

научно-теоретический и производственный журнал

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN
SCIENCE

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

7
2023



БЕСПЛАТНО
скачать журнал
и подписаться



Технологии

Цифровизация в АПК России:
тенденции и перспективы

14

Зоотехния

Влияние кормовой добавки на
гематологические и продуктивные
качества молодняка КРС

48

Агрономия

Эффективность протравителей
в борьбе с семенной
и почвенными инфекциями

112

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**



ufi
Approved
Event



ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАШ
TELEGRAM-КАНАЛ
@AGRORUS1

32-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА



30 АВГУСТА – 1 СЕНТЯБРЯ 2023

ВЫСТАВКА-ПРОДАЖА
АГРОПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

ЭКСПОЗИЦИИ
РЕГИОНОВ

ЦЕНТР ДЕЛОВЫХ
КОНТАКТОВ

ДЕЛОВАЯ, ФЕСТИВАЛЬНАЯ
И КОНКУРСНАЯ ПРОГРАММА

Реклама



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
ЭКСПОФОРУМ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1

AGRORUS.EXPOFORUM.RU
ТЕЛ.: +7 (812) 240-40-40, ДОБ. 2980, 2427



0+

7 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 372, номер 7, 2023

Volume 372, number 7, 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 (495) 777-67-67

(доб. 1453)

agrovetpress@inbox.ru

www.vetpress.ru

<https://agrarnayanauka.ru>

Реклама в журнале: +7 (927) 155-08-10

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

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

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

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

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

Подписной индекс «УралПресс».

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

Свободная цена.

Тираж 5000 экземпляров.

Подписано в печать 17.07.2023

Дата выхода в свет 25.07.2023

Отпечатано в типографии ООО «ВИВА-СТАР»:

107023, г. Москва, ул. Электровзаводская,

д. 20, стр. 3

Тел. +7 (495) 780-67-06, +7 (495) 780-67-05

www.vivastar.ru

АГРАРНАЯ НАУКА

AGRARIAN SCIENCE

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

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

Издатель:

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

Главный редактор:

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

Редколлегия:

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Дахели Маджид 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+

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

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

Фиснин 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.

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

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

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

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

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

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

Дарвиш Амира М. Галал, 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. Махомудалли, 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 аграрный 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.

7 · 2023

Agrarnaya nauka

Том 372, номер 7, 2023
Volume 372, number 7, 2023

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

АГРАРНАЯ НАУКА AGRARIAN SCIENCE

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

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

Publisher:

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

Editor-in-chief:

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

Editorial board:

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Both Russian and foreign authors are invited to publication.

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

© 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 (495) 777-67-67 (ext. 1473)

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 17.07.2023
Release date 25.07.2023

16+

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

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

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

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

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

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

AGRONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ	8
СОБЫТИЯ ОТРАСЛИ, ТРЕНДЫ, НОВИНКИ	
Три вопроса эксперту. Разновидности регуляторов роста: на что обратить внимание при выборе препарата.....	9
Страны ЕАЭС обеспечены продовольствием на 94%.....	10
Юрий Ковалев: «Главный стратегический вызов для отрасли свиноводства России на следующие десять лет – войти в топ-5 мировых экспортеров свинины».....	11
О совершенствовании права ЕАЭС по оценке племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.....	12
Цифровизация в сфере сельского хозяйства России: тенденции и перспективы.....	14
Андрей Омельчук: «Стык наук и компетенций сегодня крайне важен».....	16
Александр Петриков: «Семейные фермерские хозяйства в экономике и жизни общества выполняют важнейшие экономические, социальные, демографические функции».....	18
В 2022 году мировое производство мяса достигло 360 миллионов тонн.....	20
Общая площадь посевов в Новосибирской области составила порядка 2,4 миллиона гектаров.....	21
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ	
Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Гулюкин Е.А., Григорьев А.Г. Диагностически значимые однонуклеотидные полиморфизмы в локусе <i>env</i> -гена для SNP-генотипирования <i>Bovine leukemia virus</i>	22
Шахмурзов М.М., Мешев Э.М., Диданова А.А., Жемухов А.Х. Гемолитические свойства стрептококков, выделенных из проб клинического материала от синантропных грызунов и птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных.....	27
Белоус А.А., Волкова В.В., Решетникова А.А., Отрадных П.И., Зиновьева Н.А. Генетическая архитектура признаков воспроизводства свиней породы ландрас российской репродукции.....	31
Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Киялкова Ю.В., Сизенцов А.Н. Применение фитобиотиков в кормлении рыб в качестве альтернативы антибактериальным и пробиотическим препаратам (обзор).....	40
Фаткуллин Р.Р., Белокозов А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А. Влияние кормовой добавки на гематологические и продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота.....	48
Горелик О.В., Горелик А.С., Федосеева Н.А., Темербаева М.В. Физико-химические показатели и технологические свойства молока коров в зависимости от линейного происхождения.....	53
Николаев С.В., Ялуга В.Л. Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля голштинизированных и чистопородных холмогорских быков.....	58
АГРОНОМИЯ	
Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала.....	63
Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы.....	69
Иванов Д.А., Рублюк М.В., Карасева О.В. Некоторые особенности миграции калия в агроландшафте.....	74
Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Влияние агроприемов на фотосинтетическую деятельность и продуктивность нового сорта конопли посевной в условиях Среднего Поволжья.....	80
Самфалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Громова С.Н., Чернова В.Л. Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа.....	85
Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Кибальник С.В. Корреляционные взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков образцов сахарного сорго в засушливых условиях Нижнего Поволжья.....	92
Федоренко Е.Н., Лутченко Ж.И., Артыс А.Ю. Оценка линий контрольного питомника яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях севера Казахстана.....	97
Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Цуров М.Т. Обработка клубней картофеля стимуляторами роста при посадке способствует получению раннего урожая.....	102
Зарипова В.М. Оценка характера плодonoшения жимолости в условиях южной лесостепной зоны Башкортостана.....	107
Эффективность протравителей в борьбе с семенной и почвенными инфекциями.....	112
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Довлатов И.М., Юрочка С.С., Благоев Д.А. Анализ экспериментальных данных газового состава воздуха на животноводческой ферме.....	116
Сибирёв А.В., Панфёров Н.С., Овчинников А.Ю., Тетерин В.С., Мосяков М.А., Митрофанов С.В. Разработка системы автоматизированного контроля и управления тукоsmесительной установки.....	121
Ростовцев Р.А., Попов Р.А., Плучков Е.М. Инновационный способ уборки технической конопли и схема многофункционального агрегата для его осуществления.....	129
Юферев Л.Ю. Повышение эффективности работы солнечной водоподъемной установки для орошения в условиях переменной облачности.....	134
Абушаева А.Р., Садыгова М.К., Абуова А.Б. Влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлoзерной ржи и продуктов переработки моркови и свеклы столовой на поведенческие реакции лабораторных крыс.....	138
Смольникова Ф.Х., Конганбаев Е.К., Кошелева Е.А., Ребезов М.Б., Асенова Б.К. Технология вафельного рожка для мягкого мороженого с применением нутовой муки и псиллиума.....	144
Науменко Н.В., Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Науменко Е.Е., Иванисова Е., Васильева Е.К., Радкевич А.В. Контролируемое проращивание зерновых культур — эффективный способ переработки низкокачественного сырья.....	149
РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА	
Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Кубышкин А.В., Хвостенко Т.М. Анализ уровня потребления сельскохозяйственной продукции населением как важнейшей компоненты продовольственной безопасности региона.....	155
Амирова Э.Ф., Сафиуллин И.Н., Губанова Е.В., Ханнанов М.М. Особенности ценообразования на рынке зерна.....	163
Новости из ЦНСХБ.....	168

CONTENTS

NEWS

8

INDUSTRY EVENTS, TRENDS, NOVELTIES

Three questions for an expert. Varieties of growth regulators: what to look for when choosing a drug.....	9	
The EAEU countries are provided with food by 94%.....	10	
Yuri Kovalev: "The main strategic challenge for the Russian pig industry for the next ten years is to enter the top 5 global pork exporters".....	11	
On improving the law of the EAEU for assessing the breeding value of dairy cattle productivity.....	12	
Digitalization in Russian agriculture: trends and prospects.....	14	
Andrey Omelchuk: "The junction of sciences and competencies is extremely important today".....	16	
Alexander Petrikov: "Family farms in the economy and society perform the most important economic, social, demographic functions".....	18	
In 2022, global meat production reached 360 million tons.....	20	
The total area under crops in the Novosibirsk region amounted to about 2.4 million hectares.....	21	

ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDICINE

Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Gulyukin E.A., Grigoriev A.G. Diagnostically significant single nucleotide polymorphisms in the env-gene locus for SNP-genotyping of <i>Bovine leukemia virus</i>	22	
Shakhmurzov M.M., Meshev E.M., Didanova A.A., Zhemukhov A.Kh. Hemolytic characteristics of <i>Streptococcus</i> isolated from clinical material from synanthropic rodents and birds living in farm animal facilities.....	27	
Belous A.A., Volkova V.V., Reshetnikova A.A., Otradnov P.I., Zinovieva N.A. Genetic architecture of reproductive traits in Russian Landrace pigs.....	31	
Miroshnikova E.P., Arinzhano A.E., Kilyakova Yu.V., Sizentsov A.N. The use of phytobiotics in fish feeding as an alternative to antibacterial and probiotic preparations (review).....	40	
Fatkullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A. The effect of feed additives on the hematological and productive qualities of young cattle.....	48	
Gorelik O.V., Gorelik A.S., Fedoseeva N.A., Temerbaeva M.V. Milk productivity of first-calf heifers depending on the line and age of the first insemination.....	53	
Nikolaev S.V., Yaluga V.L. Comparative genetic characteristics of microsatellite profile of Holstein and purebred Kholmogorsky bulls.....	58	

AGRONOMY

Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L. The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals.....	63	
Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I. V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil.....	69	
Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Some features of potassium migration in the agro-landscape.....	74	
Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. The influence of agricultural practices on photosynthetic activity and productivity of a new variety of cannabis in the Middle Volga region.....	80	
Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L. Changes in yield and its structure elements of winter bread wheat depending on the conditions of a moisture supply and a genotype.....	85	
Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Kibalnik S.V. Correlation relationships of economically valuable characteristics of sugar sorghum samples in arid conditions of the Lower Volga region.....	92	
Fedorenko E.N., Lutchenko Z.I., Artys A.Y. Evaluation of the lines of the control nursery of spring soft wheat in arid conditions North of Kazakhstan.....	97	
Baibulatov T.S., Khamkhoev B.I., Turov M.T. The treatment of potato tubers with growth stimulants during planting contributes to an early harvest.....	102	
Zaripova V.M. Evaluation of the nature of honeysuckle fruiting in the conditions of the southern forest-steppe zone of Bashkortostan.....	107	
Efficiency of protectants in the fight against seed and soil infections.....	112	

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Blagov D.A. Analysis of experimental data on the gas composition of air on a livestock farm.....	116	
Sibirev A.V., Panforyov N.S., Ovchinnikov A.Yu., Teterin V.S., Mosyakov M.A., Mitrofanov S.V. Development of an automated control and management system for a mixing plant.....	121	
Rostovtsev R.A., Popov R.A., Puchkov E.M. An innovative technical hemp harvesting method and a diagram of a multifunctional unit for its implementation.....	129	
Yuferev L.Yu. Improving the efficiency of the solar water-lifting installation for irrigation in conditions of variable clouds.....	134	
Abushaeva A.R., Sadygova M.K., Abuova A.B. The influence of flour confectionery products based on flour from grain of light-grain rye and processed products of carrots and beets on the behavioral reactions of laboratory rats.....	138	
Smolnikova F.H., Konganbayev E.K., Kosheleva E.A., Rebezov M.B., Asenova B.K. Technology of a waffle cone for soft ice cream using chickpea flour and psyllium.....	144	
Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Vasileva E.K., Radkevich A.V. Controlled sprouting of grain crops is an effective way to process low-quality raw materials.....	149	

REGIONAL AND SECTORAL ECONOMY

Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Kubysheva A.V., Khvostenko T.M. Analysis of the level of consumption of agricultural products by the population as the most important component of food security in the region.....	155	
Amirova E.F., Safiullin I.N., Gubanova E.V., Hannanov M.M. Peculiarities of pricing in the grain market.....	163	
NEWS FROM CSAL.....	168	

В РФ ЗАТРАТЫ САДОВОДОВ НА СОЗДАНИЕ САДОВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА СНИЖАЮТ НА 20%

Правительство России скорректирует правила распределения субсидий так, чтобы снизить затраты аграриев на закладку садов интенсивного типа примерно на 20%, сообщил премьер-министр РФ Михаил Мишустин на оперативном совещании.

«Продолжаем работу по обеспечению нашего внутреннего рынка фруктами и ягодами», — сказал глава кабинета. Президент обратил внимание на необходимость определить перечень основных сельхозкультур и значение уровня самообеспеченности семенами российской селекции по каждой из них, для этого правительство меняет правила предоставления и распределения субсидий, чтобы усилить господдержку на развитие садов интенсивного типа, сообщил он. Важно, чтобы садоводы были обеспечены необходимыми отечественными материалами и не зависели от поставок из-за рубежа, отметил премьер-министр.

Принятые решения позволят привлечь инвестиции в садоводство и помогут в короткие сроки наладить производство российских фруктов и ягод, заключил Михаил Мишустин.

(Источник: ТАСС)



СЕЛЕКЦИОНЕРЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ СОЗДАЛИ 11 НОВЫХ СОРТОВ ГОРОХА

Ученые Крымской опытно-селекционной станции — филиала Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) в Краснодарском крае создано 11 новых сортов овощного гороха, причем часть из них — с применением генетических технологий, сообщает ТАСС.

Современные технологии обеспечат бесперебойную работу консервной промышленности в регионах юга РФ, пояснил соавтор сортов, ведущий научный сотрудник ВИР им. Н.И. Вавилова к. биол. н. Анатолий Беседин. Научная школа селекции овощного гороха Крымской ОСС ВИР с 1939 года работает на основе вавиловской коллекции семян, отметил ученый. «Теперь мы разрабатываем новые высокоурожайные сорта овощного гороха, применяя генетические технологии, которые могут в два раза ускорить процессы по сравнению с традиционной селекцией», — сообщил он, — один из них — ультраранний сорт Изюминка, раньше которого в климате Кубани не созревает ни один сорт в мире».

Ускорить работу помогла государственная поддержка в рамках научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего», благодаря которой была закуплена новая техника и обновлено оборудование в лабораториях в Санкт-Петербурге, в головном институте ВИР им. Н.И. Вавилова, и в Крымске. Ученые Крымской опытно-селекционной станции ВИР совместно с коллегами из Всероссийского НИИ сельхозмикробиологии апробируют технологии улучшения вкусовых качеств овощного гороха, используя симбиоз растений с клубеньковыми бактериями. Как пояснил Беседин, в результате симбиоза в корневой зоне происходит накопление большого количества азота, что обеспечивает (в дополнение к улучшению урожая и качества самого гороха) получение высоких урожаев культур, выращиваемых на этом же поле на следующий год. В частности, фермеры предпочитают использовать овощной горох в севообороте с пшеницей.

(Источник: ТАСС)



КОМПАНИЯ «БИОТРОФ» РАСШИРЯЕТ ПРОИЗВОДСТВО

Современное высокотехнологичное производство кормовых добавок будет построено в Ленинградской области. На XXVI Петербургском международном экономическом форуме руководитель ООО «БИОТРОФ» Г.Ю. Лаптев и губернатор Ленинградской области А.Ю. Дрозденко подписали соглашение о социально-экономическом сотрудничестве.

В рамках соглашения инвестор — компания «БИОТРОФ» — построит в Тосненском районе Ленинградской области комплекс производственных, складских и лабораторных корпусов общей площадью более 5,8 тыс. кв. м и создаст 50 новых рабочих мест.

СПРАВКА

ООО «БИОТРОФ» — современная научно-производственная компания, продукцию которой используют практически во всех регионах РФ и в странах ближнего зарубежья. Основные виды ее деятельности — разработка, производство и реализация биопрепаратов для кормления сельскохозяйственных животных и птицы и для заготовки кормов, а также биопрепаратов для растениеводства, переработки отходов.

В ТЕКУЩЕМ ГОДУ В РФ 4,6 МЛРД РУБЛЕЙ НАПРАВЯТ НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Кабинет РФ направит средства на развитие сельских территорий раньше, чем планировалось: 33 региона получат 4,6 млрд рублей в этом году, а не в будущем. Соответствующее распоряжение подписал премьер-министр России Михаил Мишустин. На финансирование мероприятий по комплексному развитию сельских территорий в текущем году в опережающем порядке будет направлено 4,6 млрд рублей, сообщила пресс-служба Правительства РФ. Средства были предусмотрены в бюджете на 2024 год, но будут направлены регионам уже сейчас, что ускорит реализацию проектов.

Как отметили в правительстве, решение повысит доступность качественной социальной и инженерной инфраструктуры для жителей сельской местности. Эта работа ведется в рамках федеральных проектов «Современный облик сельских территорий» и «Развитие жилищного строительства и повышения уровня благоустройства домовладений», которые входят в государственную программу «Комплексное развитие сельских территорий», сообщили в кабмине.

Подпишитесь
на наш
Telegram канал!



РАЗНОВИДНОСТИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА: НА ЧТО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ ПРЕПАРАТА



Журнал «Аграрная наука» при поддержке одного из лидеров отечественного рынка средств защиты растений (СЗР) Группы компаний «Шанс» представляет экспертную рубрику «Три вопроса эксперту». Продакт-менеджер ГК «Шанс» Василий Соннов делится информацией о разновидностях регуляторов роста.



ШАНС
группа компаний

1 Что такое регуляторы роста растений? Для чего они применяются?

Регуляторы роста — это группа химических веществ, которые влияют на рост и развитие растений. В сельскохозяйственной практике они применяются довольно давно и используются для повышения всхожести, морозостойкости и засухоустойчивости, цветения растений, ускорения созревания. Но есть еще один важный момент — устойчивость к полеганию.

2 Каковы основные причины полегания растений? Существуют ли методы борьбы с данным явлением?

Причин полегания зерновых может быть много, но чаще всего это явление связано с недостаточной освещенностью нижнего яруса, а это следствие загущенности посевов или избыточного питания азотными удобрениями, которое приводит к буйному развитию надземной массы. Также к полеганию могут привести сортовые особенности, повреждения вредителями и поражения заболеваниями. Если какой-либо из факторов присутствует на поле, то в период уборки ветер и дождь могут привести к полеганию растения.

Что происходит с растением в поле, если на него, например, воздействует ветер? Мы практически получаем архимедов рычаг, наибольшее давление — на основание. Различают стеблевое полегание и корневое. Если полегание всё-таки произошло, как правило, затрудняется передвижение питательных веществ по растению, а значит, и недоналив семян. Есть и еще одна опасность в полегании: если колосья на земле (в прохладные и дождливые годы), то они начинают прорастать.

Мы не можем бороться с причинами полегания, поэтому используем специальные химические вещества — регуляторы роста. Их действие основано на ингибировании синтеза гиббереллина — фитогармона, отвечающего за удлинение клеток, а значит, за рост растения.

3 Расскажите, пожалуйста, какой регулятор выбрать.

Различные действующие вещества используются как регуляторы роста. У них есть свои плюсы и минусы. Давайте сравним их и выделим положительные качества и недостатки.

Хлормекват хлорид. Плюсы: низкая стоимость препарата на основе данного действующего вещества; самые бюджетные решения на рынке; работает в широком диапазоне температур. Недостатки: слабое действие при облачной погоде (необходимо повышать норму расхода); не стоит применять при недостатке влаги (это может привести к потере урожая); задержка перед началом действия; опоздание с обработкой (может сильно снизить эффективность); небольшая продолжительность действия препарата на основе данного действующего вещества.

Тринексапак-этил. Плюс — это воздействие не только на те междоузлия, которые развиваются на момент обработки, но и на последующие три. Кроме того, по сравнению с действующим веществом хлормекват хлорид у него более длительное действие (примерно на треть); широкие возможности применения. Недостатки: снижение эффективности при низких температурах (10–12 °С); повышенными нормами препарата на основе тринексапак-этила не рекомендовано работать при недостаточном агрофоне и в период засухи.

Комбинация веществ мепикват-хлорид и прогексадион кальция. Плюсы: особенностью препарата с данной комбинацией действующих веществ является то, что он начинает работать при температуре 5–6 °С; имеет быстрый начальный эффект; ингибирует гормон гиббереллина сразу после обработки; действует независимо от солнечной инсталляции, что гарантирует эффективность работы даже при облачной погоде. Недостаток: высокая стоимость препарата.

Окончательный выбор регулятора роста остается за вами.

Читайте в следующем номере
об адъювантах в сельском хозяйстве.

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.

СТРАНЫ ЕАЭС ОБЕСПЕЧЕНЫ ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ НА 94%

В ходе видеомоста Москва — Минск — Астана — Бишкек — Ереван «Продовольственная безопасность ЕАЭС» состоялось обсуждение вопросов обеспечения сельхозпродукцией и продовольствием стран ЕАЭС, в частности реализации инициативы премьер-министра РФ Михаила Мишустина по созданию чрезвычайного продовольственного фонда ЕАЭС на случай необходимости стабилизации ситуации в данной сфере. В мероприятии, прошедшем 16 июня в мультимедийном пресс-центре МИА Sputnik, приняли участие заместитель директора департамента агропромышленной политики ЕЭК Айна Кусаинова и начальник отдела развития аграрных рынков ЕЭК Андрей Дробышевский.



В прошлом году на площадке Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) в рамках пакета предложений по обеспечению продовольственной безопасности обсуждалась идея создания евразийского фонда продовольственной помощи, сообщила Айна Кусаинова. В связи с этим у экспертов ЕЭК возник ряд вопросов, связанных, в частности, с механизмом финансирования фонда, ценообразованием, транспортировкой, отметила она. «И самое главное, возник вопрос относительно отсутствия норм права Союза по формированию такого института. Поскольку это была инициатива, обсуждаемая на уровне экспертов, то была достигнута договоренность о необходимости более детального изучения мирового опыта, в том числе стран ЕАЭС. Подобные механизмы в настоящее время широко реализуются в Российской Федерации и Республике Казахстан. На данном этапе ведется работа по изучению формирования таких фондов», — рассказала спикер. Прежде чем приступить к созданию общего продовольственного фонда ЕАЭС, ЕЭК (в ближайшее время) проведет консультации с экспертами стран — участниц Союза, отметила Айна Кусаинова. Она сообщила, что на этапе обсуждения вопроса о создании продовольственного фонда ЕАЭС рассматривались различные варианты закладывания товаров. В первую очередь это должны быть товары длительного хранения — зерновые и масляные культуры, а для Республики Беларусь — также и товары глубокой переработки (сливочное масло, сухое обезжиренное молоко, сухое цельное молоко), пояснила спикер. «Этот вопрос сейчас в процессе обсуждения, — добавила она, — однако с учетом опыта формирования продовольственных фондов идеология его создания будет меняться».

Айна Кусаинова сообщила, что при обсуждении идеи реализации фонда в прошлом году рассматривались вопросы формирования объемов запасов продовольствия в каждой из стран — участниц Союза и определения порядка взаимных поставок при необходимости — в случае возникновения форс-мажорных обстоятельств. Сейчас уровень обеспеченности продовольствием в государствах — членах ЕАЭС достиг 94%, а недостающая часть в виде фруктов и овощей закрывается за счет поставок

стран-партнеров, в частности Узбекистана и Азербайджана, пояснила замдиректора. Айна Кусаинова отметила, что страны Союза работают над повышением конкурентоспособности производимой продукции и увеличением объемов производства — для обеспечения продовольственной независимости. Согласно ее данным, только за последние пять лет рост производства сельхозпродукции в ЕАЭС составил 14%. «Обеспеченность по Союзу за счет собственного производства полностью достигнута по зерновым продуктам, — сказала она. — Следует отметить, что мы крупнейшие мировые производители и экспортеры. К примеру, традиционно входим в пятерку экспортеров зерна и муки». Проблем по насыщению рынка этими товарами нет, резюмировала спикер.

Андрей Дробышевский акцентировал внимание на актуальном вопросе обеспеченности семенами стран ЕАЭС. По его данным, в последние годы импорт семян из третьих стран в Союз превышает 1 млрд долларов в год. «Наиболее импортозависимые по семенам культуры — подсолнечник, кукуруза и сахарная свекла. Порядка 200 миллионов долларов приходится на импорт саженцев плодовых и семян овощных культур. При этом мы имеем экспорт и взаимную торговлю, которая значительно уступает объемам импорта. Здесь, конечно, необходимо развивать нашу собственную селекцию. Для примера, наш экспорт сосредоточен только на семенах пшеницы и семенном картофеле», — отметил спикер. Он сообщил, что страны Союза развивают единый рынок семян. «Мы планируем запустить реестр с информацией о выдаваемых документах о качестве семян в рамках ЕАЭС. По нашему мнению, это позволит сельхозтоваропроизводителям убедиться в качестве семян до их покупки и принципиально снизит случаи выявления фальсифицированных семян на общем аграрном рынке. В следующем году планируем опубликовать на сайте ЕЭК каталог производителей семян сельскохозяйственных растений в государствах — членах ЕАЭС», — сказал Андрей Дробышевский. Эта информация поможет аграриям установить прямые контакты с производителями семян, заключил он.

Ю.Г. Седова

ЮРИЙ КОВАЛЕВ: «ГЛАВНЫЙ СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ВЫЗОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ СВИНОВОДСТВА РОССИИ НА СЛЕДУЮЩИЕ ДЕСЯТЬ ЛЕТ — ВОЙТИ В ТОП-5 МИРОВЫХ ЭКСПОРТЕРОВ СВИНИНЫ»

Ведущие эксперты обсудили актуальные вопросы структурной перестройки российского АПК и укрепления продовольственной безопасности страны в ходе пленарной аграрной конференции «От глобализма к многополярности: роль сельского хозяйства России в новых геополитических условиях». Организаторами мероприятия, прошедшего 8 июня в рамках V Московского академического экономического форума, выступили ВИАПИ имени А.А. Никонова, ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ и Отделение экономики, земельных отношений и социального развития села РАН. Особый интерес участников конференции вызвал доклад «Свиноводство России: от импортозависимости до экспортной экспансии» генерального директора Национального Союза свиноводов (НСС), д.т.н. Юрия Ковалева.

