табл. 4).

Полученные уравнения тренда характеризуют нарастающую тенденцию роста показателя урожайности зерновых культур в Кемеровской области. Так, в среднем показатель урожайности всех зерновых культур вырос на 0,5987 ц/га с ускорением на 0,0817 ц/га (рис. 2).

Для оценки надежности полученных уравнений были рассчитаны показатели устойчивости тенденции: среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, средняя ошибка аппроксимации (табл. 5).

Среднее квадратическое отклонение показывает, что за изучаемый период показатель урожайности зерновых культур отклоняется от трендовой линии на 1,61 ц/га. Коэффициент вариации 8,52% свидетельствует о том, что выявленную тенденцию роста урожайности зерновых культур можно считать устойчивой, а ряд динамики — стабильно развивающимся во времени. Величина средней ошибки аппроксимации (9,12%) говорит о том, что полиномиальный тренд является удачным для прогнозирования развития явления на перспективу.

Таким образом, можно считать, что прогноз на перспективу методом экстраполяции будет достоверным.

Для того чтобы спрогнозировать объемы производства зерна, необходимо использовать показатель ожидаемой урожайности и планируемые посевные площади. В данном случае общий размер посевных площадей определен исходя из возможности возвращения ранее «брошенных» земель в сельскохозяйственный оборот. Для Кемеровской области площадь посева зерновых в 2025 г. реально может быть на уровне 2010-го (679,63 тыс. га). По официальным данным, площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в Кемеровской области сегодня составляет порядка 299 тыс. га, что дает возможность хозяйствам наращивать посевные площади.

Прогнозные значения показателей урожайности зерновых культур и валового сбора на 2025 г. отражены в таблице 6.

Таким образом, прогнозный расчет показал, что в 2025 г. валовой сбор зерна всех видов в Кемеровской области должен составить 2439,9 тыс. т, что выше уровня 2022 г. на 606,6 тыс. т. Данный рост будет вызван как ростом используемых для производства площадей (на 164,8 тыс. т), так и ростом урожайности (на 441,8 тыс. т).

Выводы/Conclusions

1. Кемеровская область — Кузбасс находится в зоне рискованного земледелия, однако активное использование современных технологий и рост в результате эффективности производства позволяют отнести данный промышленный регион к территориям, обладающим значительным потенциалом дальнейшего развития производства зерновых.

2. В зерновом производстве региона с 2010 по 2022 г. наблюдалась ярко выраженная тенденция роста урожайности зерновых и зернобобовых культур,

которая в конце рассматриваемого периода достигла 29,5 ц/га (70,5%). В то же время общая посевная площадь сократилась на 56,07 тыс. га (8,3%).

3. Валовое производство зерна в Кемеровской области — Кузбассе в 2022 г. к уровню 2010-го выросло на 56,4% в результате более высокого темпа роста урожайности по сравнению со снижением общих посевных площадей и составило рекордное для региона значение (1833,2 тыс. т).

4. Резервом дальнейшего роста производства зерна (до 2439,9 тыс. т) в 2025 г. (на 33,1% к уровню 2022 г.) выступает увеличение посевных площадей на 56,07 тыс. га (9,0%) за счет введения в хозяйственный оборот ранее «брошенных» сельскохозяйственных угодий и роста урожайности зерновых культур на 6,4 ц/га, что подтверждает сделанный прогноз на основе трендового анализа динамических рядов.

5. Увеличение производства зерна в регионе позволит получить порядка 960 кг на одного жителя и выступить в качестве основы дальнейшего развития животноводства, мукомольной и пищевой промышленности.

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. Журавлева Е.В., Фурсов С.В. Засуха как один из факторов риска в экономике растениеводства Российской Федерации. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 9.
2. Coughlan de Perez E., Ganapathi H., Masukwedza G.I.T. et al. Potential for surprising heat and drought events in wheat-producing regions of USA and China, *npj Clim Atmos Sci* 6, 56. 2023.
3. Жилияков Д.И., Башкатова В.Я., Плахутина Ю.В. Анализ состояния мирового рынка пшеницы и перспективы России по расширению экспортного потенциала. *Экономические науки*. 2020; 183: 38–43.
4. Вахрамеев Р.А. Эмпирическое исследование зернопродуктового подкомплекса Российской Федерации. *Journal of new economy*. 2017; 6(74).
5. Gasparyan A.Y. et al. Specialist Bibliographic Databases. *J Korean Med Sci*. 2016; 31(5): 660–673. <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.5.660>
6. Полковская М.Н., Матибарчук В.Э. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на примере Иркутского района. *Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского*. 2022; 230–236.

REFERENCES

1. Zhuravleva E.V., Fursov S.V. Drought as one of the risk factors in the economy of crop production in the Russian Federation. *Achievements of science and technology of agro-industrial complex*. 2016; 9 (In Russian).
2. Coughlan de Perez E., Ganapathi H., Masukwedza G.I.T. et al. Potential for surprising heat and drought events in wheat-producing regions of USA and China, *npj Clim Atmos Sci* 6, 56. 2023.
3. Zhilyakov D.I., Bashkatova V.Ya., Plahutina Yu.V. Analysis of the world wheat market statement and Russia's prospects for expanding its export potential. *Economic Sciences*. 2020; 183: 38–43 (In Russian).
4. Vakhrameev R.A. An empirical study of the grain product subcomplex of Russian Federation. *Journal of new economy*. 2017; 6(74) (In Russian).
5. Gasparyan A.Y. et al. Specialist Bibliographic Databases. *J Korean Med Sci*. 2016; 31(5): 660–673. <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.5.660>
6. Polkovskaya M.N., Matibarchuk V.E. Forecasting crop yields on the example of the Irkutsk region. *Scientific research and development for implementation in the agro-industrial complex. Irkutsk: Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky*. 2022; 230–236 (In Russian).