Рубежным для отечественного свиноводства стал 2018 год, — тогда Россия достигла 100% самообеспеченности по свинине и вошла в топ-5 стран — производителей свинины в мире, сообщил глава НСС Юрий Ковалев. По мнению ведущих международных экспертов, РФ совершила невероятный, феноменальный рывок за шесть лет, — ведь еще в 2012 году она была импортером свинины номер один в мире, отметил он. Основным вызовом 2020 года и последующих 2–3 лет стал риск перенасыщения рынка свинины в РФ со снижением цен и резким усилением конкурентной борьбы, пояснил спикер.

Главной стратегической тенденцией 2022 года стала адаптация к новым реалиям, отметил эксперт. В качестве основных вызовов 1-й половины 2022 года он выделил риск разрыва логистических цепочек поставок генетики, кормовых добавок, ветеринарных препаратов, оборудования, запчастей, возможное падение внутреннего потребления на фоне снижения доходов населения, сокращение экспорта из-за ковидных и логистических ограничений в странах Юго-Восточной Азии и существенного укрепления рубля. А также — доступность господдержки в виде дополнительных льготных оборотных кредитов (и инвестиционных для СГЦ и предприятий по убою и переработке свинины) и ужесточение государственного регулирования в вопросах природоохранного законодательства. «Эти вызовы усугубляет главный вызов — риск перенасыщения рынка», — добавил спикер. Тем не менее, отметил он, в течение 2022 года значительно увеличился прирост производства свинины в СХП: в 1 кв. он составил 5,8%, во 2 кв. — 8,4%, в 3 кв. — 9,3%, в 4 кв. — 4,3%. Всего за прошлый год прирост производства свинины в СХП составил 6,9%



(+338,2 тыс. т). «Дополнительный объем мог сильно напрячь рынок», — прокомментировал эксперт. Снижение производства свинины в ЛПХ (–10,2%) и КФХ (–14,9%) уменьшило общий прирост производства свинины в России до +5% (+275,5 тыс. т в живом или +217,5 тыс. т в убойном весе). При этом в 2022 году продолжился рост потребления свинины, составив 5,9% (+242 тыс. т), что связано с приростом цен на свинину, который, согласно данным Росстата, оказался ниже прироста цены по остальным видам мяса (прежде всего на птицу), пояснил спикер. По итогам прошлого года потребление свинины достигло почти 30 кг на человека в год, приблизившись к 37,5% от общего потребления мяса, уточнил он.

В числе основных факторов роста потребления свинины в 2022 году докладчик отметил снижение среднегодовых оптовых цен на продукцию свиноводства на 5–7%, отсутствие повышения розничных цен на фоне роста цен на другие виды мяса и общей инфляции на уровне более 10% и увеличение выплат различным слоям населения (примерно на 1 трлн руб.), а также существенное снижение разницы в стоимости мяса птицы и свинины, что привело к частичному перетоку спроса в сторону продукции свиноводства. «Снижение ресурсов и рост цен на говядину тоже частично сдвинули спрос в сторону свинины», — добавил глава НСС. По его данным, в 1 кв. 2023 года темпы прироста в СХП ускорились до 7,1%, а во 2 кв. — вновь снизились до 3,8%. «Потребление продолжает расти в связи с продолжением снижения средних оптовых цен на внутреннем рынке свинины», — отметил эксперт.

В настоящее время Российская Федерация входит в топ-10 мировых экспортеров, сообщил спикер. По итогам 2022 года общий экспорт продукции свиноводства составил 173 тыс. т, при этом снижение экспорта во Вьетнам, Гонконг, Украину было отчасти компенсировано ростом поставок в страны ЕАЭС (в республики Казахстан и Беларусь, рынок которой стал одним из приоритетных направлений для экспорта российской свинины), резюмировал он. «Главный стратегический вызов для отрасли свиноводства РФ на следующие десять лет — войти в топ-5 мировых экспортеров свинины, что требует удвоения экспорта как минимум до 350–400 тысяч тонн. Это хотя и амбициозная, но реалистичная задача, — при открытии новых рынков в Юго-Восточной Азии», — подытожил Юрий Ковалев.

Ю.Г. Седова

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРАВА ЕАЭС ПО ОЦЕНКЕ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ

За последние пять лет в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС, Союз) проделана значительная работа по переходу деятельности государств-членов, осуществляемой в сфере племенного животноводства, на единые требования и правила Союза.

6 мая 2021 года вступило в силу Соглашение о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках ЕАЭС, а также акты Евразийской экономической комиссии (ЕЭК, Комиссия), принятые в развитие Соглашения.

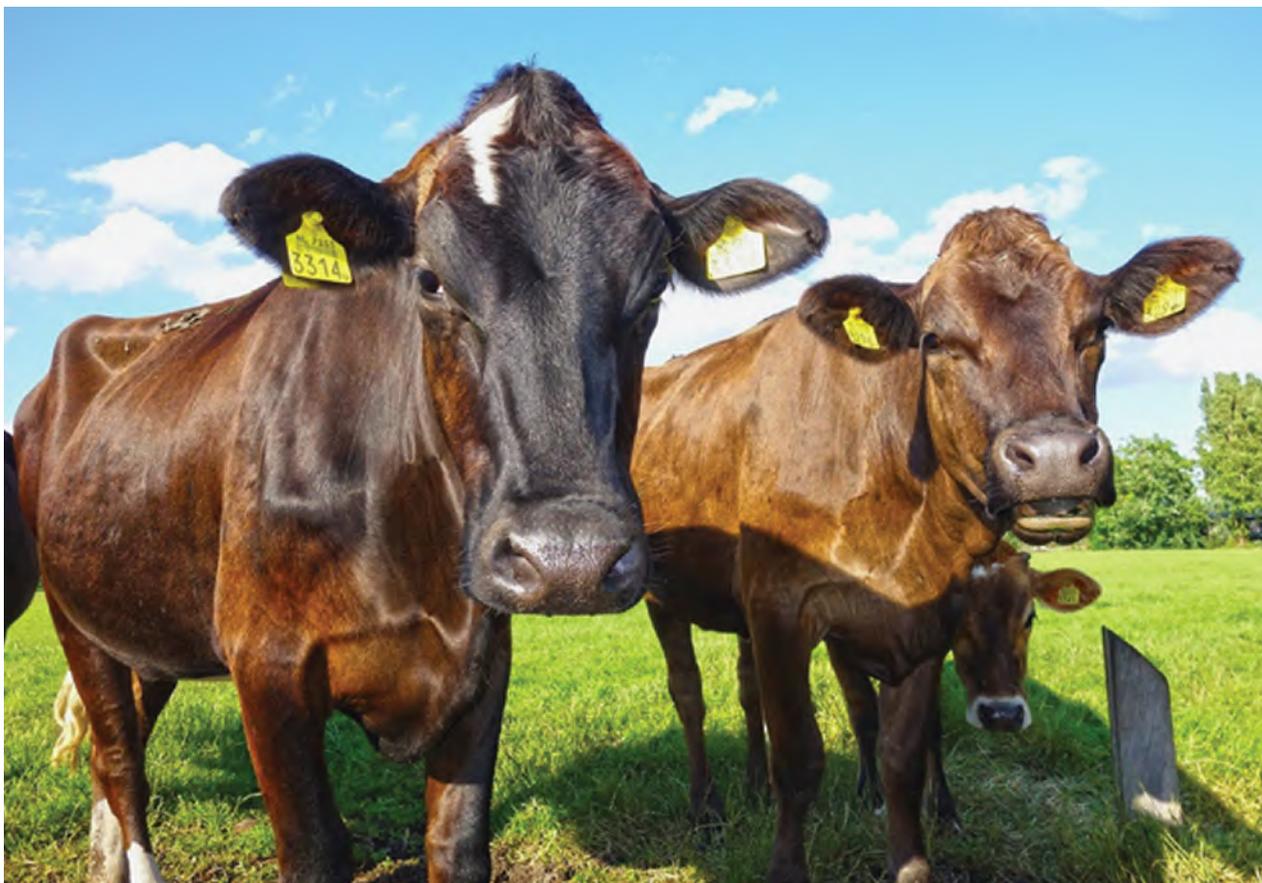
В настоящее время в государствах-членах идет активная фаза их апробации и имплементации в национальное законодательство и производственные процессы.

В свою очередь ЕЭК и эксперты государств — членов Союза продолжают работу над совершенствованием нормативно-правовой базы ЕАЭС в сфере племенного животноводства на основе национального законодательства государств-членов, стандартов и рекомендаций Международного комитета по учету животных (ICAR), лучших отечественных и мировых практик в указанной сфере.

Так, по инициативе Министерства сельского хозяйства Российской Федерации при поддержке уполномо-

ченных органов всех государств — членов Союза подготовлен проект изменений в «Методику оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности» (далее — Методика), утвержденную Решением Коллегии Комиссии от 24 ноября 2020 года № 149., предназначенную для использования на территориях государств-членов во всех племенных организациях, хозяйствах, осуществляющих выращивание и (или) реализацию племенного скота, а также сервисных организациях, информационно-аналитических, селекционных, селекционно-генетических центрах, племенных ассоциациях, палатах по породам для оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности.

Изменения в Методику предусматривают расширение перечня селекционируемых признаков крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, порядка их измерения и детализации процесса оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных.



К ранее включенным в Методику селекционируемым признакам молочной продуктивности (удой, молочный жир и молочный белок) добавлены:

- 18 признаков экстерьера: тип телосложения, ширина груди, рост, глубина туловища, положение и ширина таза, постановка задних ног (вид сбоку, вид сзади), качество костяка, угол копыта, глубина вымени, прикрепление передних долей вымени, центральная связка вымени, высота прикрепления задних долей вымени, ширина задних долей вымени, расположение передних и задних сосков, длина передних сосков животного;
- 6 признаков воспроизводительной способности: количество осеменений, приходящихся на одно плодотворное осеменение; количество дней между отелом и первым осеменением; продолжительность сервис-периода; возраст первого плодотворного осеменения телок; межотельный период для коров; легкость отела;
- 1 признак здоровья вымени — содержание соматических клеток.

Методика дополнена порядком определения племенной ценности молодняка и нетелей, порядком расчета частных индексов и их весовых коэффициентов, а также комплексного индекса племенной ценности животных.

Включение в Методику оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности дополнительных селекционируемых признаков, порядка их измерения и расчета индексов племенной ценности и внедрение государствами-членами доработанных методик в процессы производства племенной продукции потребует дополнительного времени.

В связи с этим Решением Коллегии Комиссии от 28 марта 2023 года № 39 увеличен срок переходного периода для завершения имплементации в государствах-членах методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных до 31 декабря 2024 года.

Кроме того, в целях повышения достоверности процессов учета молочной продуктивности и проведения лабораторного контроля качества молока при оценке племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности экспертами Комиссии при участии уполномоченных органов государств-членов и представителей бизнеса ЕАЭС подготовлен проект рекомендации Коллегии ЕЭК «Об унифицированных подходах к учету молочной продуктивности и проведению лабораторного контроля качества молока крупного рогатого скота молочного направления продуктивности в государствах — членах ЕАЭС».

Данные подходы регламентируют на основе стандарта ICAR функции участников селекционного учета и правила проведения контрольных доек, унифицируют применяемые в государствах-членах порядки проведения селекционного учета, отбора, консервации, регистрации, хранения и транспортировки проб молока в испытательные лаборатории, проведения их испытаний, а также учета, хранения и обмена информацией о результатах селекционного учета.

Проектом документа государствам-членам рекомендуется сформировать систему учета молочной



продуктивности и контроля качества молока, включая создание ассистентских служб — юридических и (или) физических лиц, осуществляющих деятельность в области племенного животноводства, к компетенции которых должны относиться следующие вопросы:

- проведение учета суточных удоев, контрольных доений (КД) и доставка проб молока в испытательные лаборатории;
- контроль надлежащего состояния и проверки точности работы специального оборудования и средств измерений;
- контроль внесения результатов КД в реестр учета племенных животных;
- обучение специалистов хозяйств порядку проведения КД, методам отбора, консервации, маркировки, упаковки проб молока, оформления сопроводительной документации для доставки проб молока в испытательные лаборатории.

Унификация в рамках ЕАЭС организации и осуществления селекционного учета молочной продуктивности крупного рогатого скота в комплексе с изменениями, вносимыми в Методику, позволят повысить в государствах-членах уровень племенного дела, всесторонне и объективно осуществлять оценку племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности по признакам, оказывающим наибольшее влияние на экономическую эффективность производства молока и молочной продукции.

В настоящее время проекты актов ЕАЭС готовятся к внесению на рассмотрение Коллегией Комиссии в установленном порядке. Их принятие ЕЭК и применение в агропромышленном комплексе государств — членов Союза будут способствовать дальнейшему повышению генетического потенциала племенного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, устойчивому функционированию молочно-товарного производства и переработке молока на территориях государств — членов ЕАЭС.

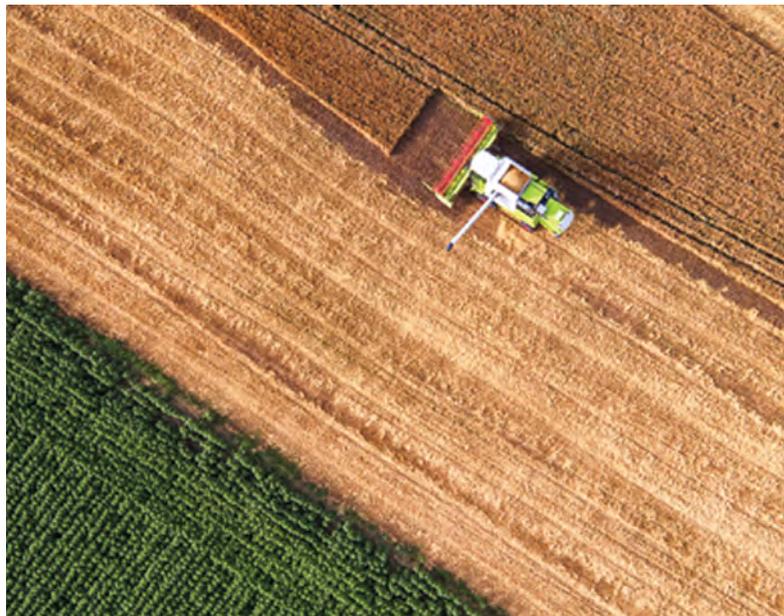
Е.Г. Аверьянова, О.В. Арнаутов, А.Ф. Мельников
Департамент агропромышленной политики
Евразийской экономической комиссии

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В СФЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

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 интернет-вещей и Фонд развития интернет-инициатив при поддержке АНО «Цифровая экономика».

Сохранение прибыльности сельского хозяйства во многом зависит от его автоматизации, отметил директор Ассоциации интернета вещей Андрей Колесников на пленарной сессии форума «Цифровизация АПК — стратегические вызовы». Среди факторов, влияющих на внедрение автоматизированного сельскохозяйственного оборудования, он акцентировал внимание на технологической зрелости, производительности, потребительском спросе, а также геополитике и макроэкономических условиях. В презентации своего выступления спикер порекомендовал компаниям, занимающимся автоматизацией сельхозпроизводства, переосмыслить опыт ведения сельского хозяйства, используя как автоматизированное оборудование, так и набор программного обеспечения и услуг, создающих цифровую экосистему для измерения, отслеживания и оптимизации всего, что происходит в поле, а также четко коммуницировать экономические эффекты, рентабельность инвестиций в оборудование и автоматизацию в рамках их ценностного предложения, коммерческих предложений и рекламных материалов. Кроме того, необходимо развивать бизнес-модели, чтобы снизить первоначальные капитальные затраты, связанные с новым оборудованием автоматизации, например сервисные подписки, и теснее сотрудничать с консьюмерскими компаниями CPG, чтобы повысить прозрачность и отслеживаемость в сельском хозяйстве и развивать инструменты, упрощающие сбор данных и обмен ими, резюмировал эксперт.

Внедрить в отрасль комплексные решения невозможно без единых форматов данных, отметила заместитель генерального директора Центра цифровой трансформации в сфере АПК при Министерстве сельского хозяйства РФ Екатерина Потапова. База данных, где информация обработана единым образом, также



необходима для обучения искусственного интеллекта, добавила она. В числе ключевых проблем в работе с данными — обозначение границ земель сельхоз назначения в разных единицах измерения в различных реестрах, а также отсутствие единообразия в терминах, вследствие чего возникают так называемые функциональные колодцы (когда некое условное предприятие превращается в замкнутую систему), пояснила спикер. Одним из способов решения этой проблемы является создание единого глоссария и набора стандартов для обмена данными между всеми участниками рынка, отметила она. В результате фермеры смогут обратиться к вендорам для получения цепочки решений и алгоритма их внедрения в производство, заключила эксперт.

Эффект от внедрения цифровизации зависит в том числе от уровня развития хозяйства. В передовом, где большинство процессов оптимизированы, он будет ниже, а в отстающем, которое только начинают приводить в порядок, — выше, пояснила директор Agrotech Hub фонда «Сколково» Наталья Чернышева.

В России темпы цифровизации сельского хозяйства всё еще ниже, чем во многих отраслях экономики, и это дает потенциал для активного роста, сообщила спикер. В числе барьеров внедрения цифровых технологий она отметила недостаток квалифицированных кадров, слабую инфраструктуру



связи, необходимость существенных инвестиций по внедрению комплексных решений и перестройки бизнес-процессов в хозяйствах.

Сегодня у России имеются собственные разработки, которые позволяют автоматизировать и цифровизировать животноводство и растениеводство, сообщила эксперт. «Наблюдается взрывной рост появления этих решений, особенно в последний год, и достаточно активное их внедрение», — отметила она. По мнению спикера, сельхозтоваропроизводителям нужно обратить внимание на отечественные разработки. «Мы, как институт развития, оказываем поддержку внедрению этих решений. Среди мер поддержки — гранты на первое пилотное внедрение просто цифровых решений и цифровых решений с искусственным интеллектом (ИИ). В обеих программах мы даем деньги заказчику. То есть к нам приходит заказчик, представляющий хозяйство, которое хочет у себя внедрить цифровое решение, и мы даем деньги хозяйству на внедрение этого решения. В случае с просто цифровыми решениями мы даем до 80% от суммы проекта, а в случае с ИИ — до 50%», — сказала Наталья Чернышева.

По данным Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, цифровые системы в животноводстве (в управлении микроклиматом, кормлении и лечении животных) могут сократить издержки производства на 35–40%, а продуктивность животных увеличить на 15–20%, сообщил замдиректора по отраслям направления «Цифровая трансформация отраслей» АНО «Цифровая экономика» Андрей Пряников. Эффективно применение цифровых решений в растениеводстве. Согласно данным Cognitive Pilot, беспилотные комбайны сокращают потери урожая до 13% и ускоряют его сбор на 25%. Тем не менее более половины собственников компаний (не только в агропромышленном комплексе) не знают об эффективных решениях, в том числе основанных на машинном обучении, при этом дефицита таких решений в РФ нет, отметил эксперт. Он сообщил, что для решения данной проблемы АНО «Цифровая экономика» создан Цифробанк, включающий более 80 кейсов успешного внедрения цифровых решений, в частности систему



онлайн-подсчета поголовья свиней и ИИ-решение, которое позволяет увеличить надои молока и снизить расходы на поддержание здоровья коров.

Исполняющий обязанности директора ФГБУ «Россельхозземмониторинг» Игорь Козубенко сообщил, что в 2023 году Российским центром государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения будет создана карта территорий сельхозназначения не менее чем в 24 регионах Российской Федерации. Это около 180 млн га, уточнил он. «В прошлом году мы охватили шесть регионов РФ и проинвентаризировали 12 миллионов гектаров: подняли все архивы и восстановили исторические границы земель сельхозназначения», — сказал эксперт, — провели сравнительный анализ с данными ЕГРН, ЕФИС, внутрихозяйственных архивов. Выяснили, что 2 из 12 миллионов гектаров находятся в ЕГРН без четких границ. Кроме того, оказалось, что колоссальное количество сельхозземель (25%) используются не по назначению». Все эти данные были собраны для Министерства сельского хозяйства РФ, который в рамках Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ совместно с Государственным университетом по землеустройству и рядом организаций реализует мероприятия по установлению исторических границ земель сельхозназначения, сообщил он. Эксперт пояснил, что

для инвентаризации центр использует беспилотные летательные аппараты, которые способны точно определить границы земельных участков, произрастающие там культуры, а также качество посевов. По его словам, информация с беспилотников и оцифрованные данные из архивных материалов и кадастровых учетов, генеральных планов и снимков из космоса помогают определить местоположение земель, их площадь и время, на протяжении которого они использовались для ведения сельского хозяйства. Задача центра госмониторинга — не только восстановить исторические границы этих земель, но и выяснить, как их использовали раньше (100–200 лет назад), а также причины, по которым они не используются для сельского хозяйства в настоящее время, подытожил эксперт.

Ю.Г. Седова



АНДРЕЙ ОМЕЛЬЧУК: «СТЫК НАУК И КОМПЕТЕНЦИЙ СЕГОДНЯ КРАЙНЕ ВАЖЕН»

В ходе панельной сессии «Технологический суверенитет в АПК: вызовы и возможности», прошедшей 16 июня в рамках XXVI Петербургского международного экономического форума, состоялось обсуждение актуальных вопросов обеспечения технологического и кадрового суверенитета российского АПК.

Обеспеченность отечественного агропромышленного комплекса кадровым резервом — в числе ключевых условий эффективного развития АПК РФ и успешного внедрения в него передовых технологий, отметила модератор сессии, первый заместитель генерального директора компании «Иннопрактика» Наталья Попова. «С точки зрения продовольственной безопасности у нас есть, скажу дипломатично, некие лакуны, с которыми хотелось бы плотно поработать», — добавила она. Спикер сообщила, что доля импортных семян кукурузы в России составляет 55%, картофеля — 65%, подсолнечника — 73%, сахарной свеклы — 97%. Пшеница — чуть ли не единственная культура, по которой наша страна полностью импортонезависима, пояснила она. А ведь, согласно Доктрине продовольственной безопасности, доля российских семян уже к 2030 году должна составлять не менее 75%, напомнила модератор.

Обсуждая вопрос импортонезависимости, в первую очередь необходимо обратить внимание на проблему с кадрами, отметила Наталья Попова. Так, по ее данным, пул подготовленных специалистов по генетике и селекции в Российской Федерации составляет 350 человек, притом что потребность отрасли — 10–12 тысяч. «Представьте, какая это разница и сколько нужно трудиться», — заключила спикер.

Сегодня в АПК РФ существует достаточно большой запрос на современные инженерные решения, позволяющие повысить эффективность бизнес-процессов, отметил заместитель министра науки и высшего образования РФ Андрей Омельчук. В результате на первый план выходит роль университетов и компаний-партнеров, добавил он. За последние годы отечественное аграрное образование, благодаря совместной работе Минобрнауки России, Министерства сельского хозяйства РФ и «Иннопрактики», сделало серьезный шаг вперед,



сообщил замминистра. Программа «Приоритет-2030» нацпроекта «Наука и университеты» позволила некоторым отечественным вузам занять лидирующие позиции по подготовке кадров для сельскохозяйственной отрасли, добавил он. «В программу вошло значительное число российских аграрных университетов, — отметил замминистра. — Причем вошли они очень уверенно. Даже с точки зрения объемов субсидий они находятся на лидирующих позициях в ряде направлений, при этом сама по себе тематика "агротехнология" не только в этих университетах. У нас из более 120 участников программы 30 университетов в той или иной степени работают на технологиях, связанных с агропромышленным комплексом страны». Сегодня отечественные вузы меняют подход к подготовке кадров, активно включаясь в аграрную инженерию, добавил он.

Замглавы Минобрнауки России сообщил, что в настоящее время министерство совместно с партнерами работает над включением инженерных компетенций во все образовательные программы по аграрной подготовке. «Сегодня аграрная отрасль — это не только семена и животные, это еще и определенный инженерный хайтек», — заключил он. В российском АПК существует достаточно большой запрос на современные инженерные решения, которые позволяют повысить эффективность бизнес-процессов, и здесь на первый план выходит роль университетов, а также компаний-партнеров, сообщил замминистра. Чтобы отвечать на современные вызовы, эти вузы должны одновременно с подготовкой кадров выдавать решения, обеспечивающие технологический суверенитет, отметил он. «В современных условиях вузам, ориентировавшим свои проекты на сектор АПК, необходимо сфокусироваться на разработке и внедрении критических и сквозных технологий для отрасли», — сказал спикер.



Важным является и формирование сетевых образовательных программ между аграрными вузами и инженерными университетами, поскольку стык наук и компетенций в наши дни крайне важен, это позволяет ускоренно достигать необходимых результатов, сообщил Андрей Омельчук. «Российские вузы сегодня понимают масштабы вызовов и задач и работают в этом направлении», — добавил он. Замминистра акцентировал внимание на мотивации абитуриентов, отметив, что вузы должны предлагать современную программу подготовки кадров для аграрной отрасли, а крупные агрохолдинги — принимать участие в обучении студентов.

«Конечно, очень важно добавлять современный компонент в образовательную программу — инженерную, высокотехнологичную, потому что сегодня это, во-первых, необходимо отрасли, а во-вторых, поскольку практика показывает, что абитуриенты ориентируются намного больше на хайтек и современные специальности, чем больше мы будем таких форматов развивать, тем легче привлечем абитуриентов в аграрные университеты. Но могу сказать, что позитивный тренд уже абсолютно виден», — отметил спикер. Он отметил и важную роль олимпиад в повышении интереса к специальностям. Замминистра пояснил, что через задания у обучающихся появляется представление о будущей работе.

Развитие агропромышленного комплекса РФ отражено в Концепции технологического развития РФ до 2030 года — в документе сделан упор на сквозные технологии, в том числе приоритетными направлениями выделены живые системы и генетика, резюмировал Андрей Омельчук.

Заместитель руководителя ФАС России Виталий Королев отметил особую роль отрасли минеральных удобрений в обеспечении суверенитета АПК РФ. Помимо этого, к факторам, обеспечивающим суверенитет российского сельского хозяйства, он отнес меры по защите внутреннего рынка от внешней волатильности.



Пример успешной защиты — добровольная фиксация цен отечественными производителями удобрений на уровне 2021 года, пояснил Виталий Королев. «Компании взяли на себя добровольные, подчеркиваю, обязательство по сдерживанию цен», — уточнил он. По мнению замглавы службы, это показывает, что аграрная отрасль будет развиваться и далее. Главное, чтобы сельхозтоваропроизводители вносили удобрения в почву и повышали тем самым урожай, заключил Виталий Королев.

«Мы сегодня оказались в новой реальности, и для нас очень важно, чтобы отечественное законодательство соответствовало ее вызовам, поэтому мы совместно с Минсельхозом за этим внимательно следим и сейчас фактически проводим некую ревизию законодательной базы», — сказал председатель Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Александр Двойных. Он сообщил, что было отмечено несколько «негативных моментов» относительно поддержания и развития в АПК России высокого уровня цифровизации, которые (благодаря совместным усилиям представителей Комитета Совета Федерации и Министерства сельского хозяйства РФ) будут вскоре урегулированы. «В настоящее время мы сдерживающих факторов не видим», — добавил законодатель.

Александр Двойных выделил цифровизацию сельского хозяйства и применение больших данных в качестве важных инновационных направлений. Задел для успешного импортозамещения в этой области на фоне ухода зарубежных компаний был сделан отечественными компаниями еще в досанкционный период, отметил он.

«Формирование суверенитета не бывает быстрым и безболезненным. Это очень сложный процесс, это огромный труд всех заинтересованных сторон. Считаю, что данный вызов мы обязаны принять и четко на него ответить», — подытожил парламентарий.

Ю.Г. Седова



АЛЕКСАНДР ПЕТРИКОВ: «СЕМЕЙНЫЕ ФЕРМЕРСКИЕ ХОЗЯЙСТВА В ЭКОНОМИКЕ И ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА ВЫПОЛНЯЮТ ВАЖНЕЙШИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ, ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ»

В ходе круглого стола «О мерах по стимулированию создания семейных крестьянских (фермерских) хозяйств в Российской Федерации» состоялось обсуждение актуальных вопросов организации и развития семейных КФХ. Мероприятие, прошедшее на площадке верхней палаты российского парламента 19.06.2023, провел заместитель председателя Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию Егор Борисов.

Обеспечение населения РФ безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией — одна из стратегических целей Доктрины продовольственной безопасности, отметил замглавы Комитета Совета Федерации Егор Борисов в ходе круглого стола. По его словам, в производстве аграрной продукции заметную роль, наряду с крупным бизнесом, играют сельхозтоваропроизводители малых форм хозяйствования, которые производят половину валового продукта сельского хозяйства и выполняют важную роль в решении социальных задач — налаживании устойчивого развития сельских территорий и обеспечении занятости и роста доходов сельского населения. В России сегодня, по данным на 1 января текущего года, 161 009 крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ), порядка 17 млн личных подсобных хозяйств и 30 тыс. малых сельскохозяйственных предприятий, которые производят более половины (56,5%) валового продукта сельского хозяйства страны, сообщил сенатор. Он отметил необходимость законодательно четких определений таких понятий, как «личное подсобное хозяйство», «крестьянское фермерское хозяйство», «семейное фермерское хозяйство». Это необходимо в том числе потому, что при их регистрации и получении мер государственной поддержки возникает множество проблем и противоречий, пояснил законодатель.



На круглом столе было отмечено, что, согласно данным АККОР, в 2022 году объем валовой продукции фермерского сектора составил 1432 млрд руб., при этом посевные площади малых форм хозяйствования составили 53 млн га — 64% всех посевных площадей России. Что касается производства валовой продукции в КФХ, то в течение последних 15 лет оно выросло в физическом объеме в 10 раз, а в удельном весе — более чем в 2 раза.

Поддержка фермерских хозяйств, в частности семейных, тоже увеличивается, сообщили в Минсельхозе России. Как отметила начальник отдела развития предпринимательской деятельности в АПК департамента развития сельских территорий Министерства сельского хозяйства РФ Светлана Кобылкина, сегодня уделяется большое внимание малым формам хозяйствования. Так, на текущий момент (с 2012 г.) в России насчитывается уже более 8000 получателей грантовой поддержки, и на эти цели направлено свыше 50 млрд руб. По словам чиновника, получить грант (около 10 млн руб.) могут семейные хозяйства, образованные не менее пяти лет назад, где трудятся два и более члена семьи, в которые вложено минимум 40% собственных средств фермеров от стоимости проекта. В 2023 году в рамках стимулирующей субсидии предусмотрено 4,8 млрд руб., причем ряд регионов дают возможность получить поддержку фермерам,



вложившим 20% собственных средств, а не 40%, добавила она. Получатель гранта развития семейной фермы берет на себя ряд обязательств: он должен не менее пяти лет вести свою деятельность и создать три и более рабочих мест, отметила спикер. «Таким образом, этот грант направлен как на увеличение объемов производства сельскохозяйственной продукции, так и на повышение занятости на сельских территориях», — резюмировала она.

Семейные фермерские хозяйства в экономике и жизни российского общества выполняют важнейшие экономические, социальные, демографические функции, отметил руководитель ВИАПИ им. А.А. Никонова — филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ академик РАН Александр Петриков. По мнению ученого, их ключевой функцией является обеспечение продовольственной безопасности, особенно по трудоемким органическим продуктам, а также (в период кризисов) продовольственное снабжение отдаленных и труднодоступных районов, содействие занятости, повышению доходов населения, демографическому росту, сохранению сельских территорий. Несмотря на большое народнохозяйственное значение, статус семейных фермерских хозяйств не закреплен в федеральном законодательстве. Они не имеют специальной государственной поддержки (помимо грантов на развитие ряда подотраслей животноводства с 2012 года, а с 2020-го — растениеводства) и не выделены в качестве объекта статистического наблюдения Росстатом, отметил Александр Петриков.

Косвенные оценки распространения и потенциала семейных фермерских хозяйств можно получить на основе данных всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 года и 2016-го. Если предположить, что численность их работников не превышает четырех человек, тогда в 2006 году их было около 117 тыс., в 2017-м — 97 тыс., пояснил академик. В общей численности фермерских хозяйств их доля в 2006 году составила около 44%, в 2017-м — порядка 48%. В посевах всех сельскохозяйственных культур в фермерском секторе она составила в 2006 году 40%, в 2016-м — 45%, при этом в посевах зерновых — 39% и 45%, сахарной свеклы — 31% и 27%, подсолнечника — 50% и 43%, картофеля — 39% и 45%, овощей и бахчевых — 45% и 54% соответственно. «Таким образом, мы видим, что в посевах трудоемких культур — картофеля и овощей —



их удельный вес растет, а в относительно нетрудоемких — сахарной свеклы, подсолнечника — снижается, за исключением зерновых. Зерно как высоко маржинальный продукт стараются выращивать все группы хозяйств», — сказал Александр Петриков.

По данным академика, в животноводческих отраслях фермерского сектора доля условно семейных фермерских хозяйств, где численность работников не превышает четырех человек, особенно велика в овцеводстве и КРС (соответственно, 76% и 60% в 2016 году), при этом удельный вес рассматриваемых хозяйств вырос с 2006 по 2016 год во всех видах животноводства.

Ученый предложил следующие меры по развитию семейных крестьянских (фермерских) хозяйств:

- определение в федеральном законодательстве статуса семейного крестьянского (фермерского) хозяйства (в качестве хозяйства, основанного на труде членов семьи с привлечением наемного труда только на сезонные работы);
- организация статистического наблюдения за деятельностью семейных фермерских хозяйств, в том числе в следующую сельскохозяйственную перепись;
- внесение поправок в Федеральный закон «О сельском хозяйстве» — о дополнительной господдержке семейных КФХ;
- увеличение господдержки семейных животноводческих ферм в 2023 году.

Кроме того, нужно разработать дополнительные меры по развитию сельскохозяйственных потребительских кооперативов и стимулированию перехода высокотоварных личных подсобных хозяйств (ЛПХ), которые по экономической сущности ничем не отличаются от семейных КФХ, в фермеры, отметил ученый. «Сейчас этих мер совершенно недостаточно, — сказал он. — Например, субсидию на возмещение части затрат граждан, ведущих личные подсобные хозяйства и применяющих налог на профессиональный доход при реализации продукции, получили всего 113 ЛПХ в общем объеме 3,26 миллиона рублей, в том числе 2,7 миллиона рублей средств федерального бюджета (мероприятие осуществлялось только в Белгородской области, Республике Коми и Чувашской Республике)». Необходимо разработать ведомственную целевую программу по поддержке семейных КФХ, заключил ученый.

Ю.Г. Седова



В 2022 ГОДУ МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЯСА ДОСТИГЛО 360 МИЛЛИОНОВ ТОНН

Текущее состояние, возможности и перспективы рынка производства белка животного происхождения обсудили участники пленарного заседания саммита «Аграрная политика России: безопасность и качество продукции», прошедшего в рамках специализированной выставки «Мясная промышленность. Куриный Король. Индустрия холода для АПК / Meat and Poultry Industry Russia & VIV 2023».



Мировой мясной сектор, после резкого сокращения производства мяса в мире в 2019 году в связи со вспышками африканской чумы свиней в нескольких азиатских странах, в 2020 и 2021 годах в целом восстановился, отметил директор отделения Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) для связи с Российской Федерацией Олег Кобяков. Произошло это в основном за счет роста производства свиней, добавил спикер. «Отдел рынков и торговли ФАО собирает, анализирует и распространяет информацию о рынке мяса. Регулярно публикуются аналитические отчеты по рынку мяса и краткосрочные прогнозы предложения, спроса, торговли, запасов и цен, тематический анализ и информация об изменениях в политике», — рассказал он. Так, согласно данным ФАО, в 2022 году мировое производство мяса достигло 360 млн т (в убойном весе), что на 1,2% больше, чем в 2021 году. При этом в прошлом году общее мировое производство мяса столкнулось с рядом проблем, — повышением стоимости кормов и других ресурсов, ростом заболеваемости скота, неблагоприятными погодными условиями, отметил эксперт. Все это вызвало в некоторых странах сокращение запасов, что, в свою очередь, привело к снижению убойного веса, сокращению производства мяса и к сворачиванию производства для поддержания прибыльности, пояснил он.

По среднесрочному прогнозу ОЭСР–ФАО, мировое производство мяса в течение 2022–2031 годов вырастет на 15% вследствие увеличения поголовья животных и повышения продуктивности, — более высокие показатели фертильности, быстрый и эффективный набор веса будут достигнуты благодаря интенсивному кормлению, улучшенной генетике и управлению поголовьем. При этом 45% от общемирового роста производства мяса составит мировое производство мяса птицы, которое за этот период увеличится на 16% (21 млн т), — около половины его придется на Азиатско-Тихоокеанский регион, в то время как доля Китая составит 15%, сообщил спикер. «США увеличат общий прирост объемов производства на восемь процентов благодаря интенсификации отрасли, прирост Бразилии составит пять процентов благодаря расширению поголовья скота и росту производства на душу населения, — сказал он. — В Европе производство мяса птицы увеличится только на четыре процента, поскольку увеличения поголовья не ожидается, а производство на душу населения и без того высокое». Мировое производство свинины, по

сравнению с базовым периодом 2019–2021 годов, затронутым АЧС, к 2031 году вырастет на 17% (18 млн т), — на долю свинины придется 38% роста мирового производства, отметил эксперт. Вырастет и производство говядины — на 8% (6 млн т). В частности, на 11%, — 33% от общего объема, — увеличит производство Латинская Америка, уточнил он. «Однако в Северной Америке расширение составит всего четыре процента из-за ожидаемой низкой рентабельности региона в связи со слабым спросом, вызванным переходом потребителей на белое мясо, — сказал Олег Кобяков. — Это приведет к сокращению инвестиций в новые проекты при незначительном увеличении запасов». В ЕС производство говядины снизится на 8% (из-за негативной динамики экспорта продукции и высоких затрат, обусловленных жесткими мерами по сокращению выбросов парниковых газов), отметил он. «Очередной обзор ОЭСР–ФАО будет опубликован в начале июля», — добавил спикер.

В ходе мероприятия состоялось обсуждение экспортного потенциала российской мясной продукции и возможностей расширения ее поставок на зарубежные рынки. Генеральный директор Национального союза птицеводов Сергей Лахтюхов сообщил, что Российская Федерация, с 2016 года полностью обеспечивая внутренние потребности по мясу птицы, сегодня входит в число крупнейших экспортеров этой продукции. Российские птицеводы будут и далее наращивать объемы экспортируемой продукции, тем более что экспорт стал основным фактором привлечения инвестиций в отрасль — на модернизацию производств, финансирование М&А, развитие логистической инфраструктуры, отметил он. По мнению главы Национальной мясной ассоциации Сергея Юшина, экспорт говядины из РФ также увеличится. «За рубежом нашу говядину распробовали», — заметил он. Необходимость роста экспорта отметил и генеральный директор Национального Союза свиноводов Юрий Ковалев. Сейчас, по его данным, на экспорт идет порядка 5% от общего производства свинины, а стремиться надо к 10%. При этом следует помнить, что увеличение объемов экспорта увеличивает и риски, резюмировал он. «Если поставлять больше, 15–20%, то нужны надежные страны-союзники, которые будут закупать гарантированно (например, как Мексика — США или США — Япония), поскольку при таких объемах мы не можем зависеть от каких-либо ветеринарных или геополитических причин», — заключил спикер.

Ю.Г. Седова

ОБЩАЯ ПЛОЩАДЬ ПОСЕВОВ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ СОСТАВИЛА ПОРЯДКА 2,4 МЛН ГА

В ходе пресс-конференции заместителя председателя правительства Новосибирской области — министра сельского хозяйства Евгения Лещенко, прошедшей 9 июня на площадке ТАСС (Новосибирск), состоялось обсуждение итогов посевной кампании в регионе.

Объем переходящих остатков зерна в Новосибирской области вырос вдвое в текущем году и достиг рекордных значений (1,5 млн т) по сравнению с 750 тыс. т в прошлом году, сообщил зампред правительства региона — министр сельского хозяйства Евгений Лещенко. Общая площадь посевов составила 2,4 млн га, отметил он. В текущем году в регионе апрель выдался довольно холодным и сухим, в связи с чем технологические операции по посевной кампании пришлось перенести (аграрии вышли в поля только в I декаде мая), тем не менее благодаря техническому оснащению и хорошей подготовке посевная шла значительно более высокими темпами, чем в предыдущие годы, сообщил зампред. «Более недели мы превышали отметку в 100 тысяч гектаров, обошли темпы 2020 года и 2021-го, сравнившись с результатами прошлого года. Поздний старт не повлиял на дату финиша. Все культуры размещены в оптимальные агротехнологические сроки», — сказал Евгений Лещенко. По данным спикера, с осени аграрии подняли 1 млн 120 тыс. га зяби (никогда ранее более 1 млн не поднимали) и 349 тыс. га паров. Весной на существенных площадях (1,7 млн га) проведена прибивка влаги. В предыдущие годы такой подготовки не требовалось, так как влаги в почве было достаточно, пояснил Евгений Лещенко.

Техническая оснащенность в регионе растет год от года, сообщил спикер. По его данным, в текущем году в посевной кампании приняли участие более 7000 тракторов (в том числе более 2000 высокопроизводительных и энергонасыщенных) и 1200 посевных комплексов. Кроме того, закуплено 500 единиц сельхозтехники для следующей посевной кампании на 2,8 млн рублей. Семенами аграрии были обеспечены с профицитом, минеральных удобрений закуплено достаточное количество — 163 тыс. т.

Общая стоимость посевной кампании составила 16,6 млрд рублей, что на 7–8% больше, чем годом ранее, отметил Евгений Лещенко. Он сообщил, что для проведения полевых работ планировалось привлечь около

4 млрд рублей в виде краткосрочных кредитов, направить 2 млрд рублей средств господдержки, при этом фактически до сельхозтоваропроизводителей доведено уже более 2,7 млрд рублей господдержки — беспрецедентный объем, позволивший своевременно закупить и подготовить необходимые материально-технические ресурсы. Вырос объем предоставления кредитов (в том числе по льготной ставке) благодаря увеличенным для региона лимитам. «Недостатка заемных средств крестьяне в этом году не ощущали», — резюмировал спикер.

Эксперты прогнозируют рост цены реализации. В настоящее время это уже ощущается, потому что сделки пошли, отметил зампред. «Цена растет, поступают предложения. Идет торг, причем торг на повышение. Но в то же время за Уралом, в западной части РФ, на полях зреет рекордный урожай. Два момента: сложные погодные условия — западнее. Здесь два таких взаимоуравновешивающих явления будут формировать в целом цену на зерно в Сибирском федеральном округе. Отсюда мы прогнозируем рост цены, но он не будет очень существенным», — пояснил Евгений Лещенко. Данный рост не скажется отрицательно на потребительском рынке, но позволит выйти на минимально привлекательные уровни рентабельности в сельхозпроизводстве, уточнил спикер. Он сообщил, что экстремальная жара и засуха, установившиеся в июне, привели к гибели посевов льна (их общая площадь — около 100 тыс. га). «В первую очередь пострадал лен масличный. Пострадали и зерновые. Но здесь на большинстве посевов будет скорее не гибель, а очень серьезная изреженность», — уточнил зампред. Лещенко отметил, что комплексное проявление экстремально жаркой погоды с высокой солнечной инсоляцией привело к тому, что температура почвы прогревалась до 65 °С, пояснив, что при такой высокой температуре происходят коагуляция белков и отмирание ткани, а это приводит к повреждению посевов яровых и зерновых культур. Спикер сообщил, что из-за аномальной засухи в шести районах (Купинском, Баганском, Карасукском, Краснозерском, Кочковском и Сузунском) введен режим чрезвычайной ситуации (или повышенной готовности), в Чистоозерном, Здвинском и Доволенском районах его планируют ввести, а в Венгеровском и Коченевском — готовят документы для введения такого режима.

Тем не менее, несмотря на сложные погодные условия, плановые показатели ярового сева (2058 тыс. га) достигнуты, отметил зампред. В лидерах — аграрии Кочковского района, засеявшие почти на 7% площадей более планируемых. Кроме того, на 2–3% перевыполнен план в Усть-Тарском, Мошковском и Купинском районах.

Евгений Лещенко уточнил, что сделанные посевные мероприятия не окончательные — позже стартуют культуры позднего посева. Не исключены пересевы ряда площадей после экстремальной жары.

Ю.Г. Седова



УДК 619:57.065:578.828

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-22-26

**Р.Р. Вафин,
Х.Х. Гильманов, ✉
П.Н. Шастин,
Е.А. Гулюкин,
А.Г. Григорьев**

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

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Поступила в редакцию:
12.05.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-22-26

**Ramil R. Vafin,
Khamid Kh. Gilmanov, ✉
Pavel N. Shastin,
Evgeny A. Gulyukin,
Artem G. Grigoriev**

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

✉ gilmanov.xx@mail.ru

Received by the editorial office:
12.05.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Диагностически значимые однонуклеотидные полиморфизмы в локусе *env*-гена для SNP-генотипирования *Bovine leukemia virus*

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Этиологическим агентом развития персистентного лимфоцитоза и лимфосаркомы у крупного рогатого скота является *Bovine leukemia virus*. Филогенетический анализ секвенированных нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена BLV основной, но не единственный подход к генотипической классификации возбудителя.

Методы. Цель исследования — выявление однонуклеотидных полиморфизмов в локусе *env*-гена *Bovine leukemia virus*, рассматриваемых в качестве диагностически значимых для SNP-генотипирования BLV на основе анализа данных прямого секвенирования ПЦР-продукта.

Результаты. Выравниванием нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена 101 типового изолята BLV известных генотипов *Bovine leukemia virus* выявлено 155 однонуклеотидных полиморфизмов, из которых 35 SNP рассматривались в качестве диагностически значимых. При этом для SNP-генотипирования BLV достаточен анализ по 22 охарактеризованным однонуклеотидным полиморфизмам, 14 из которых являются генотип-специфичными по отношению к 9 генотипам изучаемого вирусного патогена (C232G — для 3-го, G84A — 4-го, A117G, T326C и C412T — 5-го, C394T — 8-го, C40G — 9-го, C132T — 10-го, T113A и T256C — 11-го, T49C и G140A — 12-го, C83A и T304C — для 13-го генотипа), тем самым обеспечивая их идентификацию. Другие 8 охарактеризованных полиморфных позиций не являются генотип-специфичными, но интерпретация результатов их детекции имеет идентификационную ценность в отношении оставшихся 4 генотипов BLV: 1-го (G205G и A337A), 2-го (T220C и A334G), 6-го (A127R, C132C, T153C и C341C) и 7-го (T220C и A334A) соответственно.

Ключевые слова: BLV, изолят, *env*, ген, генотип, ПЦР, секвенирование, выравнивание, SNP, генотипирование

Для цитирования: Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Гулюкин Е.А., Григорьев А.Г. Диагностически значимые однонуклеотидные полиморфизмы в локусе *env*-гена для SNP-генотипирования *Bovine leukemia virus*. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 22–26. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-22-26>

© Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Гулюкин Е.А., Григорьев А.Г.

Diagnostically significant single nucleotide polymorphisms in the *env*-gene locus for SNP-genotyping of *Bovine leukemia virus*

ABSTRACT

Relevance. The etiological agent in the development of persistent lymphocytosis and lymphosarcoma in cattle is *Bovine leukemia virus*. Phylogenetic analysis of sequenced nucleotide sequences of the BLV *env*-gene locus is the main, but not the only, approach to pathogen genotypic classification.

Methods. The aim of the study was to identify single-nucleotide polymorphisms in the locus of the *Bovine leukemia virus env*-gene, considered as diagnostically significant for SNP genotyping of BLV based on the analysis of direct sequencing data of the PCR-product.

Results. Alignment of the nucleotide sequences of the *env*-gene locus of 101 BLV type isolates of known *Bovine leukemia virus* genotypes revealed 155 single nucleotide polymorphisms, of which 35 SNP were considered diagnostically significant. At the same time, for BLV SNP-genotyping, an analysis of 22 characterized single nucleotide polymorphisms is sufficient, 14 of which are genotype-specific in relation to nine genotypes of the studied viral pathogen (C232G for the 3rd, G84A for the 4th, A117G, T326C and C412T — 5th, C394T — 8th, C40G — 9th, C132T — 10th, T113A and T256C — the 11th, T49C and G140A — the 12th, C83A and T304C — the 13th genotypes, thereby ensuring their identification. The other 8 characterized polymorphic positions are not genotype-specific, but the interpretation of the results of their detection has identification value in relation to the remaining 4 BLV genotypes: 1st (G205G and A337A), 2nd (T220C and A334G), 6th (A127R, C132C, T153C and C341C) and 7th (T220C and A334A) respectively.

Key words: BLV, isolate, *env*, gene, genotype, PCR, sequencing, alignment, SNP, genotyping

For citation: Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Gulyukin E.A., Grigoriev A.G. Diagnostically significant single nucleotide polymorphisms in the *env*-gene locus for SNP-genotyping of *Bovine leukemia virus*. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 22–26 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-22-26>

© Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Gulyukin E.A., Grigoriev A.G.

Введение/Introduction

Изучение генетических механизмов формирования патологического процесса ретровирусных инфекций у продуктивных сельскохозяйственных животных и новых подходов к их диагностике и ликвидации — актуальный предмет исследования, выделенный в самостоятельный раздел фундаментальных и поисковых научных исследований (п. 4.3.1.3) по направлению «ветеринария» (п. 4.3.1) на 2021–2030 гг. в Российской Федерации¹.

Вид *Bovine leukemia virus* (BLV) семейства *Retroviridae* — наиболее проблемный биологический объект исследования в ветеринарной лейкологии, являющийся этиологическим агентом развития персистентного лимфоцитоза и лимфосаркомы у крупного рогатого скота [1].

Немаловажную роль в патогенезе инфекционного процесса, вызванного BLV, отводят оболочечному (от англ. *envelope*, сокр. *env*) *env*-гену возбудителя, кодирующему в том числе зрелый внеклеточный белок gp51, обладающий как антигенными, так и иммуногенными свойствами с инициацией высокой экспрессии специфических антител у инфицированных животных [2, 3].

На указанную генетическую мишень и антитела к транслируемому белку нацелены многие ПЦР, ИФА и РИД тест-системы для диагностики лейкоза крупного рогатого скота [4–6], а также экспериментальные средства специфической профилактики данного заболевания в виде рекомбинантных вакцин [6, 7].

Филогенетический анализ секвенируемых нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена BLV является основным [6, 8], но не единственным подходом к его генотипической классификации [9, 10]. Базовый способ типизации возбудителя может быть дополнен вспомогательными стратегиями ПЦР-ПДРФ-генотипирования [10, 11] и другими молекулярно-генетическими методами, требующими развития [12].

Цель исследования — выявление однонуклеотидных полиморфизмов в локусе *env*-гена *Bovine leukemia virus*, рассматриваемых в качестве диагностически значимых для SNP-генотипирования BLV на основе анализа данных прямого секвенирования ПЦР-продукта.

Материал и методы исследования / Material and methods

Работа выполнена в лаборатории лейкологии Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук в 2023 г.

Теоретико-аналитическая часть биоинформационного исследования по картированию однонуклеотидных полиморфизмов и выявлению диагностически значимых SNPs проведена выравниванием в онлайн-программах BLAST (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) и CLUSTALW (<https://www.genome.jp/tools-bin/clustalw>) депонированных в GenBank NCBI нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена 101-го типового изолята известных генотипов BLV (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/11901/>), ограниченных праймерами *env5099* и *env5521* [11].

Для практической реализации экспериментальной части исследования по SNP-генотипированию BLV, запланированного в следующей работе, потребуются: постановка с экстрагированными образцами провирусной ДНК «гнездовой» ПЦР с «внешними» (*env5032* и *env5608*) и «внутренними» (*env5099* и *env5521*) праймерами;

детекция специфического ПЦР-продукта длиной 444 bp методом горизонтального электрофореза в 2,5% агарозном геле с последующей визуализацией полученных электрофореграмм в УФ-трансиллюминаторе; секвенирование ампликонов анализируемого локуса *env*-гена BLV на генетическом анализаторе «НАНОФОР-05» (Синтол, Россия) — восьмиканальном секвенаторе (секвенирование по Сэнгеру) с использованием «внутренних» праймеров в качестве сиквенсных с последующей интерпретацией детектируемых однонуклеотидных полиморфизмов в идентификационном ключе.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В результате выравнивания нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена 101 типового изолята известных генотипов *Bovine leukemia virus* [11] в общей сложности было выявлено 155 однонуклеотидных полиморфизмов, из которых всего 35 SNP рассматривались в качестве диагностически значимых (табл. 1).