ОБ АВТОРАХ

Александр Владимирович Видякин,
кандидат экономических наук, доцент
vav.kemerovo@rambler.com

Виктория Алексеевна Лебедь,
аспирант
viktorialebed94@mail.ru

Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия,
ул. Марковцева, 5, Кемерово, 650056, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Aleksandr Vladimirovich Vidyakin,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
vav.kemerovo@rambler.com

Viktoria Alekseevna Lebed,
Graduate Student
viktorialebed94@mail.ru

Kuzbass State Agricultural Academy,
5 Markovtsev Str., Kemerovo, 650056, Russia

Agros 2024 expo

24-26 ЯНВАРЯ

МОСКВА, РОССИЯ / КРОКУС ЭКСПО

КЛЮЧЕВАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ И ДЕЛОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ АПК

ВЕДУЩИЕ В МИРЕ И РОССИИ ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА, ПТИЦЕВОДСТВА, СВИНОВОДСТВА, КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:

- **ГЕНЕТИКА** И **ОБОРУДОВАНИЕ** ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ И КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ
- **КОРМА**, **КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ**, **ВЕТЕРИНАРНЫЕ РЕШЕНИЯ**
- **ТЕХНИКА** И **ОБОРУДОВАНИЕ** ДЛЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И **КОРМОЗАГОТОВКИ**
- **ОБОРУДОВАНИЕ** ДЛЯ **КОМБИКОРМОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**, **ХРАНЕНИЯ** И **ОБРАБОТКИ ЗЕРНА**

НАСЫЩЕННАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА – СВЫШЕ 370 ЛУЧШИХ СПИКЕРОВ В СЕМИ КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛАХ:

- БОЛЕЕ **50 КОНФЕРЕНЦИЙ, СЕМИНАРОВ, КРУГЛЫХ СТОЛОВ**
- ВСЕГДА АКТУАЛЬНЫЙ, ПОЛЕЗНЫЙ КОНТЕНТ БЕЗ РЕКЛАМЫ
- **ВСЕРОССИЙСКИЕ СЪЕЗДЫ** И СОВЕЩАНИЯ
- **ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ФОРУМ ФЕРМЕРОВ** – ЗИМНЯЯ ТОЧКА ПРИТЯЖЕНИЯ ФЕРМЕРСКОГО СООБЩЕСТВА
- ПАРТНЕРЫ: **ДЕПАРТАМЕНТЫ МИНСЕЛЬХОЗА РФ**, ОТРАСЛЕВЫЕ, НАУЧНЫЕ И АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ЛУЧШИЕ ЭКСПЕРТЫ-ПРАКТИКИ

СТАТИСТИКА АГРОС 2023

415 из **25** | **14016** из **84** | **57** и **376**
УЧАСТНИКОВ СТРАН ПОСЕТИТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ РФ МЕРОПРИЯТИЙ СПИКЕРОВ



«Такие мероприятия очень важны. Я стараюсь принимать участие, когда темы заявляются серьезные. Не какие-то местечковые, а касающиеся нашей страны»

Дмитрий Матвеев, Президент ГК «Кабош»

Организатор: ООО «Агрос Экспо»
+7 (495) 128 29 59
agros@agros-expo.com

**УЗНАЙТЕ БОЛЬШЕ
ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ!**
WWW.AGROS-EXPO.COM





АЛМАЗ
АЛТАЙСКИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ



Плуг лемешный
полуприцепной

FINIST ПЛП-(9+2)x40

Гарантия **2** года



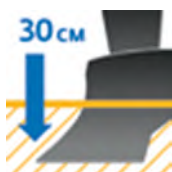
Приобретайте
технику АЛМАЗ
через Росагролизинг

Предназначен для отвальной обработки почвы, не засоренной камнями, плитняком и другими препятствиями на глубину до 30 см под зерновые и технические культуры.

Технические характеристики:

Наименование показателя	ПЛП-(9+2)x40
Тип машины	полуприцепной
Производительность за 1 час основного времени, Га/ч	до 4,4
Глубина обработки, см	до 30
Рабочая скорость, км/ч	10
Ширина захвата, м	4,4
Количество рабочих органов, шт	11
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм	700±20
Масса, кг	4570±137
Срок службы, лет	8

Преимущества лемешного плуга ПЛП-(9+2)x40:



Глубина
обработки
до 30 см.



Прочный
сборный узел.
Возможность
замены только
изношенного
элемента.



Оптимальная
комплектация.
Возможность
оснащения
предплужниками.



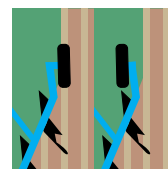
Прочное
покрытие,
устойчивое
к внешним
воздействиям.



Износостойкость
рабочих органов.
Все детали выполнены
из высокопрочной
бородержащей стали.



Комплектующие
собственного
производства.



Возможность работы
как в борозде, так и
вне борозды.

Агрегатируемость:

от 430 л.с.



K-9520, K-9450, John Deere 9250,
BUHLER VERSATILE HHT-485, Case Steiger 480



АЛМАЗ
АЛТАЙСКИЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ

Надежная техника
Надежное партнерство

Алтайские машиностроительные заводы,
656037, Алтайский край, г. Барнаул,
ул. Северо-Западная, 2А
8 (3852) 503-703,
almaztd@almaztd.ru

Горячая линия — бесплатные звонки по РФ

8 800 700 500 8

almaztd.ru