Исходя из данных таблицы 1, 1-й генотип BLV может быть идентифицирован интерпретацией результатов детекции сразу двух SNP (G205G и A337A). При этом анализ по одной только SNP в положении 205 не позволит дискриминировать 1-й генотип от 5-го, а также дифференцировать его представителей от изолята GBGS-12 (GenBank A/N: KP201465) 3-го генотипа BLV, тогда как SNP-анализ по другой только полиморфной позиции 337 не обеспечит полноценной идентификации 1-го генотипа от 4-го из-за двух недифференцируемых изолятов у последнего — 1S-c14 (JQ353642) и 3 (U87872).

Для идентификации 2-го генотипа BLV необходимо учитывать результаты детекции не менее двух SNP (T220C и A334G). При анализе же только одной SNP в положении 220 невозможно будет дифференцировать 2-й генотип от 7-го, а SNP-анализ только полиморфной позиции 334 не позволит дискриминировать 2-й генотип от 11-го генотипа BLV. 3-й и 4-й генотипы BLV имеют по одной генотип-специфичной SNP (C232G и G84A соответственно), благодаря чему могут быть успешно идентифицированы даже при нацеливании лишь на указанные полиморфные позиции. 5-й генотип BLV обладает сразу тремя генотип-специфичными SNP (A117G, T326C, C412T), что существенно повышает идентификационную способность SNP-генотипирования в отношении данного генотипа при секвенировании амплифицируемого локуса *env*-гена.

Идентификация 6-го генотипа BLV хоть и затруднена отсутствием у него генотип-специфичной SNP, но выполнима при фокусировании на четыре полиморфные позиции (A127R, C132C, T153C и C341C). По ним невозможно дифференцировать его только от 4-го и 11-го генотипов. Однако благодаря наличию у 4-го и 11-го генотипов BLV генотип-специфичных SNP, проблема их дифференциации фактически решается. 7-й генотип BLV также не имеет генотип-специфичной SNP, но всё равно может быть идентифицирован при SNP-анализе не менее двух полиморфных позиций (T220C и A334A), в совокупности обеспечивающих его дифференциацию от всех остальных генотипов BLV. 8-й, 9-й и 10-й генотипы BLV характеризуются наличием у них по одной генотип-специфичной SNP (C394T, C40G и C132T соответственно), тем самым гарантируя эффективную процедуру их идентификации при SNP-анализе указанных полиморфных позиций.

¹ Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.). Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 3684-р.

Таблица 1. Диагностически значимые SNP в локусе env-гена BLV
Table 1. Diagnostically significant SNP in the BLV env gene locus

Г	Типовой изотип BLV	35 однонуклеотидных полиморфизмов (SNPs)																																			GenBank A/N*	К	
		0 3	0 4	0 8	0 8	0 8	1 1	1 1	1 2	1 3	1 3	1 4	1 4	1 5	2 0	2 2	2 3	2 4	2 5	2 5	2 6	2 7	2 7	3 0	3 1	3 2	3 3	3 3	3 4	3 5	3 6	3 9	3 9	4 0	4 1	4 2			
1	AL-63	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808571	1
1	485	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AY151262	2
1	141	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AF547184	3	
1	JPEH-2	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065653	4	
1	UruL07VII	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FM955574	5	
1	IBK1724	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC552988	6	
1	Cow 527	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AF007764	7	
1	23	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	U87873	8	
1	AL-2106	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808578	9	
1	Uru38	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	M209471	10	
1	UruC06II	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FM955558	11	
1	VdM	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	M35239	12	
1	Kurdistan	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EU266062	13	
1	U2	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC640098	14	
1	KL16	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC466601	15	
1	GBGS-4	C	T	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	KP201468	16	
1	Monetro-48	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC075570	17	
2	AL-164	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808574	18	
2	A8086	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AB099326	19	
2	PL-4960	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808590	20	
2	ARGSF8	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AF485773	21	
2	AL-1453	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808577	22	
2	USCA-1	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065647	23	
3	USCA-2	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065648	24	
3	JPFU	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065650	25	
3	GBGS-12	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	KP201465	26	
3	2016NCHU013	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	MN167083	27	
4	BG	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065638	28	
4	N10	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	HM102355	29	
4	I 8_RU	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	HQ902262	30	
4	1S-c14	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ353642	31	
4	KE7	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ686093	32	
4	N018	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	KC867145	33	
4	301_PL	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EU262575	34	
4	3	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	U87872	35	
4	49i Koch	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	OL660354	36	
4	Steer271	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC553778	37	
4	1S-c16	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ353652	38	
4	N023	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	KC867149	39	
4	1 BY	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	HQ902258	40	
4	N034	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	KC886611	41	
4	1S-c9	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ353640	42	
4	NK11	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ686117	43	
4	1S-c10	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ353650	44	
4	K1	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	OK945955	45	
4	4T-c1	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	JQ353658	46	
5	CRAS-1	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065635	47	
5	CRGC	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065639	48	
5	CRLC-1	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	EF065655	49	
6	PL-1238	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	FJ808582	50	
6	151	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	AY185360	51	
6	BV-S39	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	MF817721	52	
6	BN13	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LC512451	53	
6	B665	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	MH040199	54	
6	13287_2013	T	C	C	C	G	T	A	A	C	G	A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	LT970922	55	
6	GS3	T	C	C	C	G	T	A	A</																														

Таблица 2. Однонуклеотидные полиморфизмы для SNP-генотипирования BLV
Table 2. Single nucleotide polymorphisms for SNP-genotyping of BLV

Генотип	22 однонуклеотидных полиморфизма (SNP)																					
	0 4	0 4	0 8	0 8	1 1	1 1	1 2	1 3	1 4	1 4	1 5	2 0	2 2	2 3	2 5	3 0	3 2	3 3	3 3	3 4	3 9	4 1
*AL-63	C	T	C	G	T	A	A	C	G	A	T	G	T	C	T	T	T	A	A	C	C	C
1	.	.	.	.	.	.	R	.	.	W	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	A	C	.	.	.	.	G	G	.	.	.
3	Y	.	.	.	.	.	.	.	.	G	.	R	.	G	.	.	.	.	.	G	.	.
4	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	Y	A	.	.	.	.	.	.	R	.	.	.
5	Y	.	.	.	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	C	.	G	.	.	T	.
6	.	.	.	K	.	.	R	.	.	.	C	A	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.
7	.	.	S	K	.	.	.	.	.	.	A	C	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.
8	.	.	.	.	.	R	.	.	.	.	A	.	Y	.	.	.	.	G	.	T	.	.
9	G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	R	T	.	.	C	A	.	.	.	.	.	.	G	A	.	.	.
11	.	.	.	A	.	G	.	.	.	C	A	.	.	C	.	.	G	G	.	.	.	.
12	.	C	.	.	.	.	.	A	.	.	A	.	.	.	.	.	.	G	.	.	.	.
13	.	.	A	.	.	.	.	.	G	.	A	.	.	.	C	.	.	G	.	.	.	.

Примечание: *AL-63 — типовой изолят 1-го генотипа BLV, A — аденин, T — тимин, G — гуанин, C — цитозин, Y — C или T, S — G или S, K — G или T, R — A или G, W — A или T, H — A либо C или T, M — A или C. Серым цветом выделены генотип-специфичные SNP.

Оставшиеся три генотипа BLV имеют по две генотип-специфичные SNP: T113A и T256C у 11-го, T49C и G140A у 12-го, C83A и T304C у 13-го генотипа BLV соответственно. Следовательно, указанные полиморфные позиции являются диагностически значимыми при идентификации перечисленных генотипов BLV. 13-й генотип [13], занимающий промежуточное положение между 2-м и 3-м, имеет схожую с ними полиморфную позицию (A143G), позволяющую дифференцировать их от других генотипов BLV.

Таким образом, для SNP-генотипирования BLV может быть достаточен анализ даже по 22 охарактеризованным однонуклеотидным полиморфизмам, дополненным представленным в сводной таблице 2.

При этом девять генотипов BLV (3-й, 4-й, 5-й, 8-й, 9-й, 10-й, 11-й, 12-й и 13-й) характеризуются генотип-специфичными SNP и благодаря им эффективно идентифицируются, тогда как четыре генотипа BLV (1-й, 2-й, 6-й и 7-й) не имеют генотип-специфичных SNP, но всё же могут быть идентифицированы при интерпретации результатов детекции целого ряда однонуклеотидных полиморфизмов, диагностически значимых для определенного генотипа.

Выводы/Conclusion

В проанализированной выборке выравненных нуклеотидных последовательностей локуса *env*-гена типовых изолятов известных генотипов BLV выявлено 155 однонуклеотидных полиморфизмов, из которых 35 SNP рассматривались в качестве диагностически значимых. При этом для SNP-генотипирования BLV на основе анализа данных прямого секвенирования ПЦР-продукта сделан акцент на 22 охарактеризованных однонуклеотидных полиморфизмах, включая 14 генотип-специфичных SNP, обеспечивающих идентификацию девяти генотипов BLV: 3-го (C232G), 4-го (G84A), 5-го (A117G, T326C, C412T), 8-го (C394T), 9-го (C40G), 10-го (C132T), 11-го (T113A и T256C), 12-го (T49C и G140A) и 13-го (C83A и T304C). Другие восемь полиморфных позиций хоть и не являлись генотип-специфичными, но интерпретация результатов их анализа имеет идентификационную ценность в отношении оставшихся четырех генотипов BLV: 1-го (G205G и A337A), 2-го (T220C и A334G), 6-го (A127R, C132C, T153C и C341C) и 7-го (T220C и A334A).

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 выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 22-76-10011 <https://rscf.ru/project/22-76-10011>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Донник И.М., Гулюкин М.И., Бусол В.А., Коваленко Л.В., Коваленко А.М. Лейкоз крупного рогатого скота: диагностика, оздоровление, антропозоонозный потенциал (история вопроса) (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(2): 230–244. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.2.230rus>
- Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Глазко Т.Т., Донник И.М. Клеточные и надклеточные уровни взаимодействия ретровирусов с хозяином на примере вируса бычьего лейкоза. Сообщение II. Проникновение в клетку и интеграция в геном хозяина (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018; 53(6): 1093–1106. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.6.1093rus>
- Глазко В.И., Косовский Г.Ю., Федорова Л.М., Глазко Т.Т. Клеточные и надклеточные уровни взаимодействия ретровирусов с хозяином на примере вируса бычьего лейкоза. Сообщение II. Критические стадии — поливариантность, универсальность (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2021; 56(6): 1079–1098. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.6.1079rus>
- Le D.T. et al. Detection and genotyping of bovine leukemia virus (BLV) in Vietnamese cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2020; 82(7): 1042–1050. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0094>

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:

This research was funded by Russian Science Foundation No. 22-76-10011 <https://rscf.ru/project/22-76-10011>

REFERENCES

- Donnik I.M., Gulyukin M.I., Busol V.A., Kovalenko L.V., Kovalenko A.M. Bovine leukemia virus infection — diagnostics, eradication, and anthropozoonotic potential (background) (review). *Agricultural Biology*. 2021; 56(2): 230–244 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.2.230rus>
- Glazko V.I., Kosovskii G.Yu., Glazko T.T., Donnik I.M. Cellular and supracellular levels of interaction of retroviruses with the host on the example of bovine leukemia virus. Message I. Penetration into the cell and integration into the host genome (review). *Agricultural Biology*. 2018; 53(6): 1093–1106 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.6.1093rus>
- Glazko V.I., Kosovsky G.Yu., Fedorova L.M., Glazko T.T. Cellular and supracellular levels of interaction of retroviruses with the host on the example of ovine leukemia virus. Message II. Critical stages — polyvariance, universality (review). *Agricultural Biology*. 2021; 56(6): 1079–1098 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2021.6.1079rus>
- Le D.T. et al. Detection and genotyping of bovine leukemia virus (BLV) in Vietnamese cattle. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2020; 82(7): 1042–1050. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0094>

5. Гулюкин М.И., Капустина О.В., Ездакова И.Ю., Вальсиферова С.В., Степанова Т.В., Аноятбеков М. Выявление специфических антител классов G и M к вирусу лейкоза крупного рогатого скота в сыворотках крови. *Вопросы вирусологии*. 2019; 64(4): 173–177. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-4-173-177>
6. Marawan M.A. *et al.* Bovine leukaemia virus: current epidemiological circumstance and future prospective. *Viruses*. 2021; 13(11): 2167. <https://doi.org/10.3390/v13112167>
7. Abdala A. *et al.* BLV: lessons on vaccine development. *Retrovirology*. 2019; 16: 26. <https://doi.org/10.1186/s12977-019-0488-8>
8. Sultanov A. *et al.* Molecular characterization of bovine leukemia virus with the evidence of a new genotype circulating in cattle from Kazakhstan. *Pathogens*. 2022; 11(2): 180. <https://doi.org/10.3390/pathogens11020180>
9. Вафин Р.Р. и др. Генотипическая идентификация вируса бычьего лейкоза. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2014; (4): 34–40. <https://elibrary.ru/teovwj>
10. Nishikaku K. *et al.* Broadly applicable PCR restriction fragment length polymorphism method for genotyping bovine leukemia virus. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2019; 81(8): 1157–1161. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0603>
11. Вафин Р.Р., Гильманов Х.Х., Шастин П.Н., Савинов В.А., Лопунов С.В., Гулюкин А.М. Усовершенствованная стратегия ПЦР-ПДРФ-генотипирования BLV и ее согласованность с филогенетической классификацией. *Ветеринария и кормление*. 2023; (3): 14–19. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-4>
12. Yang Y., Chu S., Shang S., Yang Z., Wang C. *Short communication*: Genotyping and single nucleotide polymorphism analysis of bovine leukemia virus in Chinese dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 3469–3473. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15481>
5. Gulyukin M.I., Kapustina O.V., Ezdakova I.Y., Valtisferova S.V., Stepanova T.V., Anoyatbekov M. Detection of specific antibodies of classes G and M to bovine leukemia virus in the blood serum. *Problems of Virology*. 2019; 64(4): 173–177 (In Russian). <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-4-173-177>
6. Marawan M.A. *et al.* Bovine leukaemia virus: current epidemiological circumstance and future prospective. *Viruses*. 2021; 13(11): 2167. <https://doi.org/10.3390/v13112167>
7. Abdala A. *et al.* BLV: lessons on vaccine development. *Retrovirology*. 2019; 16: 26. <https://doi.org/10.1186/s12977-019-0488-8>
8. Sultanov A. *et al.* Molecular characterization of bovine leukemia virus with the evidence of a new genotype circulating in cattle from Kazakhstan. *Pathogens*. 2022; 11(2): 180. <https://doi.org/10.3390/pathogens11020180>
9. Vafin R.R. *et al.* Genotypic identification of the bovine leukemia virus. *Molecular Genetics, Microbiology and Virology*. 2014; 29(4): 195–203. <https://doi.org/10.3103/S0891416814040120>
10. Nishikaku K. *et al.* Broadly applicable PCR restriction fragment length polymorphism method for genotyping bovine leukemia virus. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2019; 81(8): 1157–1161. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0603>
11. Vafin R.R., Gilmanov Kh.Kh., Shastin P.N., Savinov V.A., Lopunov S.V., Gulyukin A.M. An improved strategy for PCR-RFLP genotyping of BLV and its consistency with phylogenetic classification. *Veterinaria i kormlenie*. 2023; (3): 14–19 (In Russian). <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-3-4>
12. Yang Y., Chu S., Shang S., Yang Z., Wang C. *Short communication*: Genotyping and single nucleotide polymorphism analysis of bovine leukemia virus in Chinese dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(4): 3469–3473. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15481>

ОБ АВТОРАХ:

Рамиль Ришадович Вафин,
доктор биологических наук, профессор,
Федеральный научный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной
ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Хамид Халимович Гильманов,
кандидат биологических наук,
Федеральный научный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной
ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия
Gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Павел Николаевич Шастин,
кандидат ветеринарных наук,
Федеральный научный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной
ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Евгений Алексеевич Гулюкин,
аспирант,
Федеральный научный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной
ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия
gulyukin_view@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9898>

Артем Геннадьевич Григорьев,
младший научный сотрудник,
Федеральный научный центр — Всероссийский
научно-исследовательский институт экспериментальной
ветеринарии им. К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН,
Рязанский пр-т, 24, Москва, 109428, Россия
griartis.view@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9731-5417>

ABOUT THE AUTHORS:

Ramil Rishadovich Vafin,
Doctor of biological sciences, professor,
Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scryabyn
and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia
vafin-ramil@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0914-0053>

Khamid Khalimovich Gilmanov,
Candidate of biological sciences,
Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scryabyn
and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia
Gilmanov.xx@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7053-6925>

Pavel Nikolaevich Shastin,
Candidate of veterinary sciences,
Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scryabyn
and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia
shastin.pasha@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7360-927X>

Evgeny Alekseevich Gulyukin,
Postgraduate,
Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scryabyn
and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia
gulyukin_view@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9898>

Artem Gennadievich Grigoriev,
Junior researcher,
Federal Scientific Center — All-Russian Research Institute
of Experimental Veterinary Medicine named after K.I. Scryabyn
and Y.R. Kovalenko of the Russian Academy of Sciences,
24 Ryazan Ave., Moscow, 109428, Russia
griartis.view@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9731-5417>

УДК 579.862.1+619:616

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-27-30

М.М. Шахмурзов¹,
Э.М. Мешев¹,
А.А. Диданова¹,
А.Х. Жемухов² ✉

¹ Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет
им. В.М. Кокова, Нальчик, Россия

² Северо-Кавказское межрегиональное
управление Федеральной службы
по ветеринарному и фитосанитарному
надзору, Ставрополь, Россия

✉ anzorchik1995@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-27-30

Mukhamed M. Shakhmurzov¹,
Eduard M. Meshev¹,
Asiyat A. Didanova¹,
Anzor Kh. Zhemukhov² ✉

¹ Kabardino-Balkarian State Agrarian
University named after V.M. Kokov,
Nalchik, Russia

² North-Caucasian Interregional
Directorate of the Federal Service for
Veterinary and Phytosanitary Supervision,
Stavropol, Russia

✉ anzorchik1995@mail.ru

Received by the editorial office:
12.05.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Гемолитические свойства стрептококков, выделенных из проб клинического материала от синантропных грызунов и птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных

РЕЗЮМЕ

Результаты. Было исследовано 324 культуры стрептококков α -, β - и γ -изолированных с целью изучения их активности из проб клинического материала от синантропных птиц и грызунов. У крыс, мышей и птиц, отловленных в животноводческих помещениях, у культур стрептококков в основном проявлялись α - и γ -типы гемолиза, β -гемолиз отмечался реже.

Для изучения гемолитических свойств стрептококков было исследовано 140 культур стрептококков, изолированных из воздуха, смывов со стен и полов, а также из кормушек в животноводческих помещениях Кабардино-Балкарской Республики. Выделенные из воздуха коровников, кошар, конюшен и свинарников 50 культур обладали α -гемолитической активностью в 52% случаев, полное просветление кровяного агара (β -гемолиз) вызывали 7 культур и не вызывали гемолиза 17 культур. Выделенные из смывов со стен и полов 44 культуры стрептококков вызывали α -гемолиз в 40,9% случаев, β -гемолиз в 25,0% случаев и не вызывали гемолиза в 34,1% исследованных культур. Выделенные из смывов с кормушек 46 культур в 17 случаях вызывали частичный гемолиз, в 6 — полный гемолиз, в 23 — гемолиза не вызывали.

Ключевые слова: стрептококки, патологический материал, факторные инфекции, гемолиз, грызуны, птицы, животноводческие помещения

Для цитирования: Шахмурзов М.М., Мешев Э.М., Диданова А.А., Жемухов А.Х. Гемолитические свойства стрептококков, выделенных из проб клинического материала от синантропных грызунов и птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 27–30. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-27-30>

© Шахмурзов М.М., Мешев Э.М., Диданова А.А., Жемухов А.Х.

Hemolytic characteristics of Streptococcus isolated from clinical material from synanthropic rodents and birds living in farm animal facilities

ABSTRACT

Results. In order to study the hemolytic activity of Streptococcus, α -, β - and γ -isolated from samples of clinical material from synanthropic birds and rodents, we studied 324 cultures of Streptococcus. In rats, mice and birds caught in livestock buildings in cultures of Streptococcus, α - and γ -types of hemolysis were mainly manifested, β -hemolysis was observed less frequently.

To study the hemolytic properties of Streptococcus, we studied 140 cultures of Streptococcus isolated from the air, washings from walls and floors, as well as from feeders, in livestock buildings of the Kabardino-Balkarian Republic. 50 cultures isolated from the air of cowsheds, sheds, stables and pigsties had α -hemolytic activity in 52,0% of cases, complete clarification of blood agar (β -hemolysis) caused 7 cultures and did not cause hemolysis in 17 cultures. 44 cultures of Streptococcus isolated from washings from walls and floors caused α -hemolysis in 40,9% of cases, β -hemolysis in 25,0% of cases and did not cause hemolysis in 34,1% of the studied cultures. 46 cultures isolated from feeder washes caused partial hemolysis in 17 cases, complete hemolysis in 6 cases, and no hemolysis in 23 cases.

Key words: Streptococcus, pathological material, factor infections, hemolysis, rodents, birds, livestock buildings

For citation: Shakhmurzov M.M, Meshev E.M, Didanova A.A., Zhemukhov A.Kh. Hemolytic characteristics of Streptococcus isolated from clinical material from synanthropic rodents and birds living in farm animal facilities. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 27–30 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-27-30>

© Shakhmurzov M.M, Meshev E.M, Didanova A.A., Zhemukhov A.Kh.

Введение/Introduction

Среди инфекционных агентов, которые принимают участие в смешанных инфекциях домашних животных, в силу определенных причин стрептококки занимают важное место. Способность жить в самых разнообразных условиях окружающей среды стрептококков, наличие большого количества видов, непатогенных для животных и людей, их довольно частое обнаружение в патологическом материале от больных и здоровых животных являются главными причинами присвоения им в лучшем случае роли вторичной флоры. Кроме того, стрептококки, которые обитают, можно сказать, во всех открытых для внешней среды экологических нишах организма человека и животных, довольно часто обнаруживаются в обычно стерильных для микроорганизмов местах.

Диапазон хозяев стрептококков включает все виды диких, промысловых, домашних, сельскохозяйственных животных, рыб, пчел. Создаваемые патогенными и условно-патогенными стрептококками паразитарные системы широко разнообразны, а их проявление изменяется — от бессимптомного течения заболевания до тяжело протекающих инвазивных инфекций. В ветеринарии обычно их относят к факторным инфекциям, возникновению которых предшествует комбинированное действие абиотических и биологических факторов, которые в свою очередь приводят к снижению устойчивости организма животных, а также активации патогенно-вирулентных свойств микроорганизмов. С целью успешной борьбы с такими инфекциями необходимо выяснить характер взаимоотношений между микроорганизмами и хозяевами на популяционном и организменном уровне [1–6].

Не менее важно изучить механизмы активации условно-патогенных и оппортунистических видов стрептококков, которые часто обнаруживаются в обычно стерильных местах и тканях животных, для профилактики факторных инфекций. Все стрептококки отличаются друг от друга по своим свойствам. Одним из важных признаков при их идентификации является способность стрептококков к гемолизу [7–11].

Перед авторами стояла задача изучить взаимосвязь между типом проявляемого стрептококками гемолиза и частотой их выделения из проб клинического материала от синантропных грызунов и птиц, а также изолированных из воздуха, кормушек, смывов со стен и полов в животноводческих помещениях Кабардино-Балкарской Республики.

Материал и методы исследования / Material and methods

Лабораторные исследования проводили с 2017 по 2020 г.

Были отловлены 150 крыс и мышей, 45 голубей и 37 воробьев в помещениях для содержания сельскохозяйственных животных (коровники, кошары, конюшни, свинарники).

Патологический материал, отобранный для исследований, был доставлен в лабораторию

в течение часа после взятия в соответствии с существующими общепринятыми требованиями¹. Выделение и идентификация стрептококков проводились в соответствии с Методическими указаниями по лабораторной диагностике стрептококкоза животных².

В работе использованы 324 культуры стрептококков, в том числе 220 (67,9%) от мышей и крыс разных возрастов и 104 (32,1%) изолята из проб от птиц, 140 культур стрептококков, изолированных из воздуха, смывов со стен и полов, а также из кормушек в животноводческих помещениях Кабардино-Балкарской Республики.

Гемолитические свойства культур стрептококков были изучены на кровяном (5% эритроцитов барана) агаре³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В таблице 1 отражены результаты изучения гемолитических свойств стрептококков, изолированных от синантропных грызунов, отловленных в животноводческих помещениях как личных подсобных хозяйств, так и хозяйств для содержания сельскохозяйственных животных Кабардино-Балкарской Республики. Из 220 культур стрептококков α -гемолиз на кровяном агаре проявляли 85 (38,6%) культур, β -гемолиз отмечался у 40 (18,2%), 95 (43,2%) культур не вызывали гемолиза эритроцитов. Выделенные из проб клинического материала от крыс

Таблица 1. Гемолитические свойства стрептококков, изолированных от синантропных грызунов, обитающих в помещениях для содержания сельскохозяйственных животных
Table 1. Hemolytic properties of Streptococcus isolate from synanthropic rodents living in premises for farm animals

Помещение	Место изоляции стрептококков	Всего культур	Тип гемолиза					
			α		β		γ	
			кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Коровники	Желудочно-кишечный тракт	42	17	40,5	5	11,9	20	47,6
	Респираторный тракт	24	7	29,2	6	25,0	11	45,8
	Кровь	6	2	33,3	3	50,0	1	16,7
	Итого	72	26	36,2	14	19,4	32	44,4
Кошары	Желудочно-кишечный тракт	36	16	44,4	2	5,6	18	50,0
	Респираторный тракт	16	4	25,0	4	25,0	8	50,0
	Кровь	2	1	50,0	1	50,0	–	
	Итого	54	21	38,9	7	13	26	48,1
Конюшни	Желудочно-кишечный тракт	26	10	38,4	4	15,4	12	46,2
	Респираторный тракт	10	3	30,0	4	40,0	3	30,0
	Кровь	4	1	25,0	2	50,0	1	25,0
	Итого	40	14	35,0	10	25,0	16	40,0
Свинарники	Желудочно-кишечный тракт	38	16	42,1	4	10,5	18	47,4
	Респираторный тракт	10	5	50,0	2	20,0	3	30,0
	Кровь	6	2	33,3	3	50,0	1	16,7
	Итого	54	23	42,6	9	16,7	22	40,7
Итого	Желудочно-кишечный тракт	142	59	41,5	15	10,6	68	47,9
	Респираторный тракт	60	20	33,3	16	26,7	24	40,0
	Кровь	18	6	33,3	9	50,0	3	16,7
	Итого	220	85	38,6	40	18,2	95	43,2

¹ ГОСТ Р 53079.4-2008 Технологии лабораторные клинические. Обеспечение качества клинических лабораторных исследований. Ч. 4. Правила ведения преаналитического этапа (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г.).

² Утверждена ГУВ МСХиП 30.08.1983.

³ Брико Н.И., Ещина А.С., Ряпис Л.А. и др. Выделение и идентификация стрептококков. Москва. 2002.

и мышей, отловленных в коровниках, 72 культуры стрептококков проявляли α -гемолиз в 26 (36,2%) случаях, β -гемолиз в 14 (19,4%) случаях, γ -гемолиз в 32 (44,4%) случаях исследованных проб. Чаще α - и γ -гемолиз проявляли культуры, изолированные из желудочно-кишечного тракта грызунов (40,5% и 47,6% соответственно). Культуры, изолированные из респираторных органов мышей и крыс, вызывали α -гемолиз в 29,2% случаев, β -гемолиз — в 25,0%, в 45,8% случаев не вызывали гемолиза. Данные культуры стрептококков были отнесены к γ -гемолитическим стрептококкам.

Из шести культур, изолированных из крови мышей и крыс, три (50,0%) вызывали полное просветление кровяного агара (β -гемолиз), две (33,3%) — частичный лизис эритроцитов (α -гемолиз) и одна культура измененный агара не вызывала (γ -гемолиз). Примерно такое же соотношение типов гемолитической активности отмечалось у культур, изолированных из проб клинического материала от грызунов, отловленных в кошарах, конюшнях и свинарниках. Полученные данные позволяют предположить, что стрептококки с различным типом гемолитической активности обитают не только в открытых для внешней среды полостях тела грызунов, но и во внутренних органах.

Была изучена гемолитическая активность 104 культур стрептококков, изолированных из желудочно-кишечного тракта, респираторных органов и крови синантропных птиц (воробьев и голубей), обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных (табл. 2).

Из 49 культур, выделенных из проб клинического материала, взятого из желудочно-кишечного тракта воробьев и голубей, 20 (40,8%) вызывали на кровяном агаре α -гемолиз, 8 (16,3%) — β -гемолиз, 21 (42,9%) культура не вызывала гемолиза на кровяном агаре.

Выделенные из респираторных органов птиц 42 культуры обладали α -гемоллизом в 18 (42,9%) случаях, β -гемоллизом — в 9 (21,4%), 15 (35,7%) культур не вызывали лизиса эритроцитов. Чаще всего β -гемолитическими свойствами обладали стрептококки, изолированные из крови. Так, из 13 культур, выделенных из крови синантропных птиц, 7 (53,8%) вызывали полное просветление кровяного агара, частичный гемолиз вызывали 4 (30,8%) культуры, 2 культуры не вызывали гемолиза.

С целью изучения гемолитических свойств стрептококков были исследованы 140 культур стрептококков, изолированных из проб воздуха, смывов со стен и полов, а также из кормушек, в конюшнях, коровниках и свинарниках. Результаты исследования представлены в таблице 3. Выделенные из воздуха коровников, кошар, конюшен и свинарников 50 культур обладали α -гемолитической активностью в 26 (52,0%) случаях, полное просветление кровяного агара (β -гемолиз) вызывали 7 (14,0%) культур, не вызывали гемолиза 17 (34,0%) культур. Выделенные из смывов со стен и полов 44 культуры стрептококков вызывали α -гемолиз в 18 (40,9%) случаях, β -гемолиз — в 11 (25,0%), не вызывали гемолиза в 15 (34,1%) случаях исследованных культур. Выделенные из смывов с кормушек 46 культур в 17 (37,0%) случаях вызывали частичный гемолиз, в 6 (13,0%) — полный гемолиз, в 23 (50,0%) — гемолиза не вызывали. В целом из 140 культур вызывали α -гемолиз 61 (43,6%), β -гемолиз — 24 (17,1%), не вызывали гемолиза ни в какой форме 55 (39,3%) культур. Существенной разницы в гемолитической активности стрептококков, изолированных в помещениях для разных видов животных, не установлено.

Таблица 2. Гемолитические свойства стрептококков, изолированных от синантропных птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных
Table 2. Hemolytic properties of Streptococcus isolate from synanthropic birds living in premises for farm animals

Помещение	Место изоляции стрептококков	Всего культур	Тип гемолиза					
			α -		β -		γ -	
			кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Коровники	Желудочно-кишечный тракт	15	6	40,0	1	6,7	8	53,3
	Респираторный тракт	15	7	46,7	3	20,0	5	33,3
	Кровь	3	1	33,3	1	33,4	1	33,3
	Всего	33	14	42,4	5	15,2	14	42,4
Кошары	Желудочно-кишечный тракт	10	3	30,0	3	30,0	4	40,0
	Респираторный тракт	9	4	44,5	2	22,2	3	33,3
	Кровь	3	1	33,3	2	66,7	—	—
	Всего	22	8	36,4	7	31,8	7	31,8
Конюшни	Желудочно-кишечный тракт	13	6	46,1	3	23,1	4	30,8
	Респираторный тракт	10	4	40,0	2	20,0	4	40,0
	Кровь	4	1	25,0	2	50,0	1	25,0
	Всего	27	11	40,7	7	26,0	9	33,3
Свинарник	Желудочно-кишечный тракт	11	5	45,5	1	9,0	5	45,5
	Респираторный тракт	8	3	37,5	2	25,0	3	37,5
	Кровь	3	1	33,3	2	66,7	—	—
	Всего	22	9	40,9	5	22,7	8	36,4
Итого	Желудочно-кишечный тракт	49	20	40,8	8	16,3	21	42,9
	Респираторный тракт	42	18	42,9	9	21,4	15	35,7
	Кровь	13	4	30,8	7	53,8	2	15,4
	Всего	104	42	40,4	24	23,1	38	36,5

Таблица 3. Гемолитические свойства стрептококков, изолированных из проб воздуха, смывов со стен, полов и кормушек
Table 3. Hemolytic properties of Streptococcus isolate from air samples, swabs from walls, floors and feeders

Помещение для животных	Место изоляции стрептококков	Всего культур стрептококков	Тип гемолиза					
			α -		β -		γ -	
			кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
Коровники	Воздух	24	14	58,3	3	12,5	7	29,2
	Стены и полы	20	9	45,0	4	20,0	7	35,0
	Кормушки	18	7	38,9	2	11,1	9	50,0
	Всего	62	30	48,4	9	14,5	23	37,1
Кошары	Воздух	12	6	50,0	2	16,7	4	33,3
	Стены и полы	10	3	30,0	3	30,0	4	40,0
	Кормушки	12	5	41,7	1	8,3	6	50,0
	Всего	34	14	41,2	6	17,6	14	41,2
Конюшни	Воздух	8	3	37,5	1	12,5	4	50,0
	Стены и полы	8	4	50,0	2	25,0	2	25,0
	Кормушки	8	2	25,0	1	12,5	5	62,5
	Всего	24	9	37,5	4	16,7	11	45,8
Свинарники	Воздух	6	3	50,0	1	16,7	2	33,3
	Стены и полы	6	2	33,3	2	33,3	2	33,4
	Кормушки	8	3	37,5	2	25,0	3	37,5
	Всего	20	8	40,0	5	25,0	7	35,0
Итого	Воздух	50	26	52,0	7	14,0	17	34,0
	Стены и полы	44	18	40,9	11	25,0	15	34,1
	Кормушки	46	17	37,0	6	13,0	23	50,0
	Всего	140	61	43,6	24	17,1	55	39,3

Выводы/Conclusion

Стрептококки широко распространены в популяциях синантропных грызунов и птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных в Кабардино-Балкарской Республике. Основным местом локализации при этом является желудочно-кишечный тракт, хотя и на слизистых оболочках верхних дыхательных путей они обнаруживаются довольно часто.

Среди синантропных грызунов и птиц, обитающих в помещениях для сельскохозяйственных животных, в большей степени циркулируют стрептококки с α - и γ -типами гемолиза.

Культуры стрептококков, изолированные из воздуха, а также смывов со стен, полов и кормушек в помещениях для сельскохозяйственных животных, чаще обладали α -типом (43,6%) и γ -типом (39,3 %) гемолиза.

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. Апатенко В.М. Смешанные инфекции сельскохозяйственных животных. Киев: Урожай. 1990; 172.
2. Джупина С.И. Контроль эпизоотического процесса. Новосибирск: СО РАСХН. 1994; 163.
3. Есепенок В.А., Горбатова Х.С. Этиология, патогенез, лечение и профилактика стрептококкозов (современный взгляд). *Ветеринарный консультант*. 2006; (10): 3–8.
4. Мешев Э.М. Выделение стрептококков от синантропных грызунов, обитающих в помещениях для животных и птиц. *Актуальные инновационные исследования: наука и практика*. 2013; (3): 2. <https://www.elibrary.ru/rrpwwr>
5. Конопаткин А.А., Глушков А.А. Этиологическая и эпизоотологическая характеристика факторно-инфекционных болезней животных. *Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по эпизоотологии*. Новосибирск. 1991; 22, 23.
6. Мешев Э.М., Тимченко Л.Д. Культуральные, биохимические свойства серологической группы В, выделенных из клинического материала крупного рогатого скота. *Проблемы развития биологии и экологии на Северном Кавказе. Материалы 53-й научной конференции «Университетская наука – региону»*. Ставрополь. 2008; 123, 124. <https://www.elibrary.ru/uxwqpn>
7. Chen C.C., Teng L.J., Chang T.C. Identification of clinically relevant viridans group streptococci by sequence analysis of the 16S-23S ribosomal DNA spacer region. *Journal of Clinical Microbiology*. 2004; 42(6): 2651–2657. <https://doi.org/10.1128/jcm.42.6.2651-2657.2004>
8. Facklam R. What happened to the streptococci: overview of taxonomic and nomenclature changes. *Clinical Microbiology Reviews*. 2002; 15(4): 613–630. <https://doi.org/10.1128/cmr.15.4.613-630.2002>
9. Davies H.D. et al. Invasive group A streptococcal infections in Ontario, Canada. Ontario Group A Streptococcal Study Group. *The New England Journal of Medicine*. 1996; 335(8): 547–554. <https://doi.org/10.1056/NEJM199608223350803>
10. Kimura Y. et al. (eds.) *Recent advances in streptococci and streptococcal diseases. Proceedings of the IXth Lancefield International Symposium on streptococci and streptococcal disease*. Bracknell (Berks.): Reedbooks. 1985; 369.
11. Timoney J.F. Streptococcus. Gyles C.L., Thoen C.O. (eds.). Pathogenesis of bacterial infections in animals. Ames: Iowa State University Press. 1993; 3–20.

REFERENCES

1. Apatenko V.M. Mixed infections of farm animals. Kyiv: *Urozhai*. 1990; 172 (In Russian).
2. Dzhupina S.I. Control of epizootic process. Novosibirsk: *Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 1994; 163. (In Russian)
3. Esepенок V.A., Gorbatova Kh.S. Etiology, pathogenesis, treatment and prevention of streptococcosis (modern view). *Veterinariy konsultant*. 2006; 100: 3–8. (In Russian)
4. Meshev E.M. Isolation of streptococci from synanthropic rodents living in rooms for animals and birds. *Aktualnye innovatsionnye issledovaniya: nauka i praktika*. 2013; (3): 2 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/rrpwwr>
5. Konopatkin A.A., Glushkov A.A. Etiological and epizootological characteristics of factor-infectious diseases of animals. *Abstracts of the III All-Union Conference on Epizootology*. Novosibirsk. 1991; 22, 23 (In Russian).
6. Meshev E.M., Timchenko L.D. Cultural, biochemical properties of serogroup B isolated from clinical material of cattle. *Problems of development of biology and ecology in the North Caucasus. Proceedings of the 53rd scientific conference «University science – to the region»*. Stavropol. 2008; 123, 124 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uxwqpn>
7. Chen C.C., Teng L.J., Chang T.C. Identification of clinically relevant viridans group streptococci by sequence analysis of the 16S-23S ribosomal DNA spacer region. *Journal of Clinical Microbiology*. 2004; 42(6): 2651–2657. <https://doi.org/10.1128/jcm.42.6.2651-2657.2004>
8. Facklam R. What happened to the streptococci: overview of taxonomic and nomenclature changes. *Clinical Microbiology Reviews*. 2002; 15(4): 613–630. <https://doi.org/10.1128/cmr.15.4.613-630.2002>
9. Davies H.D. et al. Invasive group A streptococcal infections in Ontario, Canada. Ontario Group A Streptococcal Study Group. *The New England Journal of Medicine*. 1996; 335(8): 547–554. <https://doi.org/10.1056/NEJM199608223350803>
10. Kimura Y. et al. (eds.) *Recent advances in streptococci and streptococcal diseases. Proceedings of the IXth Lancefield International Symposium on streptococci and streptococcal disease*. Bracknell (Berks.): Reedbooks. 1985; 369.
11. Timoney J.F. Streptococcus. Gyles C.L., Thoen C.O. (eds.). Pathogenesis of bacterial infections in animals. Ames: Iowa State University Press. 1993; 3–20.

ОБ АВТОРАХ:

Мухамед Музачирович Шахмурзов, доктор биологических наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр-т Ленина, 1В, Нальчик, 360030, Россия shahmih@mail.ru

Эдуард Михайлович Мешев, кандидат ветеринарных наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр-т Ленина, 1В, Нальчик, 360030, Россия vet.service@bk.ru

Асият Ауесовна Диданова, кандидат биологических наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова, пр-т Ленина, 1В, Нальчик, 360030, Россия didan0809@mail.ru

Анзор Хазраилович Жемухов, главный государственный инспектор отдела государственного ветеринарного контроля и надзора, Северо-Кавказское межрегиональное управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору, пер. Крупской, 31/1, Ставрополь, 355040, Россия anzorchik1995@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS:

Mukhamed Muzachirovich Shakhmurzov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1B Lenin Ave., Nalchik, 360030, Russia shahmih@mail.ru

Eduard Mikhailovich Meshev, Candidate of Veterinary Sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1B Lenin Ave., Nalchik, 360030, Russia vet.service@bk.ru

Asiyat Auesovna Didanova, Candidate of Biological Sciences, associate professor, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1B Lenin Ave., Nalchik, 360030, Russia didan0809@mail.ru

Anzor Khazrailovich Zhemukhov, Chief State Inspector of the Department of State Veterinary Control and Supervision, North-Caucasian Interregional Directorate of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision, 31/1 Krupskaya Lane, Stavropol, 355040, Russia anzorchik1995@mail.ru

УДК 636.4.033/636.082.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-31-39

А.А. Белоус, ✉
В.В. Волкова,
А.А. Решетникова,
П.И. Отраднов,
Н.А. Зиновьева

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

✉ belousa663@gmail.com

Поступила в редакцию:
10.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-31-39

Anna A. Belous, ✉
Valeriya V. Volkova,
Anastasiya A. Reshetnikova,
Petr I. Otradnov,
Nataliya A. Zinovieva

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

✉ belousa663@gmail.com

Received by the editorial office:
10.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Генетическая архитектура признаков воспроизводства свиней породы ландрас российской репродукции

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В настоящее время развитие молекулярной и популяционной генетики является актуальной задачей. Необходимость выявления достоверных генов-кандидатов связано с увеличением поголовья свиней и увеличением качества выходной продукции — как племенной, так и мясной. В связи с этим метод полногеномного анализа решает вопросы генетической обусловленности количественных и хозяйственно полезных признаков.

Методы. В исследовании метод GWAS применялся по воспроизводительным показателям свиноматок породы ландрас.

Результаты. Были выявлены и описаны 35 достоверных и имеющих биологический функционал генов-кандидатов, расположенных вблизи или внутри идентифицированных значимых SNP, и отвечающих за различные воспроизводительные показатели организма свиноматок. Гены были отнесены к двум кластерам, из них 20 генов относились к 1-му кластеру, отвечавшему за митохондриальный и сопряженный транспорт электронов, синтез АТФ, а также связывание жирных кислот и триптофана (*AFF4, IL13, IL4, IRF1, SHROOM1, IL-5, UQCRCQ, MRPL13, TTR, ENPEP, NOL4, PCDH7, DSG3, RASSF6, ALB, AFP, ANKRD17, SOX9*), и 15 — ко 2-му, связанному с ответом на бактериальную и вирусную инфекцию (*YTHDC2, KIF3A, EYA1, DSG2, DSG4, PPIH, RNF125, TRAPPC8, PITX2, KIAA1462, MTPAP, JMJD6, METTL23, SRSF2* и *U2AF1*).

Ключевые слова: генетическая архитектура, полногеномное ассоциативное исследование, показатели воспроизводства, гены-кандидаты, свиноматки породы ландрас

Для цитирования: Белоус А.А., Волкова В.В., Решетникова А.А., Отраднов П.И., Зиновьева Н.А. Генетическая архитектура признаков воспроизводства свиней породы ландрас российской репродукции. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 31–39. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-31-39>

© Белоус А.А., Волкова В.В., Решетникова А.А., Отраднов П.И., Зиновьева Н.А.

Genetic architecture of reproductive traits in Russian Landrace pigs

ABSTRACT

Relevance. Currently, the development of molecular and population genetics is a relevant task. The need to identify reliable candidate genes is associated with increase in pig population and quality improvement of both breeding and meat products. In this regard, the whole-genome analysis method solves issues of the genetic determination in quantitative and economically important traits.

Methods. In this study, the GWAS method was applied to reproductive traits of Landrace sows.

Results. 35 reliable candidate genes with biological functionality were identified and described, located near or within the identified significant SNP, responsible for various reproductive traits of sow organisms. Genes were classified into two clusters — 20 genes belonged to Cluster 1, which was responsible for mitochondrial and coupled electron transport, ATP synthesis, as well as binding of fatty acids and tryptophan (*AFF4, IL13, IL4, IRF1, SHROOM1, IL-5, UQCRCQ, MRPL13, TTR, ENPEP, NOL4, PCDH7, DSG3, RASSF6, ALB, AFP, ANKRD17, SOX9*), and 15 genes belonged to Cluster 2, which was associated with response to bacterial and viral infections (*YTHDC2, KIF3A, EYA1, DSG2, DSG4, PPIH, RNF125, TRAPPC8, PITX2, KIAA1462, MTPAP, JMJD6, METTL23, SRSF2*, and *U2AF1*).

Key words: genetic architecture, GWAS, reproduction traits, candidate genes, landrace sows

For citation: Belous A.A., Volkova V.V., Reshetnikova A.A., Otradnov P.I., Zinovieva N.A. Genetic architecture of reproductive traits in Russian Landrace pigs. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 31–39 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-31-39>

© Belous A.A., Volkova V.V., Reshetnikova A.A., Otradnov P.I., Zinovieva N.A.

Введение/Introduction

Ландрас относится к породам беконных свиней. Отличительной их чертой является мясо с низким содержанием жира. Кроме того, эти свиньи обладают достаточно высоким темпом роста и многоплодностью [1]. Подобные показатели положительно влияют на экономическую значимость данной породы, что в свою очередь предполагает увеличение производства свиней породы ландрас [2]. При этом для повышения экономических выгод от разведения свиней породы ландрас необходимо проводить генетическую оценку — как свиноматок, так и хряков. Наиболее подходящим методом генетической оценки животных является метод полногеномного ассоциативного исследования (GWAS) [3].

Проведенные ранее исследования показали, что для отбора наиболее генетически ценных свиноматок часто используют воспроизводственные качества [2]. Генетическая ценность свиноматок зависит от таких признаков воспроизводства, как вес поросят при рождении, мумии (мумифицированные зародыши), количество рожденных хрячков и свиноматок, вес поросят при отъеме, масса гнезда, количество живых и мертвых поросят при рождении и др. [2, 4, 5]. В результате ряда других исследований были обнаружены гены, отвечающие за число поросят, родившихся живыми (NBA) [6], гены, связанные с весом помета живорожденных поросят (LWB) [6], а также гены, связанные с общим числом рожденных поросят (TNB) [7].

При помощи линейной смешанной модели (LM) с регрессией отдельных SNP и байесовской смешанной модели (BM), включающей эффекты всех SNP одновременно, используемой в GWAS, были обнаружены значимые ассоциации локусов количественных признаков (QTL), определяющие размеры приплода и смертности поросят [8]. Экспериментально была выявлена взаимосвязь между определенными генами свиней и их продуктивностью [9].

На сегодняшний день исследования, которые бы изучали напрямую воспроизводительные качества свиноматок породы ландрас, отсутствуют, таким образом, в данной работе этот вопрос был рассмотрен впервые в России.

Цель исследования — изучение генетической архитектуры воспроизводительных качеств свиноматок породы ландрас.

Материал и методы исследования / Material and methods

Данные по воспроизводительным показателям (живорожденные, количество отнятых поросят, мертворожденные, мумии) свиноматок породы ландрас ($n = 600$) 2021–2022 г. р. были взяты из базы данных программного обеспечения для селекционеров Herdsman¹.

В качестве материала для молекулярно-генетических исследований использованы пробы ткани (ушные выщипы). Выделение ДНК проведены с помощью наборов для выделения геномной ДНК серии «ДНК-Экстрем» (ЗАО «Синтол», Россия) в соответствии с протоколом фирмы-производителя. Полногеномный анализ произведен с использованием ДНК-чипа Porcine GGP HD (платформа GeneSeek Genomic Profiler, Neogene, США), содержащего ~75 тыс. SNP.

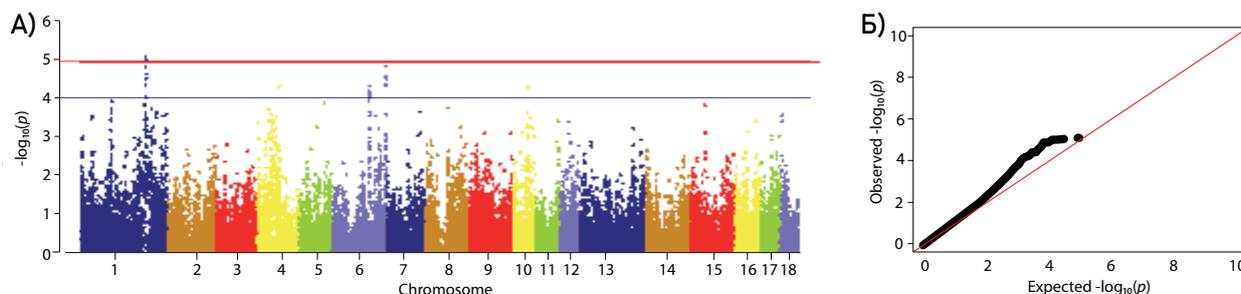
Контроль качества и фильтрация данных генотипирования для каждого SNP и каждого образца выполнены с использованием программного пакета PLINK 1.9². Для поиска генов-кандидатов, локализованных в области идентифицированных SNP, был использован геномный ресурс Sscrofa11.1³. Функциональные аннотации генов выполнены с привлечением базы данных GeneCards⁴ и программы DAVID⁵. Кластеризация полученных генов-кандидатов проведена в программе STRING⁶.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

После фильтрации данных по свиноматкам породы ландрас (в рамках полногеномного анализа) было получено 45 248 SNP. Признаки воспроизводства были выбраны с точки зрения частоты встречаемости в племенных хозяйствах. Значимые SNP были обнаружены для показателей «живорожденные», «количество отнятых поросят», «мертворожденные», «мумии». Потенциальные значения достоверности (P-value) продемонстрированы на графиках Quantile-Quantile (Q-Q). Манхэттенские графики (рис. 1–4) обнаружили 55 SNP, ассоциированных с признаками «живорожденные», «количество отнятых поросят», «мертворожденные» и «мумии» на SSA1, SSA2, SSA3, SSA4, SSA5, SSA6, SSA7, SSA8, SSA10, SSA12, SSA15 и SSA17 (SSA представляет аутосому *Sus scrofa*).

Общее количество выявленных полиморфизмов по изучаемым показателям составило 55 SNP, из них 36 — по показателю живорожденных поросят,

Рис. 1. А) Распределение однонуклеотидных мутаций по хромосомам в связи с уровнем достоверности ($-\log_{10}(p)$) по вероятностному суггестивному значению (синяя линия, $p < 0,0001$) и критерию Бонферрони (красная линия, $p < 1,11 \times 10^{-5}$) для показателя «живорожденные» свиноматок породы ландрас; Б) Квартиль вероятностного распределения ожидаемого и наблюдаемого отклонений от нормального распределения для значений достоверности



¹ Herdsman © S&S Programming. — URL: <http://www.herdsman.com/>
² Whole genome association analysis toolset. PLINK 1.9. — URL: <https://zzz.bwh.harvard.edu/plink/>
³ National Library of Medicine. Sscrofa11.1. — URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/assembly/GCF_000003025.6
⁴ GeneCards: The Human Gene Database. — URL: <http://www.genecards.org/>
⁵ DAVID Bioinformatics Resources. — URL: <https://david.ncifcrf.gov/>
⁶ Protein-Protein Interaction Networks Functional Enrichment Analysis. — URL: <https://string-db.org/>

Рис. 2. А) Распределение однонуклеотидных мутаций по хромосомам в связи с уровнем достоверности ($-\log_{10}(p)$) по вероятностному суггестивному значению (синяя линия, $p < 0,0001$) и критерию Бонферрони (красная линия, $p < 1,11 \times 10^{-5}$) для показателя «число отнятых поросят» свиноматок породы ландрас; Б) Квартиль вероятностного распределения ожидаемого и наблюдаемого отклонений от нормального распределения для значений достоверности

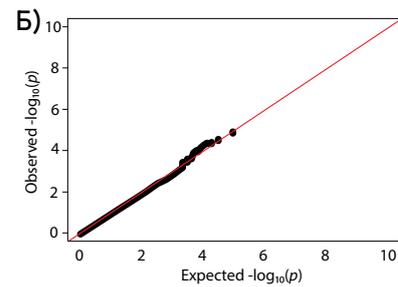
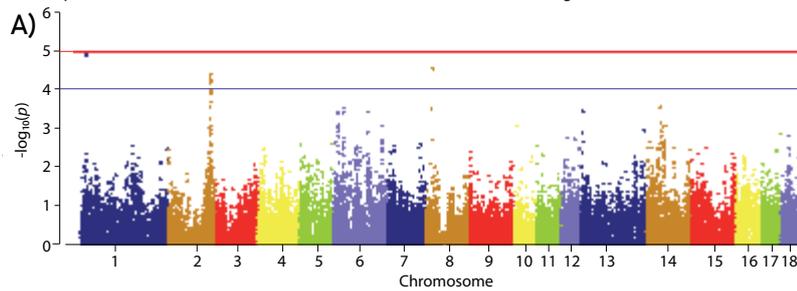


Рис. 3. А) Распределение однонуклеотидных мутаций по хромосомам в связи с уровнем достоверности ($-\log_{10}(p)$) по вероятностному суггестивному значению (синяя линия, $p < 0,0001$) и критерию Бонферрони (красная линия, $p < 1,11 \times 10^{-5}$) для показателя «мертворожденные» свиноматок породы ландрас; Б) Квартиль вероятностного распределения ожидаемого и наблюдаемого отклонений от нормального распределения для значений достоверности

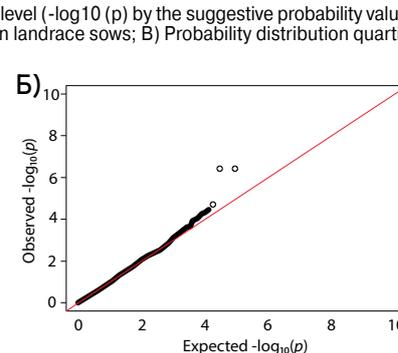
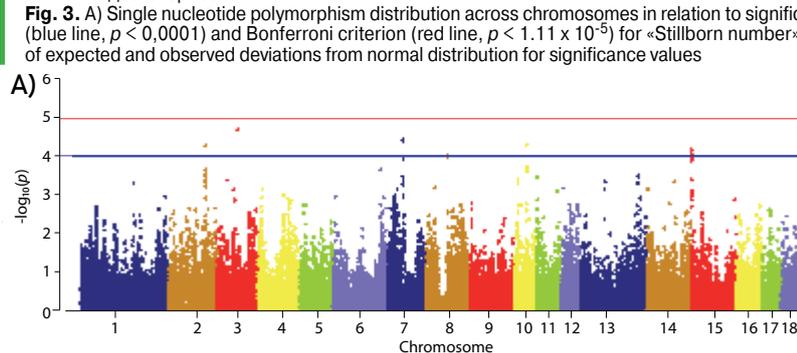


Рис. 4. А) Распределение однонуклеотидных мутаций по хромосомам в связи с уровнем достоверности ($-\log_{10}(p)$) по вероятностному суггестивному значению (синяя линия, $p < 0,0001$) и критерию Бонферрони (красная линия, $p < 1,11 \times 10^{-5}$) для показателя «мумии» свиноматок породы ландрас; Б) Квартиль вероятностного распределения ожидаемого и наблюдаемого отклонений от нормального распределения для значений достоверности

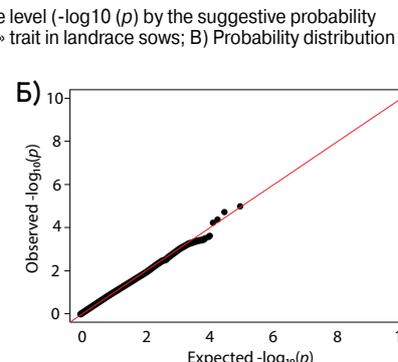
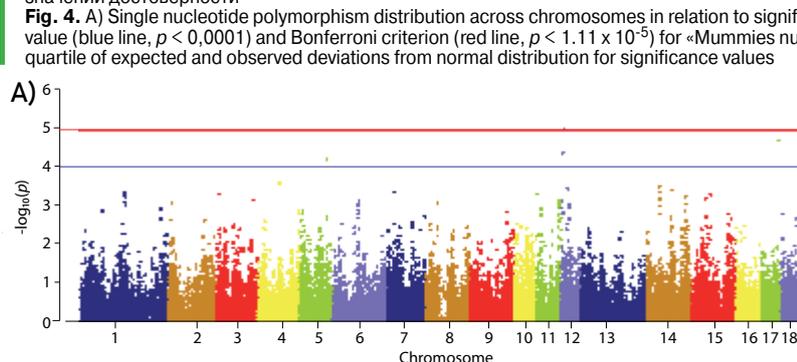


Рис. 5. Сетевое взаимодействие выявленных генов-кандидатов с кластеризацией kmeans (программа STRING): а) красные узлы — принадлежность гена к 1-му кластеру, б) зеленые — принадлежность гена к 2-му кластеру (автор рис. — А.А. Белоус).

Примечание: пустые узлы — белки неизвестной трехмерной структуры, заполненные узлы — трехмерная структура известна, голубая линия — взаимодействие из проверенных баз данных, фиолетовая линия — взаимодействие определено экспериментально, зеленая линия — соседние гены, красная линия — слияние генов. Пунктирная линия показывает ребра кластеров

Fig. 5. Network interaction of identified candidate genes with kmeans clustering (STRING program): a) red nodes — belonging of the gene to the 1st cluster, b) green nodes — belonging of the gene to the 2nd cluster (author of Fig. — A.A. Belous).

Note: empty nodes represent proteins with unknown 3D structure, filled nodes represent proteins with known 3D structure, blue line represents interactions from curated databases, purple line represents experimentally determined interactions, green line represents neighboring genes, red line represents gene fusion. Dotted lines indicate cluster edges

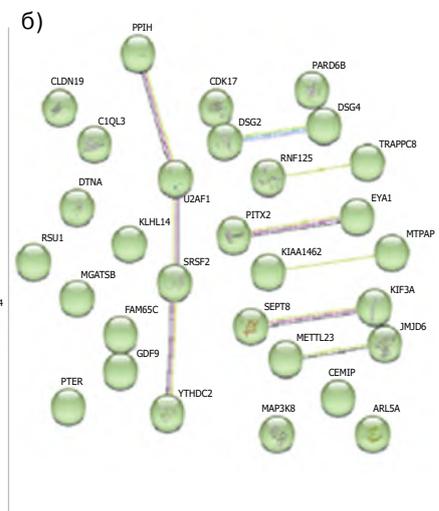
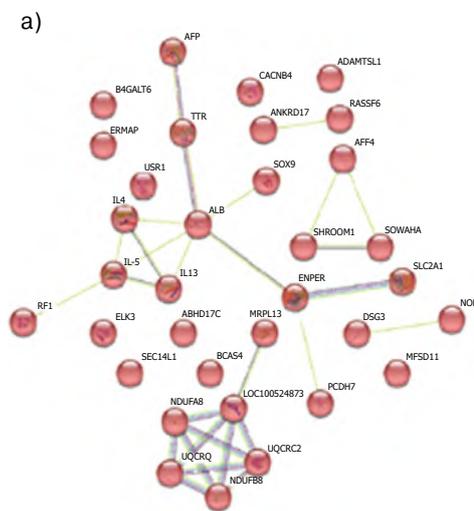


Таблица 1. Структурная аннотация генов-кандидатов по показателям воспроизводства свиноматок породы ландрас
Table 1. Structural annotation of candidate genes by reproduction traits in landrace sows

Chr	SNPПозиция	Ген-кандидатпротяженность	Признак	Chr	SNPПозиция	Ген-кандидатпротяженность	Признак
1	ASGA000148217450296...17850296	SASH117306373...17511672	кол-во отнятых поросят	7	ASGA000393249365628...49765628	ARNT249259651...49450461	мертворожденные
	H3GA0003575204704961...205104961	ADAMTSL1203936657...204942412	живорожденные		ABHD17C49540879...49599319		
	INRA0005810205151880...205551880	SH3GL2205081231...205285364	живорожденные		CEMIP49622539...49792543		
	H3GA0003605206067344...206467344	CNTLN205370499...205697786	живорожденные	8	ALGA0049192111561621...111982056	PITX2111698757...111723298	мертворожденные
		ASGA0005810205151880...205551880	BNC2205925091...206372121		мертворожденные	DIAS0002802111561621...111982056		ENPEP111748514...111858510
2	ASGA0012145134868798...135289715	SEPTIN8135077170...135104471 SHROOM1135149046...135152494 GDF9135181089...135187026 UQCRO135186501...135188293 LEAP2135194448...135207534 AFF4135200076...135283675	кол-во отнятых поросят	10	ALGA0016247134868798...135289715	MAP3K840713847...40742462 MTPAP40764396...40789061 JCAD40910548...40997071 RSU145079007...45289422 C1QL345359461...45368803 PTER45362928...45440215	мертворожденные живорожденные
	ASGA0012143134868798...135289715	IRF1134776129...134783801 IL5134832147...134835212 KIF3A134932615...135069377 IL13134972623...134975093 IL4134986817...134994365 SOWAHA135139272...135142884					
	ISU10000081134868798...135289715	YTHDC2117897260...118092175					
	ALGA0015367118026700...118426700	GCFC267547847...67593915 MRPL1967600842...67611441 UG67582260...67582358					
3	H3GA000981667207019...67607019	EYA163970807...64328105	мертворожденные	15	ALGA008847834102...495580	STAM2115404...168657 CACNB4186434...459856 ARL5A467995...498883	мертворожденные
	ASGA001993464139694...64539694	CFAP5486792450...87102623 CDK1787179615...87295167 ELK387285238...87354208					
	ASGA009122486927613...87327613	DSG4115289859...115325854 DSG3115351925...115383743 DSG2115400243...115454340 TTR115496326...115503977 B4GALT6115524636...115593270 TRAPP8115693119...115786648 RNF125115857721...115903677 RNF138115926774...115978724 MEP1B116015021...116049791 GAREM1116100372...116325133					
6	ASGA0089317115301657...116374952	KLHL14116510851...116611631	живорожденные	17	ALGA009572651888496...52288496	PTPN152017130...52086736 RIPOR352088053...52162554 PARDB852195041...52213843 BCAS452239496...52307308	мумии
	MARC0055381115301657...116374952	CCDC178116764203...117202212					
	ASGA0090746115301657...116374952	ASXL3117334259...117518026					
	DRGA0006714115301657...116374952	NOL4117631227...118087992					
	INRA0022047115301657...116374952	DTNA118333733...118753512					
	ASGA0101965115301657...116374952	GUCA2B169152179...169154551 PPIH168742005...168760286 PZH1168668311...168687829 ZNF691168585944...168596351 ZNF691168595907...168621952 ERMAP168695246...168699924 CLDN19168695246...168699924 SLC2A1168535440...168560867					
	DRGA0006715115301657...116374952						
	ASGA0090746115301657...116374952						
	DRGA0006714115301657...116374952						
	INRA0022047115301657...116374952						
	ASGA0101965115301657...116374952						
	DRGA0006715115301657...116374952						

6 — по количеству отнятых поросят, 9 — по мертворожденным и 4 — по показателю количества мумифицированных плодов, расположенных на SSA1–SSA8, SSA12, SSA15 и SSA17 (на 11 из 18 SSA).

Обнаружены два SNP, выходящие за порог полногеномной достоверности по признаку «живорожденные», — ASGA0005590 и H3GA0003575, имеющие достоверность $p = 8.62 \times 10^{-6}$ and $p = 9.34 \times 10^{-6}$ соответственно. По признаку «мертворожденные» выявлено также два SNP — ALGA0049192 и DIAS0002802, порог достоверности которых $p = 4.14 \times 10^{-7}$.

По изучаемым показателям воспроизводства были выявлены 82 гена, представленных в таблице 1, на 12 из 18 SSA. Больше всего обнаружено генов на SSA6 (22 гена) на SSA2 (13 генов), наименьшее количество — на SSA4 (1 ген — EYA1).

Разделение генов-кандидатов произошло по двум кластерам со значительным анализом обогащения. В 1-й кластер (рис. 5а) вошли 34 гена-кандидата, функциональная аннотация по биологическому процессу выявила митохондриальный и сопряженный транспорт электронов, синтез АТФ, а также связывание жирных кислот и триптофана. Во 2-й кластер (рис. 5б) вошли 30 узлов с достоверностью обогащения $p = 0,00111$, связанных с ответом на бактериальную и вирусную инфекцию [10].

Таблица 2. Результаты функциональной аннотации генов-кандидатов

Table 2. Functional annotation of candidate genes

Chr	Ген	Кластер	Биологическая функция (Sus scrofa)
	<i>AFF4</i>	1	Развитие сперматид
	<i>IL13</i>	1	Реакция на воспалительный процесс, иммунный ответ
	<i>IL4</i>	1	Отвечает за иммунные процессы в организме
	<i>IRF1</i>	1	Процесс и регуляция иммунного ответа, защитный ответ на вирус
2	<i>SHROOM1</i>	1	Участвует в образовании эмбрионов
	<i>IL-5</i>	1	Участвует в индукции аллергического воспаления при астме
	<i>UQCRQ</i>	1	Сокращение сердечной мышцы
	<i>YTHDC2</i>	2	Ответ на некроз опухоли
	<i>KIF3A</i>	2	Участвует в пролиферации клеток, стероидогенезе яйчников и оплодотворении яйцеклеток
3	<i>MRPL13</i>	1	Участвует в прогнозировании образования раковых клеток молочной железы
4	<i>EYA1</i>	2	Развитие поперечно-полосатой мышечной ткани, морфогенез аорты, морфогенез уха, морфогенез наружного уха, морфогенез среднего уха, регуляция дифференцировки нейронов, морфогенез эмбриональной скелетной системы, развитие анатомической структуры, развитие глоточной системы, морфогенез слуховых пузырьков
	<i>TTR</i>	1	Связан с признаком роста
	<i>ENPEP</i>	1	Ангиогенез, регуляция системного артериального давления
	<i>NOL4</i>	1	Связан с отложением жира в туше
	<i>PCDH7</i>	1	Экспрессируется в первичных эпителиальных клетках толстой кишки
	<i>DSG3</i>	1	Связан с цитозольными метаболическими процессами
6	<i>DSG2</i>	2	Клеточная адгезия с развитием и поддержанием тканей
	<i>DSG4</i>	2	Кодирует единственный десмоглеин, который экспрессируется в средней коре волосного стержня
	<i>PPIH</i>	2	Отвечает за возраст полового созревания
	<i>RNF125</i>	2	Является негативным регулятором сигнального пути RIG-1-подобного рецептора. Рецептор, подобный RIG-1, является известным рецептором распознавания РНК-вирусов
	<i>TRAPPC8</i>	2	Мутация вызывает постнатальную умственную отсталость с микроцефалией
	<i>ENPEP</i>	1	Участвует в катаболическом пути ренин-ангиотензиновой системы с образованием ангиотензина III, который участвует в регуляции артериального давления и формировании кровеносных сосудов
	<i>RASSF6</i>	1	Экспрессируется в жировой ткани и связан с ожирением
8	<i>PCDH7</i>	1	Связан с содержанием внутримышечного жира
	<i>ALB</i>	1	Ген альбумина, который связан с доминантным белым окрасом
	<i>AFP</i>	1	Овуляция из фолликула яичника, метаболический процесс прогестерона
	<i>ANKRD17</i>	1	Строение кровеносных сосудов, защитный ответ на бактерии, врожденный иммунитет
	<i>PITX2</i>	2	Отвечает за размеры тела и качественный состав туши
10	<i>KIAA1462</i>	2	Связан с ростом и упитанностью свиней
	<i>MTPAP</i>	2	Разные генотипы значимо связаны с сочностью мяса
	<i>JMJD6</i>	2	Развитие почек, развитие сердца, развитие эритроцитов, развитие сетчатки в камерном глазу
12	<i>SOX9</i>	1	Развитие скелетной системы, уплотнение хряща, ветвление, участвующее в морфогенезе зачатка мочеточника, развитие волосного фолликула, развитие сердечного клапана, морфогенез сердечного клапана, морфогенез аортального клапана, формирование сердечного клапана, сперматогенез, развитие сердца, развитие молочной железы, формирование зачатка конечности, развитие хряща бронхов, развитие хрящей трахеи
	<i>METTL23</i>	2	Вовлечен в расстройство нервной системы
	<i>SRSF2</i>	2	Мутации, влияющие на фактор сплайсинга SRSF2, непосредственно нарушают гемопозитическую дифференцировку <i>in vivo</i> и влияют на миелодиспластический синдром
	<i>U2AF1</i>	2	Является мишенью рекуррентных мутаций при различных гематопозитических злокачественных новообразованиях

Были идентифицированы гены-кандидаты, связанные с воспроизводительными признаками у свиноматок, используя данные анализа полногеномных ассоциаций (табл. 2). По результатам экспериментальных исследований были выявлены 35 генов-кандидатов, по функциональной принадлежности отнесенных к двум кластерам, из них 20 отнесены к 1-му кластеру, 15 — ко 2-му. К 1-му кластеру были отнесены гены *AFF4*, *IL13*, *IL4*, *IRF1*, *SHROOM1*, *IL-5*, *UQCRQ* (SSA2), *MRPL13* (SSA3), *TTR*, *ENPEP*, *NOL4*, *PCDH7*, *DSG3* (SSA6), *RASSF6*, *ALB*, *AFP*, *ANKRD17* (SSA8) и *SOX9* (SSA12), общая биологическая функция — митохондриальный и сопряженный транспорт электронов, синтез АТФ, а также связывание жирных кислот и триптофана.

Ген *AFF4* (SSA2) (по исследованиям Lin Chengqi [11]) может связывать элонгацию транскрипции с лейкомией. Гены *IL-4*, рецептор *IL-4* (*IL4R*), *IL-13* и *IL-5* являются важными иммунными метками и могут влиять на течение различных заболеваний [12, 13]. В исследовании Y. Liu [14] ген *IRF1* был выбран в качестве гена-кандидата для оценки влияния на характеристики свинных цитокинов в сыворотке крови. Анализ был проведен на трех породах свиней, включая крупную белую, ландрас и черную свинью сонляю — одну из китайских пород. Результаты показали, что SNP гена *IRF1* оказывал высокозначимое влияние на уровень IFN- γ (20–35-й день) в сыворотке ($p = 0,0001$, $p = 0,0001$). Ген *SHROOM1* принадлежит к семейству SHROOM и в основном участвует в сборке массивов микротрубочек во время удлинения, взаимодействует с F-актином, чтобы обеспечить развитие нейроэпителиальных клеток и регулирует распределение γ -тубулина и архитектуру микротрубочек во время элонгации клеток, а также изменение формы эпителиальных клеток [15].

Исследования Kai Xing [16] на свиньях породы ландрас по признакам, связанным с отложением жира, выявили, что ген *UQCRQ* по функциональной аннотации биологической функции отвечает за сокращение сердечной мышцы. Brittney N. Keel [17] в своих исследованиях выявил, что тот же ген был идентифицирован как связанный с приростом массы животных. Данный ген имел одинаковое направление экспрессии во всех пяти органах животных (более низкое количество транскриптов с более высоким приростом). Также он участвует в производстве митохондриальной энергии, в ранее проведенных исследованиях был связан с эффективностью корма. Так, Kong *et al.* [18] выявили более высокое содержание транскриптов гена *UQCRQ* в ткани рубца особей с отрицательным значением прогнозируемого остаточного потребления корма (RFI). Результаты исследований Cai Miaomiao [19] показали, что экспрессия гена *MRPL13* в тканях рака молочной железы была значительно выше, чем в нормальных тканях.

Десмоглеин 3 (*DSG3*), еще один ген-кандидат проводимости, был расположен в 0,1 Мб от значимого SNP — DRGA0006706, гена, кодирующего белок, аннотации гена которого указывают на то, что он связан с цитозольными метаболическими процессами [20] и связыванием ионов кальция [21]. Ген *TTR* связан с признаками роста у человека и мыши [22]. Глутамиламинопептидаза (*ENPEP*) является членом семейства эндопептидазы M1, которые представляют собой цинксодержащие эндопептидазы интегральной мембраны II типа млекопитающих. Ген *ENPEP* участвует в катаболическом пути ренин-ангиотензиновой системы с образованием ангиотензина III, который участвует в регуляции артериального давления и формировании кровеносных

сосудов [23]. В исследованиях Xiaoping Li (2011) ген *NOL4* относится к упитанности свиней [24]. Ген *PCDH7* (по исследованиям Antonio Reverter [25]) дифференциально экспрессировался в первичных эпителиальных клетках толстой кишки человека. Исследования Fang Zih-Hua [26] на популяции крупного рогатого скота швицкой породы обнаружили, что ген *RASSF6* отвечает за телосложение животного. Исследования Maria Johansson [27] показали, что ген доминантного белого окраса тесно связан с генами альбумина (*ALB*) на *SSA8*. Нетипичный фенотип с пятнами белого окраса наблюдался среди *F1*- и *F2*-животных. Специфическая экспрессия гена *AFP* цитозиндезаминазы в печени помогает при ее трансплантации [28]. Экспрессия гена *ANKRD17* играет роль в управлении пролиферацией клеток во время регенерации тканей, а также при формировании нескольких типов опухолей [29].

В исследованиях В. Vertram (2015) ген *SOX9* (*SSA12*) является важным регулятором полового и скелетного развития и экспрессируется в различных эмбриональных тканях, а также у взрослых особей [30]. Monika Stachowiak и др. (2017) выявили, что фрагмент хромосомы у данного гена может приводить к тестикулярному XX-расстройству полового развития (XX DSD, SRY-negative), вызывающему бесплодие, которое довольно часто диагностируется в популяциях свиней [31]. Данное заболевание может повлиять на качество туши (*boar taint*) из-за наличия тестикулярной ткани у животных с неопределенными наружными гениталиями самки.

Ко 2-му кластеру относятся гены *YTHDC2*, *KIF3A* (*SSA2*), *EYA1* (*SSA4*), *DSG2*, *DSG4*, *PPIH*, *RNF125*, *TRAPPC8* (*SSA4*), *PITX2* (*SSA8*), *KIAA1462*, *MTPAP*, *JMJD6* (*SSA10*), *METTL23*, *SRSF2* и *U2AF1* (*SSA12*).

Phillip J. Hsu [32] в своих исследованиях сообщает, что ген *YTHDC2* повышает эффективность трансляции своих мишеней, а также снижает их количество в мРНК. Мыши с нокаутом *YTHDC2* бесплодны. Яички у самцов (а у самок — яичники) значительно меньше, чем у однопометников. Зародышевые клетки мышей с нокаутом *YTHDC2* не развиваются дальше стадии зиготы, следовательно, данный ген активизируется в семенниках с началом мейоза. Таким образом, ген *YTHDC2* является m⁶A-связывающим белком, который играет важную роль во время сперматогенеза. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) в гене *KIF3A* (кодирующем члена семейства кинезинов 3A) связаны с atopическим дерматитом и хроническим воспалительным заболеванием кожи людей [33].

Следующий ген — *EYA1* (*SSA4*) — отвечает за развитие поперечно-полосатой мышечной ткани, морфогенез аорты, морфогенез уха, морфогенез наружного уха, морфогенез среднего уха, регуляцию дифференцировки нейронов, морфогенез эмбриональной скелетной системы, слуховых пузырьков, развитие анатомической структуры и глоточной системы. Так, проведенные исследования Ming Qin *et al.* (2019) между тремя породами свиней выявили, что ген *EYA1* отвечает за развитие поперечно-полосатой мышечной ткани [34]. Исследования Suad Hamdan Almasoudi (2021) выявили важность данного гена в эмбриональном периоде развития организма [35], в исследованиях Jan Berghöfer (2022) *EYA1* был идентифицирован как еще один интересный кандидат на развитие наружного уха у вислouxих свиней [36]. В более ранних исследованиях ген *EYA1* играл роль в развитии уха у мышей и связан с бранхио-ото-ренальным (БОР) синдромом у людей, аутосомно-доминантным дефектом раннего развития, характеризующимся

различными комбинациями бронхиального, наружного, среднего и внутреннего уха и почечных аномалий.

Ген *Desmoglein 2* (*DSG2*) более выражен в процессе анатомического развития и прогнозируется у животных с пупочной грыжей. Более того, ген *DSG2* экспрессируется во многих тканях и участвует в связывании кальция и клеточной адгезии [37]. Мутация гена *DSG4* может привести к истончению и атрофии волосных фолликулов и стержней волос, которые часто скручиваются внутри кожи из-за их неспособности проникать в эпидермис [38]. Ген *PPIH* отвечает за возраст полового созревания [39]. За среднесуточный прирост у свиней (по исследованиям Jenelle R. Dunkelberger [40]) выявлен ген-кандидат белка безымянного пальца 125 (*RNF125*), который является негативным регулятором сигнального пути RIG-1-подобного рецептора.

Ген *TRAPPC8* участвует в везикулярном транспорте у млекопитающих [41]. Некоторые исследования показали, что полиморфизм гена *PITX2* связан с качеством свинины [42, 43]. Ген *KIAA1462* расположен на *SSA10*, идентифицирован в областях QTL и содержит SNP, связанные с отложением жира у свиней [44].

Ген *MTPAP* (митохондриальная поли(А) полимеразы), также называемый *PAPD1* (или *TUTase1*), представляет собой кодируемую ядром митохондриальную полимеразу, которая необходима для полиаденилирования и стабилизации мРНК митохондрией млекопитающих. Факторы транскрипции C/EBP β повышают экспрессию гена *MTPAP* путем анализа серии репортерных конструкций промотора *MTPAP* с использованием системы анализа с двойной люциферазой. Данная ситуация указывает на то, что ген *MTPAP* может играть критическую роль в регуляции отложения жира, что обеспечивает важную основу для дальнейшего понимания регуляции и функции гена *MTPAP* у свиней [45].

Белок 6, содержащий домен *Jumonji* (ген *JMJD6*), представляет собой негемовую Fe(II) 2-оксоглутарат (2OG)-зависимую оксигеназу с активностью аргининдеметилазы и лизилгидроксилазы. Он связан с различными патологическими процессами (в частности, в онкогенезе и вирусологических взаимодействиях) [46]. Метилтрансферазоподобный 23 (*METTL23*) имеет отдаленную гомологию с протеин-аргининметилтрансферазами и катализирует асимметричное диметилирование гистона H3R17 в мышечных ооцитах. Исследование Pan Yang [47] на людях впервые описывает связь гена *METTL23* с глаукомой глаз.

GO-анализ гена *SRSF2* выявил важные физиологические функции клеток, такие как негативная регуляция апоптотического процесса и позитивная регуляция процесса катаболизма белка. Выявлено, что он тесно связан с типичными функциями каждой ткани. Например, нейропептидный сигнальный путь был выделен в головном мозге, сокращение миокарда — в сердце, а развитие скелетных мышц и сокращение — в мышечной ткани [48].

Theresa Okeyo-Owuor и др. [49] обнаружили в данных секвенирования РНК доказательства сниженной аффинности (термодинамическая характеристика) гена *U2AF1* (*S34F*) к уридину (по сравнению с цитидином) в положении e3 непосредственно перед акцепторным сайтом сплайсинга и подтвердили этот вывод с помощью анализов аффинного связывания. Эти данные свидетельствуют о том, что мутация *S34F* изменяет функцию гена *U2AF1* в контексте специфических последовательностей РНК, что приводит к aberrантному альтернативному сплайсингу генов-мишеней, некоторые из

которых могут иметь отношение к патогенезу миело-диспластического синдрома *de novo* (МДС).

Выводы/Conclusion

По результатам функциональной аннотации были выявлены 35 генов-кандидатов, из них 20 относятся к 1-му кластеру, 15 — ко 2-му. Многие выявленные гены имеют самостоятельную структуру, отвечают за злокачественные новообразования, доминантный окрас белого волосяного покрова, хозяйственно полезные признаки и качество мяса (например, влияние разных генотипов на сочность мяса). Так, ген *AFF4* (SSA2) отвечает за более качественное развитие сперматид, влияя, таким образом, на оплодотворяемость и выход приплода. Гены *IL13*, *IL4*, *IRF1* (SSA2) отвечают за иммунную систему в организме. Гены *UQCRQ* (SSA2), *JMJD6*, *SOX9* (SSA12) участвуют в развитии и функционале сердца, при этом ген *SOX9* также отвечает за развитие скелетной системы, развитие волосяного фолликула, молочной железы и хрящей. За прогнозирование опухолей и раковых образований всевозможной физиологии

соответствуют гены *YTHDC2* (SSA2), *MRPL13* (SSA3), *SRSF2* и *U2AF1* (SSA12). Гены, связанные с жировой тканью, — *NOL4* (SSA6), *RASSF6*, *PCDH7* (SSA8), с ростом и упитанностью — *TTR* (SSA6) и *KIAA1462* (SSA10). Остальные гены-кандидаты отвечают за такие функции, как оплодотворение яйцеклеток (*KIF3A*, SSA2), развитие поперечно-полосатой мышечной ткани, морфогенез аорты, морфогенез уха, морфогенез наружного уха, морфогенез среднего уха, регуляция дифференцировки нейронов, морфогенез эмбриональной скелетной системы, развитие анатомической структуры, развитие глоточной системы, морфогенез слуховых пузырьков (*EYA1*, SSA4), возраст полового созревания (*PPIH*, SSA2), доминантный белый окрас (*ALB*, SSA8), строительство нервной системы (*METTL23*, SSA12).

Приведенные данные по каждому выявленному гену-кандидату, их биологической направленности и экспрессии позволят в дальнейшем провести массовый скрининг по свиньям исследуемой породы и дадут возможность включения их мутаций в генетический анализ вида.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

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

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-76-10038).

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (project No. 21-76-10038).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Teng G., Yu Q. Pig behavior research and its application in breeding-landrace pigs as an example. *Biomedical Research*. 2017; 28 (Spec. Iss.): 111–117.
- Alam M., Chang H.-K., Lee S.-S., Choi T.-J. Genetic analysis of major production and reproduction traits of Korean Duroc, Landrace and Yorkshire pigs. *Animals*. 2021; 11(5): 1321. <https://doi.org/10.3390/ani11051321>
- Sato S. *et al.* SNP- and haplotype-based genome-wide association studies for growth, carcass, and meat quality traits in a Duroc multigenerational population. *BMC Genetics*. 2016; 17: 60. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0368-3>
- Sevón-Aimonen M.-L., Uimari P. Heritability of sow longevity and lifetime prolificacy in Finnish Yorkshire and Landrace pigs. *Agricultural and Food Science*. 2013; 22(3): 325–330. <https://doi.org/10.23986/afsci.7991>
- Ogawa S., Kimata M., Ishii K., Uemoto Y., Satoh M. Genetic analysis for sow stayability at different parities in purebred Landrace and Large White pigs. *Animal Science Journal*. 2021; 92(1): e13599. <https://doi.org/10.1111/asj.13599>
- Wu P. *et al.* Single step genome-wide association studies based on genotyping by sequence data reveals novel loci for the litter traits of domestic pigs. *Genomics*. 2018; 110(3): 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2017.09.009>
- Sell-Kubiak E., Dobrzanski J., Derks M.F.L., Lopes M.S., Szwaczkowski T. Meta-analysis of SNPs determining litter traits in pigs. *Genes*. 2022; 13(10): 1730. <https://doi.org/10.3390/genes13101730>
- Guo X., Su G., Christensen O.F., Janss L., Lund M.S. Genome-wide association analyses using a Bayesian approach for litter size and piglet mortality in Danish Landrace and Yorkshire pigs. *BMC Genomics*. 2016; 17: 468. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2806-z>
- An S.M. *et al.* Effect of single nucleotide polymorphisms in *IGFBP2* and *IGFBP3* genes on litter size traits in Berkshire pigs. *Animal Biotechnology*. 2018; 29(4): 301–308. <https://doi.org/10.1080/10495398.2017.1395345>
- Fabbri M.C. *et al.* Identification of candidate genes associated with bacterial and viral infections in wild boars hunted in Tuscany (Italy). *Scientific Reports*. 2022; 12: 8145. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12353-8>
- Lin C. *et al.* *AFF4*, a component of the ELL/P-TEFb elongation complex and a shared subunit of MLL chimeras, can link transcription elongation to leukemia. *Molecular Cell*. 2010; 37(3): 429–437. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2010.01.026>
- Wang M. *et al.* Associations of *IL-4*, *IL-4R*, and *IL-13* gene polymorphisms in coal workers' pneumoconiosis in China: a case-control study. *PLoS ONE*. 2011; 6(8): e22624. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022624>
- Dawson H.D. *et al.* Molecular and metabolic changes in the proximal colon of pigs infected with *Trichuris suis*. *Scientific Reports*. 2020; 10: 12853. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69462-5>

REFERENCES

- Teng G., Yu Q. Pig behavior research and its application in breeding-landrace pigs as an example. *Biomedical Research*. 2017; 28 (Spec. Iss.): 111–117.
- Alam M., Chang H.-K., Lee S.-S., Choi T.-J. Genetic analysis of major production and reproduction traits of Korean Duroc, Landrace and Yorkshire pigs. *Animals*. 2021; 11(5): 1321. <https://doi.org/10.3390/ani11051321>
- Sato S. *et al.* SNP- and haplotype-based genome-wide association studies for growth, carcass, and meat quality traits in a Duroc multigenerational population. *BMC Genetics*. 2016; 17: 60. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0368-3>
- Sevón-Aimonen M.-L., Uimari P. Heritability of sow longevity and lifetime prolificacy in Finnish Yorkshire and Landrace pigs. *Agricultural and Food Science*. 2013; 22(3): 325–330. <https://doi.org/10.23986/afsci.7991>
- Ogawa S., Kimata M., Ishii K., Uemoto Y., Satoh M. Genetic analysis for sow stayability at different parities in purebred Landrace and Large White pigs. *Animal Science Journal*. 2021; 92(1): e13599. <https://doi.org/10.1111/asj.13599>
- Wu P. *et al.* Single step genome-wide association studies based on genotyping by sequence data reveals novel loci for the litter traits of domestic pigs. *Genomics*. 2018; 110(3): 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2017.09.009>
- Sell-Kubiak E., Dobrzanski J., Derks M.F.L., Lopes M.S., Szwaczkowski T. Meta-analysis of SNPs determining litter traits in pigs. *Genes*. 2022; 13(10): 1730. <https://doi.org/10.3390/genes13101730>
- Guo X., Su G., Christensen O.F., Janss L., Lund M.S. Genome-wide association analyses using a Bayesian approach for litter size and piglet mortality in Danish Landrace and Yorkshire pigs. *BMC Genomics*. 2016; 17: 468. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2806-z>
- An S.M. *et al.* Effect of single nucleotide polymorphisms in *IGFBP2* and *IGFBP3* genes on litter size traits in Berkshire pigs. *Animal Biotechnology*. 2018; 29(4): 301–308. <https://doi.org/10.1080/10495398.2017.1395345>
- Fabbri M.C. *et al.* Identification of candidate genes associated with bacterial and viral infections in wild boars hunted in Tuscany (Italy). *Scientific Reports*. 2022; 12: 8145. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12353-8>
- Lin C. *et al.* *AFF4*, a component of the ELL/P-TEFb elongation complex and a shared subunit of MLL chimeras, can link transcription elongation to leukemia. *Molecular Cell*. 2010; 37(3): 429–437. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2010.01.026>
- Wang M. *et al.* Associations of *IL-4*, *IL-4R*, and *IL-13* gene polymorphisms in coal workers' pneumoconiosis in China: a case-control study. *PLoS ONE*. 2011; 6(8): e22624. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022624>
- Dawson H.D. *et al.* Molecular and metabolic changes in the proximal colon of pigs infected with *Trichuris suis*. *Scientific Reports*. 2020; 10: 12853. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69462-5>

14. Liu Y. *et al.* Effect of single nucleotide polymorphism of IRF1 gene on cytokine traits in three pig breeds. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010; 9(18): 2346–2350. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2346.2350>
15. Zhao Z. *et al.* Suppression of *SHROOM1* improves in vitro and in vivo gene integration by promoting homology-directed repair. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(16): 5821. <https://doi.org/10.3390/ijms21165821>
16. Xing K. *et al.* Identification of genes for controlling swine adipose deposition by integrating transcriptome, whole-genome resequencing, and quantitative trait loci data. *Scientific Reports*. 2016; 6: 23219. <https://doi.org/10.1038/srep23219>
17. Keel B.N. *et al.* RNA-Seq Meta-analysis identifies genes in skeletal muscle associated with gain and intake across a multi-season study of crossbred beef steers. *BMC Genomics*. 2018; 19: 430. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4769-8>
18. Kong R.S.G., Liang G., Chen Y., Stothard P., Guan L.L. Transcriptome profiling of the rumen epithelium of beef cattle differing in residual feed intake. *BMC Genomics*. 2016; 17: 592. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2935-4>
19. Cai M., Li H., Chen R., Zhou X. MRPL13 promotes tumor cell proliferation, migration and EMT process in breast cancer through the PI3K-AKT-mTOR pathway. *Cancer Management and Research*. 2021; 13: 2009–2024. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S296038>
20. Drag M.H., Kogelman L.J.A., Maribo H., Meinert L., Thomsen P.D., Kadarmideen H.N. Characterization of eQTLs associated with androstenedione by RNA sequencing in porcine testis. *Physiological Genomics*. 2019; 51(10): 488–499. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00125.2018>
21. Gaudet P., Livstone M.S., Lewis S.E., Thomas P.D. Phylogenetic-based propagation of functional annotations within the Gene Ontology consortium. *Briefings in Bioinformatics*. 2011; 12(5): 449–462. <https://doi.org/10.1093/bib/bbr042>
22. Tang Z. *et al.* Genome-wide association study reveals candidate genes for growth relevant traits in pigs. *Frontiers in Genetics* 2019; 10: 302. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00302>
23. Holmes R.S., Spradling-Reeves K.D., Cox L.A. Mammalian glutamyl aminopeptidase genes (ENPEP) and proteins: Comparative studies of a major contributor to arterial hypertension. *Journal of data mining in genomics & proteomics*. 2017; 8(2): 2. <https://doi.org/10.4172/2153-0602.1000211>
24. Li X. *et al.* Analyses of porcine public SNPs in coding-gene regions by re-sequencing and phenotypic association studies. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(7): 3805–3820. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0496-1>
25. Reverter A. *et al.* A gene co-association network regulating gut microbial communities in a Duroc pig population. *Microbiome*. 2021; 9: 52. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00994-8>
26. Fang Z.-H., Pausch H. Multi-trait meta-analyses reveal 25 quantitative trait loci for economically important traits in Brown Swiss cattle. *BMC Genomics*. 2019; 20: 695. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6066-6>
27. Johansson M. *et al.* The gene for dominant white color in the pig is closely linked to ALB and PDGFRA on chromosome 8. *Genomics*. 1992; 14(4): 965–969. [https://doi.org/10.1016/s0888-7543\(05\)80118-1](https://doi.org/10.1016/s0888-7543(05)80118-1)
28. Whyte J.J., Prather R.S. Genetic modifications of pigs for medicine and agriculture. *Molecular Reproduction and Development*. 2011; 78(10–11): 879–891. <https://doi.org/10.1002/mrd.21333>
29. Sidor C., Borreguero-Munoz N., Fletcher G.C., Elbediwy A., Guillermin O., Thompson B.J. Mask family proteins ANKHD1 and ANKRD17 regulate YAP nuclear import and stability. *Elife*. 2019; 8: e48601. <https://doi.org/10.7554/eLife.48601>
30. Brenig B., Duan Y., Xing Y., Ding N., Huang L., Schütz E. Porcine SOX9 gene expression is influenced by an 18bp indel in the 5'-untranslated region. *PLoS ONE*. 2015; 10(10): e0139583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139583>
31. Stachowiak M. *et al.* Polymorphisms in the SOX9 region and testicular disorder of sex development (38, XX; SRY-negative) in pigs. *Livestock Science*. 2017; 203: 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.07.002>
32. Hsu P.J. *et al.* Ythdc2 is an N⁶-methyladenosine binding protein that regulates mammalian spermatogenesis. *Cell Research*. 2017; 27(9): 1115–1127. <https://doi.org/10.1038/cr.2017.99>
33. Stevens M.L. *et al.* Disease-associated *KIF3A* variants alter gene methylation and expression impacting skin barrier and atopic dermatitis risk. *Nature Communications*. 2020; 11: 4092. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17895-x>
34. Qin M., Li C., Li Z., Chen W., Zeng Y. Genetic diversities and differentially selected regions between Shandong indigenous pig breeds and western pig breeds. *Frontiers in Genetics*. 2020; 10: 1351. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01351>
35. Almasoudi S.H., Schlosser G. Eya1 protein distribution during embryonic development of *Xenopus laevis*. *Gene Expression Patterns*. 2021; 42: 119213. <https://doi.org/10.1016/j.gep.2021.119213>
36. Berghöfer J., Khavesh N., Mundlos S., Metzger J. Simultaneous testing of rule- and model-based approaches for runs of homozygosity detection opens up a window into genomic footprints of selection in pigs. *BMC Genomics*. 2022; 23: 564. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08801-4>
37. Souza M.R. *et al.* Transcriptome analysis identifies genes involved with the development of umbilical hernias in pigs. *PLoS ONE*. 2020; 15(5): e0232542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232542>
38. Tian M. *et al.* Transcriptome analysis reveals genes contributed to Min pig villi hair follicle in different seasons. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(11): 639. <https://doi.org/10.3390/vetsci9110639>
39. Diao S.-q. *et al.* Exploring the genetic features and signatures of selection in South China indigenous pigs. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021; 20(5): 1359–1371. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63260-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63260-9)
40. Dunkelberger J.R. *et al.* Genomic regions associated with host response to porcine reproductive and respiratory syndrome vaccination and co-infection in nursery pigs. *BMC Genomics*. 2017; 18: 865. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4182-8>
14. Liu Y. *et al.* Effect of single nucleotide polymorphism of IRF1 gene on cytokine traits in three pig breeds. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010; 9(18): 2346–2350. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2346.2350>
15. Zhao Z. *et al.* Suppression of *SHROOM1* improves in vitro and in vivo gene integration by promoting homology-directed repair. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020; 21(16): 5821. <https://doi.org/10.3390/ijms21165821>
16. Xing K. *et al.* Identification of genes for controlling swine adipose deposition by integrating transcriptome, whole-genome resequencing, and quantitative trait loci data. *Scientific Reports*. 2016; 6: 23219. <https://doi.org/10.1038/srep23219>
17. Keel B.N. *et al.* RNA-Seq Meta-analysis identifies genes in skeletal muscle associated with gain and intake across a multi-season study of crossbred beef steers. *BMC Genomics*. 2018; 19: 430. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4769-8>
18. Kong R.S.G., Liang G., Chen Y., Stothard P., Guan L.L. Transcriptome profiling of the rumen epithelium of beef cattle differing in residual feed intake. *BMC Genomics*. 2016; 17: 592. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-2935-4>
19. Cai M., Li H., Chen R., Zhou X. MRPL13 promotes tumor cell proliferation, migration and EMT process in breast cancer through the PI3K-AKT-mTOR pathway. *Cancer Management and Research*. 2021; 13: 2009–2024. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S296038>
20. Drag M.H., Kogelman L.J.A., Maribo H., Meinert L., Thomsen P.D., Kadarmideen H.N. Characterization of eQTLs associated with androstenedione by RNA sequencing in porcine testis. *Physiological Genomics*. 2019; 51(10): 488–499. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00125.2018>
21. Gaudet P., Livstone M.S., Lewis S.E., Thomas P.D. Phylogenetic-based propagation of functional annotations within the Gene Ontology consortium. *Briefings in Bioinformatics*. 2011; 12(5): 449–462. <https://doi.org/10.1093/bib/bbr042>
22. Tang Z. *et al.* Genome-wide association study reveals candidate genes for growth relevant traits in pigs. *Frontiers in Genetics* 2019; 10: 302. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00302>
23. Holmes R.S., Spradling-Reeves K.D., Cox L.A. Mammalian glutamyl aminopeptidase genes (ENPEP) and proteins: Comparative studies of a major contributor to arterial hypertension. *Journal of data mining in genomics & proteomics*. 2017; 8(2): 2. <https://doi.org/10.4172/2153-0602.1000211>
24. Li X. *et al.* Analyses of porcine public SNPs in coding-gene regions by re-sequencing and phenotypic association studies. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(7): 3805–3820. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0496-1>
25. Reverter A. *et al.* A gene co-association network regulating gut microbial communities in a Duroc pig population. *Microbiome*. 2021; 9: 52. <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00994-8>
26. Fang Z.-H., Pausch H. Multi-trait meta-analyses reveal 25 quantitative trait loci for economically important traits in Brown Swiss cattle. *BMC Genomics*. 2019; 20: 695. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6066-6>
27. Johansson M. *et al.* The gene for dominant white color in the pig is closely linked to ALB and PDGFRA on chromosome 8. *Genomics*. 1992; 14(4): 965–969. [https://doi.org/10.1016/s0888-7543\(05\)80118-1](https://doi.org/10.1016/s0888-7543(05)80118-1)
28. Whyte J.J., Prather R.S. Genetic modifications of pigs for medicine and agriculture. *Molecular Reproduction and Development*. 2011; 78(10–11): 879–891. <https://doi.org/10.1002/mrd.21333>
29. Sidor C., Borreguero-Munoz N., Fletcher G.C., Elbediwy A., Guillermin O., Thompson B.J. Mask family proteins ANKHD1 and ANKRD17 regulate YAP nuclear import and stability. *Elife*. 2019; 8: e48601. <https://doi.org/10.7554/eLife.48601>
30. Brenig B., Duan Y., Xing Y., Ding N., Huang L., Schütz E. Porcine SOX9 gene expression is influenced by an 18bp indel in the 5'-untranslated region. *PLoS ONE*. 2015; 10(10): e0139583. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139583>
31. Stachowiak M. *et al.* Polymorphisms in the SOX9 region and testicular disorder of sex development (38, XX; SRY-negative) in pigs. *Livestock Science*. 2017; 203: 48–53. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.07.002>
32. Hsu P.J. *et al.* Ythdc2 is an N⁶-methyladenosine binding protein that regulates mammalian spermatogenesis. *Cell Research*. 2017; 27(9): 1115–1127. <https://doi.org/10.1038/cr.2017.99>
33. Stevens M.L. *et al.* Disease-associated *KIF3A* variants alter gene methylation and expression impacting skin barrier and atopic dermatitis risk. *Nature Communications*. 2020; 11: 4092. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17895-x>
34. Qin M., Li C., Li Z., Chen W., Zeng Y. Genetic diversities and differentially selected regions between Shandong indigenous pig breeds and western pig breeds. *Frontiers in Genetics*. 2020; 10: 1351. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01351>
35. Almasoudi S.H., Schlosser G. Eya1 protein distribution during embryonic development of *Xenopus laevis*. *Gene Expression Patterns*. 2021; 42: 119213. <https://doi.org/10.1016/j.gep.2021.119213>
36. Berghöfer J., Khavesh N., Mundlos S., Metzger J. Simultaneous testing of rule- and model-based approaches for runs of homozygosity detection opens up a window into genomic footprints of selection in pigs. *BMC Genomics*. 2022; 23: 564. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08801-4>
37. Souza M.R. *et al.* Transcriptome analysis identifies genes involved with the development of umbilical hernias in pigs. *PLoS ONE*. 2020; 15(5): e0232542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232542>
38. Tian M. *et al.* Transcriptome analysis reveals genes contributed to Min pig villi hair follicle in different seasons. *Veterinary Sciences*. 2022; 9(11): 639. <https://doi.org/10.3390/vetsci9110639>
39. Diao S.-q. *et al.* Exploring the genetic features and signatures of selection in South China indigenous pigs. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021; 20(5): 1359–1371. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63260-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63260-9)
40. Dunkelberger J.R. *et al.* Genomic regions associated with host response to porcine reproductive and respiratory syndrome vaccination and co-infection in nursery pigs. *BMC Genomics*. 2017; 18: 865. <https://doi.org/10.1186/s12864-017-4182-8>

41. Cruz C.D., Torre A., Troncos G., Lambrechts L., Leguia M. Targeted full-genome amplification and sequencing of dengue virus types 1–4 from South America. *Journal of Virological Methods*. 2016; 235: 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2016.06.001>
42. Wu W.J. *et al.* Identification of four SNPs and association analysis with meat quality traits in the porcine *Pitx2c* gene. *Science China Life Sciences*. 2011; 54(5): 426–433. <https://doi.org/10.1007/s11427-011-4167-9>
43. Wu W., Ren Z., Wang Y., Chao Z., Xu D., Xiong Y. Molecular characterization, expression patterns and polymorphism analysis of porcine *Six1* gene. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(4): 2619–2632. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0403-9>
44. Pérez-Montarelo D. *et al.* Identification of genes regulating growth and fatness traits in pig through hypothalamic transcriptome analysis. *Physiological Genomics*. 2014; 46(6): 195–206. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00151.2013>
45. Han X., Jiang T., Yu L., Zeng C., Fan B., Liu B. Molecular characterization of the porcine MTPAP gene associated with meat quality traits: chromosome localization, expression distribution, and transcriptional regulation. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2012; 364(1–2): 173–180. <https://doi.org/10.1007/s11010-011-1216-4>
46. Vangimalla S.S., Ganesan M., Kharbanda K.K., Osna N.A. Bifunctional enzyme JMJD6 contributes to multiple disease pathogenesis: new twist on the old story. *Biomolecules*. 2017; 7(2): 41. <https://doi.org/10.3390/biom7020041>
47. Pan Y. *et al.* *METTL23* mutation alters histone H3R17 methylation in normal-tension glaucoma. *The Journal of Clinical Investigation*. 2022; 132(21): e153589. <https://doi.org/10.1172/JCI153589>
48. Zhang Y. *et al.* Effective quality breeding directions: comparison and conservative analysis of hepatic super-enhancers between Chinese and Western pig breeds. *Biology*. 2022; 11(11): 1631. <https://doi.org/10.3390/biology11111631>
49. Okoyo-Owuor T. *et al.* *U2AF1* mutations alter sequence specificity of pre-mRNA binding and splicing. *Leukemia*. 2015; 29(4): 909–917. <https://doi.org/10.1038/leu.2014.303>

ОБ АВТОРАХ:**Анна Александровна Белоус,**

кандидат биологических наук,
лаборатория генетических технологий в агро- и аквахозяйстве,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
belousa663@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Валерия Владимировна Волкова,

кандидат биологических наук,
лаборатория функциональной и эволюционной геномики
животных,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
moonlit-elf@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2080-0182>

Анастасия Александровна Решетникова,

младший научный сотрудник,
лаборатория генетических технологий в агро- и аквахозяйстве,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
reshetnikova.aa@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4874-2615>

Петр Ильич Отраднов,

младший научный сотрудник,
лаборатория генетических технологий в агро- и аквахозяйстве,
отдел популяционной генетики и генетических основ разведения
животных,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
deriteronard@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1153-5815>

Наталья Анатольевна Зиновьева,

доктор биологических наук, академик РАН, профессор, директор,
Федеральный исследовательский центр животноводства —
ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Дубровицы, 60, Подольск, Московская обл., 142132, Россия
priemnaya-vij@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

41. Cruz C.D., Torre A., Troncos G., Lambrechts L., Leguia M. Targeted full-genome amplification and sequencing of dengue virus types 1–4 from South America. *Journal of Virological Methods*. 2016; 235: 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2016.06.001>

42. Wu W.J. *et al.* Identification of four SNPs and association analysis with meat quality traits in the porcine *Pitx2c* gene. *Science China Life Sciences*. 2011; 54(5): 426–433. <https://doi.org/10.1007/s11427-011-4167-9>

43. Wu W., Ren Z., Wang Y., Chao Z., Xu D., Xiong Y. Molecular characterization, expression patterns and polymorphism analysis of porcine *Six1* gene. *Molecular Biology Reports*. 2011; 38(4): 2619–2632. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0403-9>

44. Pérez-Montarelo D. *et al.* Identification of genes regulating growth and fatness traits in pig through hypothalamic transcriptome analysis. *Physiological Genomics*. 2014; 46(6): 195–206. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00151.2013>

45. Han X., Jiang T., Yu L., Zeng C., Fan B., Liu B. Molecular characterization of the porcine MTPAP gene associated with meat quality traits: chromosome localization, expression distribution, and transcriptional regulation. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 2012; 364(1–2): 173–180. <https://doi.org/10.1007/s11010-011-1216-4>

46. Vangimalla S.S., Ganesan M., Kharbanda K.K., Osna N.A. Bifunctional enzyme JMJD6 contributes to multiple disease pathogenesis: new twist on the old story. *Biomolecules*. 2017; 7(2): 41. <https://doi.org/10.3390/biom7020041>

47. Pan Y. *et al.* *METTL23* mutation alters histone H3R17 methylation in normal-tension glaucoma. *The Journal of Clinical Investigation*. 2022; 132(21): e153589. <https://doi.org/10.1172/JCI153589>

48. Zhang Y. *et al.* Effective quality breeding directions: comparison and conservative analysis of hepatic super-enhancers between Chinese and Western pig breeds. *Biology*. 2022; 11(11): 1631. <https://doi.org/10.3390/biology11111631>

49. Okoyo-Owuor T. *et al.* *U2AF1* mutations alter sequence specificity of pre-mRNA binding and splicing. *Leukemia*. 2015; 29(4): 909–917. <https://doi.org/10.1038/leu.2014.303>

ABOUT THE AUTHORS:**Anna Alexandrovna Belous,**

Candidate of biological sciences,
Laboratory of genetic technologies in agrarian and aquatic husbandry,
Federal Research Center of Animal Husbandry —
VIZ academician L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132,
Russia
belousa663@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7533-4281>

Valeria Vladimirovna Volkova,

Candidate of biological sciences,
Laboratory of functional and evolutionary animal genomics,
Federal Research Center of Animal Husbandry —
VIZ academician L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132,
Russia
moonlit-elf@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2080-0182>

Anastasia Alexandrovna Reshetnikova,

junior researcher,
Laboratory of genetic technologies in agrarian and aquatic husbandry,
Federal Research Center of Animal Husbandry —
VIZ academician L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132,
Russia
reshetnikova.aa@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4874-2615>

Petr Il'ich Otradnov,

junior researcher,
Laboratory of genetic technologies in agrarian and aquatic husbandry,
department of population genetics and genetic foundations of animal
breeding,
Federal Research Center of Animal Husbandry —
VIZ academician L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132,
Russia
deriteronard@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1153-5815>

Nataliya Anatolyevna Zinovyeva,

Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy
of Sciences, Professor, Director,
Federal Research Center of Animal Husbandry —
VIZ academician L.K. Ernst,
60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region, 142132,
Russia
priemnaya-vij@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4017-6863>

Е. П. Мирошникова,
А. Е. Аринжанов,
Ю. В. Килякова,
А. Н. Сизенцов ✉

Оренбургский государственный
университет, Оренбург, Россия

✉ asizen@mail.ru

Поступила в редакцию:
15.09.2022

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Elena P. Miroshnikova,
Azamat E. Arinzhonov,
Yulia V. Kilyakova,
Alexey N. Sizentsov, ✉

Orenburg State University, Orenburg,
Russia

✉ asizen@mail.ru

Received by the editorial office:
15.09.2022

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Применение фитобиотиков в кормлении рыб в качестве альтернативы антибактериальным и пробиотическим препаратам (обзор)

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Использование антибактериальных препаратов в качестве кормовых добавок на протяжении многих лет позволяло снижать уровни риска развития инфекционных патологий и, как следствие, повышало продуктивность отрасли, помимо очевидных преимуществ, постоянное использование антибиотиков развивает бактериальную резистентность, негативно влияет на представителей нормофлоры биоценозов и обладает аккумулярующим эффектом в аквакультуре. Одним из возможных направлений повышения продуктивности является использование пробиотических штаммов с выраженными антагонистическими характеристиками в отношении патогенных микроорганизмов. Следует отметить, что для оптимального роста рыбы необходим высокий уровень видоспецифичности структурного микробиома, что в конечном итоге не может гарантировать эффективность применения коммерческих пробиотических препаратов в рационах кормления рыб.

Результаты. Представленные научные данные по использованию фитобиотиков свидетельствуют не только о выраженном стимулирующем рост рыб действии, но также и о высоком антиоксидантном и иммуностимулирующем действии. Отдельно стоит отметить высокий уровень эффективности тестируемых растений в отношении патогенных штаммов микроорганизмов *A. hydrophila* (порошок листьев портулака; экстракт плодов кизила; комбинация эфирных масел тимьяна, красного тимьяна и перца розмарина; пищевые наночастицы корицы, комбинация экстрактов кориандра, мальвы обыкновенной, дубового желудя; экстракт пандана кровельного), *A. veronii* (порошок косточек абрикоса), *L. monocytogenes* (экстракт листьев базилика гвоздичного), *S. agalactiae* (экстракт плодов айвы бельгийской). Гипотетически данный механизм можно объяснить не только активацией показателей неспецифического иммунитета, но и влиянием большинства тестируемых в экспериментах растений анти Quorum Sensing эффектом. Данный обзор направлен на описание мировой тенденции использования фитобиотиков в кормлении рыб.

Ключевые слова: фитобиотики, кормление рыб, профилактика инфекционных заболеваний, антибиотики, пробиотики, литературный обзор

Для цитирования: Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В., Сизенцов А.Н. Применение фитобиотиков в кормлении рыб в качестве альтернативы антибактериальным и пробиотическим препаратам (обзор). *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 40–47. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-40-47>

© Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е., Килякова Ю.В., Сизенцов А.Н.

The use of phytobiotics in fish feeding as an alternative to antibacterial and probiotic preparations (review)

ABSTRACT

Relevance. The use of antibacterial drugs as feed additives for many years has made it possible to reduce the risk of developing infectious pathologies and, as a result, increased the productivity of the industry, in addition to obvious advantages, the constant use of antibiotics develops bacterial resistance, negatively affects representatives of the normoflora of biocenoses and has an accumulating effect in aquaculture. One of the possible ways to increase productivity is the use of probiotic strains with pronounced antagonistic characteristics against pathogenic microorganisms. It should be noted that for optimal fish growth, a high level of species-specificity of the structural microbiome is necessary, which ultimately cannot guarantee the effectiveness of the use of commercial probiotic drugs in fish feeding diets.

Results. The presented scientific data on the use of phytobiotics indicate not only a pronounced effect stimulating the growth of fish, but also a high antioxidant and immunostimulating effect. Separately, it is worth noting the high level of effectiveness of the tested plants against pathogenic strains of *A. hydrophila* microorganisms (purslane leaf powder; dogwood fruit extract; a combination of essential oils of thyme, red thyme and rosemary pepper; food nanoparticles of cinnamon, a combination of extracts of coriander, mallow, oak acorn; pandanus roofing extract), *A. veronii* (apricot seed powder), *L. monocytogenes* (basil clove leaf extract), *S. agalactiae* (Belgian quince fruit extract). Hypothetically, this mechanism can be explained not only by the activation of indicators of nonspecific immunity, but also by the influence of the majority of plants tested in experiments with the anti Quorum Sensing effect. This review is aimed at describing the global trend in the use of phytobiotics in fish feeding.

Key words: phytobiotics, fish feeding, prevention of infectious diseases, antibiotics, probiotics, literature review

For citation: Miroshnikova E.P., Arinzhonov A.E., Kilyakova Yu.V., Sizentsov A.N. The use of phytobiotics in fish feeding as an alternative to antibacterial and probiotic preparations (review). *Agrarian science*. 2023; 372(7): 40–47 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-40-47>

© Miroshnikova E.P., Arinzhonov A.E., Kilyakova Yu.V., Sizentsov A.N.

Введение/Introduction

Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству — одно из приоритетных стратегических важных направлений развития отрасли животноводства и рыбоводства. Следует отметить, что данные отрасли являются рискованными, так как различные инфекционные патологии могут не только привести к снижению качества конечного продукта, но и нанести существенный экономический ущерб. На протяжении последних десятилетий в качестве основного компонента кормовых добавок, профилаксирующих возникновение и развитие бактериальных инфекций, являлись антибактериальные препараты. Однако их чрезмерное использование привело к повышению концентрации в системах культивирования и ослаблению естественного иммунитета водных организмов. Многочисленные исследования, направленные на оценку эффективности применения антибактериальных препаратов, свидетельствуют о негативном воздействии на структурный микробиом кишечника, проявляющемся в снижении уровня разнообразия таксономических групп нормофлоры [1, 2], что в конечном итоге приводит к существенным различиям в приросте веса, коэффициенте конверсии корма, удельной скорости роста и нормативному превышению антибактериальных химиотерапевтических препаратов в водных экосистемах [3]. Одним из наиболее перспективных методов кормления рыб с учетом безопасности для окружающей среды и сохранения здоровья является использование пробиотиков, пребиотиков, синбиотиков и фитобиотиков в качестве профилактических препаратов для защиты от инфекционных заболеваний [4].

Производство здоровой пищи из животных с микробиологической точки зрения предполагает учет пищевых патогенов, с одной стороны, и методов борьбы с бактериальными инфекциями при разведении — с другой. Использование пробиотиков представляется наиболее подходящей альтернативой антибактериальным препаратам для решения этих проблем из-за их способности модулировать иммунную систему и кишечную микрофлору. Следует также отметить высокий уровень антагонистической активности отдельных пробиотических штаммов в отношении ряда патогенных микроорганизмов, что в свою очередь позволяет их использовать в качестве фактора роста (иногда ассоциированного с пребиотиками) при их использовании в качестве кормовых добавок [5].

Преимуществом пробиотиков является их способность переносить агрессивные условия желудочно-кишечного тракта, такие как желудочная кислота, pH и соли желчи, способность оказывать благотворное влияние на организм хозяина. Следует отметить, что пробиотики могут оказывать благотворное влияние на продуктивность, здоровье и самочувствие по различным параметрам продуктивности животных. Они стимулируют нативную микробиоту (микроорганизмы, которые присутствуют в месте их происхождения) и выработку короткоцепочечных жирных кислот с доказанными эффектами, такими как противомикробный, гипохолестеринемический и иммуномодулирующий, приводящими к улучшению здоровья кишечника, способности всасывания питательных веществ и продуктивной реакции у животных [6]. Согласно литературным данным, в последние годы в качестве потенциальных пробиотиков в рыбоводстве широко используются различные бактериальные штаммы, однако наиболее перспективными являются *Lactobacillus* spp. и *Bacillus* spp. из-за их высокой

антагонистической активности и продукции внеклеточных ферментов [7–11].

Существенным минусом использования специфических (нормофлора) пробиотиков в аквакультуре является то, что приносящая пользу одним видам бактерия может являться патогеном для других и процесс скрининга играет важную роль в определении видовой специфичности пробиотиков [12].

Одним из наиболее перспективных научных изысканий в области кормления рыб с использованием природных ингибиторов роста патогенных микроорганизмов является применение в качестве кормовых добавок лекарственных растений для улучшения иммунологических или пищевых факторов в аквакультуре [13]. Травяные продукты имеют ряд преимуществ, включая экологичность, низкий уровень побочных эффектов, легкий доступ и экономичность [14]. Действительно, это многофункциональные добавки, оказывающие благотворное влияние на физиологическую активность многих видов рыб [15–17]. Способствуют увеличению скорости роста, антиоксидантного статуса, триггера иммунной системы, снижению восприимчивости к стрессу окружающей среды и инфекционным агентам [18].

Для выращивания рыбы в интенсивных системах требуются высококачественные и функциональные корма [19, 20]. В этом случае кормовые добавки рекомендуются при составлении рецептур высококачественных кормов для улучшения продуктивности и благополучия водных организмов [21]. В долгосрочной перспективе вещества природного происхождения рекомендуются для замены химиотерапии и антибиотиков в аквакультуре [22]. В этом контексте предлагаются различные активные вещества для успешной индустрии аквакультуры [23]. Лекарственные травы и их экстракты являются наиболее часто используемыми и проверенными кормовыми добавками в продуктах питания человека и в животноводстве [24]. Растительные вещества содержат различные функциональные компоненты, которые эффективно влияют на самочувствие и сопротивляемость инфекциям водных животных [25, 26].

Была поставлена цель провести системный анализ литературных данных о перспективности использования фитобиотиков в качестве стимуляторов роста и альтернативы антибактериальным и пробиотическим препаратам в кормлении рыб.

Материал и методы исследования / Material and methods

Поиск и анализ литературы проводился с использованием интернет-ресурсов: РИНЦ — <https://www.elibrary.ru>, ScienceDirect — <https://www.sciencedirect.com>, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Современное представление фитотерапии сводится к использованию растений для профилактики или лечения заболеваний различной этиологии у человека и животных [27]. На рубеже XX века данное направление терапии конкурировало с современной медициной, особенно с антибиотиками [28]. Так, например, эфирные масла и обогащенные полифенолами экстракты довольно часто используются в аквакультуре для повышения промышленной и экологической устойчивости [29]. Известно, что некоторые эфирные масла, извлеченные из ароматических растений, обладают выраженной биологической активностью [30], вследствие чего проявляют выраженное антибактериальное и анти-

оксидантное действие [31]. Их использование в лечебных кормах может существенно сократить использование противомикробных препаратов и загрязнение окружающей среды, а также повысить общее состояние животных и безопасность пищевых продуктов [32].

В современной научной литературе представлен значительный объем экспериментальных данных по исследованию эффективности применения фитобиотических препаратов в кормлении рыб в качестве стимуляторов роста, повышения антиоксидантной и иммуностимулирующей активности, а также в качестве препаратов для ликвидации инфекционных заболеваний с целью профилактики и ликвидации инфекционных заболеваний, их использовании в качестве активаторов роста, а также компонентов корма, повышающих пищевую ценность готовой продукции [33]. Наряду с этим в публикациях представлены данные об использовании пищевых отходов (продуктов переработки растениеводства) в аквакультуре для повышения иммунологической и антиоксидантной защиты [34].

В качестве источника фитобиотического компонента корма может использоваться различное растительное сырье — от отдельных частей растения и эфирных масел до измельченных до наноразмеров порошкообразных форм. Основная задача сводится к использованию наиболее эффективных форм фитобиотиков в качестве кормовых добавок к основным рационам кормления для увеличения продуктивности — повышения скорости и интенсивности роста, активации пищеварительных ферментов, повышения уровня антиоксидантной и иммуностимулирующей активности и повышения устойчивости к патогенным микроорганизмам.

Рассмотрим лишь некоторые литературные данные эффективности применения различных фитобиотиков в кормлении рыб.

Анис (*Pimpinella anisum L.*). Проведенные экспериментальные исследования на модели европейского морского окуня (*Dicentrarchus labrax*) свидетельствуют о достоверно значимом увеличении живой массы рыбы и содержания сырого протеина при добавлении аниса к основному рациону в концентрации 2,5 г/кг и 3,5 г/кг корма ($p < 0,05$). Антибактериальная активность кишечника выявила значительное снижение количества представителей *Vibrio spp.* по отношению к интактной группе ($p < 0,05$). На фоне применения 1,5 г/кг аниса регистрировали максимальное повышение показателей неспецифического иммунитета (лизоцимная и фагоцитарная активность) ($p < 0,05$) [35].

Травосмесь на основе **мальвы обыкновенной (*Malva sylvestris*)**, **душицы (*Origanum vulgare*)** и **персидского лука-шалота (*Allium hirtifolium boiss.*)**. Исследования, проводимые на модели обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*), свидетельствуют о положительной динамике увеличения живой массы при введении в рацион 2%-ной и 3%-ной травосмеси от общего рациона. Данные концентрации способствовали увеличению содержания белка, повышали активность пищеварительных ферментов — амилазы, липазы, протеазы, иммунитета слизистой оболочки и кишечника, включая общий иммуноглобулин (общий Ig), лизоцим, альтернативную активность комплемента [36]. Основной задачей введения в рацион кормовых антибиотиков является профилактика бактериальных инфекций, оказывающих негативное влияние на развитие организма. Введение в кормовую базу фитохимических соединений с выраженным иммуномоделирующим действием способствует активации защитных механизмов неспецифической

резистентности организма, обеспечивая высокие показатели устойчивости в отношении патогенных и условно-патогенных штаммов микроорганизмов и, как следствие, стабильные показатели роста, что функционально соответствует кормовым антибактериальным веществам и позволяет использовать фитобиотические вещества в качестве их альтернативы.

Персидский лук-шалот (*Allium stipitatum*). Модельный эксперимент на радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) свидетельствует о значительном повышении конечного веса и удельной скорости роста у рыб, получающих основной рацион с добавлением 1%-ного и 2%-ного фитобиотика. Наряду с этим в данных экспериментальных группах регистрировали снижение коэффициента конверсии корма, увеличение ферментативной (амилаза, липаза, протеаза) и лизоцимной активности, общего иммуноглобулина (Ig) и компонентов комплемента C3 и C4 [37].

Экстракт плодов барбариса (*Berberis vulgaris*). Проводимые исследования на модели сибирского осетра (*Acipenser baerii*) свидетельствуют о существенном увеличении лизоцимной активности, компонента комплемента C4 ($p < 0,05$), активности протеазы и эстеразы в образцах кожной слизи, что, как следствие, повышает антибактериальную особенность организма рыбы в отношении *Streptococcus iniae*, *Yersinia ruckeri*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* и *Lactococcus garvieae* на фоне применения экстракта в концентрации 750 мг/кг корма [38].

Экстракт плодов айвы бельгийской (*Aegle marmelos*). Исследование эффективности применения данного фитобиотика на модели нильской тилляпии (*Oreochromis niloticus*) свидетельствует о значительном увеличении среднесуточного прироста и удельной скорости роста на фоне применения данного фитобиотика в концентрациях 15 г/кг и 20 г/кг корма. Наряду с этим в данных группах регистрировали повышение антиоксидантной активности ферментов, показателей неспецифического иммунитета и активности пищеварительных ферментов. В условиях создания экспериментальной инфекции, вызванной *Streptococcus agalactiae*, была установлена более высокая выживаемость в группе с добавлением 20 г/кг экстракта айвы на 1 кг корма по сравнению с интактной [39].

Экстракт плодов кизила (*Cornus mas L.*). На модели обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*) экспериментально установлено, что введение в рацион 0,5%-ного и 1%-ного экстракта на 1 кг корма существенно увеличивает удельный темп роста, среднесуточные привесы ($p < 0,05$), общий иммуноглобулин и лизоцимную активность, что позволило значительно повысить уровень устойчивости организма карпа к патогенному воздействию *A. hydrophila* в условиях тестового заражения [40].

Порошок листьев портулака (*Portulaca oleracea*). Исследования, проводимые на нильской тилляпии (*Oreochromis niloticus*), свидетельствуют о том, что рост рыбы, прибавка в весе и удельная скорость роста значительно снижаются по мере увеличения содержания портулака в рационе рыб (2% и 3% на 1 кг) по сравнению с контрольной группой, однако рыба, которую кормили портулаком, показала самый высокий относительный процент выживаемости в условиях создания экспериментальной инфекции *A. hydrophila* с максимальными показателями в группе с применением 3% на 1 кг корма (81,25%), тогда как в контрольной группе рыб летальность составила 100% [41].

Пищевые наночастицы корицы (*Cinnamotum verum*). Исследования эффективности применения данного фитобиотика, проводимые на модели нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), свидетельствуют о значительном увеличении продуктивности рыб в группах с добавлением исследуемой добавки в концентрации 3,0 г/кг, 5,0 г/кг и 10,0 г/кг рациона, наряду с этим в данных группах отмечалось повышение содержания сырого протеина в теле рыбы, антиоксидантной стимулирующей активности, индуцирование секреции протеазы, липазы и амилазы, а также активация показателей неспецифического иммунитета. Авторами исследования установлено, что пищевые наночастицы корицы в концентрации 3,0 г/кг корма предотвращают гибель рыбы от инфекции, вызванной *A. hydrophila*, в то время как в контрольной группе наблюдалась гибель 66,7% рыб [42].

Базилик (*Ocimum gratissimum*). На модели африканского сома (*Clarias gariepinus*) экспериментально установлено, что использование листьев данного растения в концентрации 12 г/кг корма основного рациона значительно улучшает показатели интенсивности роста и потребление корма, а также оказывает положительную динамику на гематологические, физиологические показатели организма рыб и повышает антиоксидантную активность и показатели неспецифического иммунитета. Экспериментальное заражение *Listeria monocytogenes* на фоне применения листьев базилика свидетельствует об эффективности данного фитобиотика в качестве антибактериального компонента корма, позволяющего сохранить 86,5% поголовья против 15,0% показателей контрольной группы заражения [43].

Порошок косточек абрикоса (*Prunus armeniaca*). Исследования, проводимые на модели обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*), свидетельствуют о значительном улучшении показателей удельной скорости роста, прироста живой массы и увеличении коэффициента конверсии корма при введении в рацион экспериментальной рыбы 10 г порошка на 1 кг корма. Включение в рацион данного фитобиотика способствует повышению активности пищеварительных ферментов, иммунологических биомаркеров (антипротеазная и лизоцимная активность) и антиоксидантной активности. Экспериментальное инфицирование рыб *A. veronii* на фоне применения порошка косточек абрикоса свидетельствует о прямой зависимости между дозой вводимого в корм фитобиотика и уровнем сохранности поголовья: 2,5 г — 50%, 5,0 г — 66,67%, 10,0 г — 83,33% соответственно [44].

Экстракт плодов витекса (*Vitex agnus-castus*). На модели золотых рыбок (*Carassius auratus*) установлено наличие выраженной положительной динамики прироста живой массы тела на фоне снижения коэффициента конверсии корма по введению в рацион данного

фитобиотика в концентрации 1,5% на 1 кг корма основного рациона ($p < 0,05$). Экспериментально установлено активация экспрессии гормонов роста и инсулиноподобного фактора ($p < 0,05$) [45].

Комбинация экстрактов лекарственных трав: кориандр (*Coriandrum sativum*), мальва обыкновенная (*Malva sylvestris*) и дубовый желудь (*Quercus brantii*). В исследованиях, проводимых на модели обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*), установлена высокая эффективность применения данного комплекса экстрактов (прирост массы, удельная скорость роста, коэффициент конверсии корма) с максимально значимыми показателями в группе с добавлением 5% на 1 кг основного корма ($p < 0,05$). Также установлено, что во всех опытных группах на фоне применения 0,5%, 1%, 3% и 5% на 1 кг корма отмечается активация антиоксидантных биомаркеров и иммунных параметров (лизоцим, общий иммуноглобулин). Максимальный уровень сохранности поголовья при экспериментальном инфицировании *A. hydrophila* составил в группе с применением фитобиотика в концентрации 3% на 1 кг [46].

Смесь экстрактов тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris*), майорана (*Origanum majorana*) и чабра душистого (*Satureja hortensis*). На модели обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio*) установлено, что использование в рационе 1% и 2% смеси экстрактов способствует увеличению прироста живой массы, удельной скорости роста, выживаемости по сравнению с показателями интактной группы ($p < 0,05$). Следует отметить, что максимальные показатели лизоцимной активности и количества общего иммуноглобулина регистрируются при добавлении в рацион 2% смеси ($p < 0,05$). Однако обобщенный анализ, основанный на кормовой эффективности, показателях роста, иммунологических реакциях и антиоксидантного статуса карпа, позволяет сделать заключение, что оптимальная дозировка используемых экстрактов составляет 1% на 1 кг общего рациона [47].

Экстракт пандана кровельного (*Pandanus tectorius*). В исследованиях, проводимых в модельном эксперименте на карпе обыкновенном (*Cyprinus carpio*), установлено, что введение в рацион 20 г/кг корма экстракта позволяет существенно увеличить показатели конечной прибавки массы тела ($p < 0,05$), повысить уровень антиоксидантной активности печени. Также установлено, что применение фитобиотика в указанной концентрации демонстрирует самый высокий процент выживаемости (70,37%) на фоне заражения *Aeromonas hydrophila* [48].

Наряду с вышеизложенным в современной литературе представлены обширные данные использования лекарственных трав (фитобиотиков) как для борьбы, так и для снижения негативного эффекта воздействия

Таблица 1. Обзор данных использования фитобиотиков на модели нильской тилапии (*O. niloticus*) для борьбы и профилактики с *Aeromonas hydrophila* (Abdul Kari Z et al. 2022)

Table 1. Review of data on the use of phytobiotics in the Nile tilapia (*O. niloticus*) model for the control and prevention of *Aeromonas hydrophila* (Abdul Karim Z. et al., 2022)

Используемый фитобиотик	Доза	Продолжительность использования	Ссылка
Гуйава обыкновенная (<i>Psidium guajava</i>)	4–24 мг/кг корма	10 дней	Pachanawan A. et al. 2008 [50]
Астрагал перепончатый и жимолость японская (<i>Astragalus membranaceus, Lonicera japonica</i>)	0,1% на 1 кг корма	28 дней	Ardó L. et al. 2008 [51]
Зеленый чай (<i>Camellia sinensis</i> L.)	0,5 г/кг корма	12 недель	Abdel-Tawwab M. et al. 2011 [52]
Корица (<i>Cinnamotum zeylanicum</i>)	1% от основного рациона	8 недель	Ahmad M.H. et al. 2011 [53]
Американский женьшень (<i>Panax quinquefolium</i>)	1–5 г/кг рациона	8 недель	Abdel-Tawwab M. 2012 [54]
Омела белая (<i>Viscum album coloratum</i>)	50 мг/кг корма	80 дней	Park K.H., Choi S.H. 2012 [55]
Фисташка (<i>Pistacia vera-derived polysaccharide</i>)	5–10 г/кг корма	60 дней	Mohammadi G. et al. 2020 [56]
Розмарин (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	10 г/кг корма	14 дней	Naiei M.A. et al. 2020 [57]
Эфирное масло тимьяна, красного тимьяна и розмарин	1,2 мг/г корма	20 дней	Estaiano de Rezende R.A. et al. 2021 [58]
Сальвадора персидская (<i>Salvadora persica</i>)	2% от основного рациона	8 недель	Abd El-latif A.M. et al. 2021 [59]

Aeromonas hydrophila на различных представителей аквакультуры [49] (табл. 1).

Основным критерием отбора фитобиотических компонентов корма (фитобиотик, фитохимическое вещество) в качестве кормовых добавок в рационах рыб обусловлено в первую очередь их высоким биологическим потенциалом. Следует отметить, что выбор фитобиотиков обусловлен не только их активностью и выраженным стимулирующим рост действием, но доступностью растительного сырья для производства готовых кормовых добавок, что в конечном итоге позволяет снижать себестоимость готовой продукции.

Выводы/Conclusion

Анализ литературных данных по использованию различных фитобиотических препаратов свидетельствует о перспективности и научной новизне данного направления в области кормления и аквакультуре в целом. Поиск альтернативной замены высокоэффективным антибактериальным препаратам как природного, так и синтетического происхождения для данной отрасли в настоящее время является весьма актуальной проблемой. Это связано с тем, что антибактериальные препараты способны накапливаться в биологических системах, уровень их эффективности постепенно сводится к минимуму, что обусловлено формированием полирезистентных штаммов микроорганизмов, способных передавать генетическую информацию о механизмах резистентности.

Наряду с антибиотиками широкое распространение в животноводческой отрасли и аквакультуре получили кормовые пробиотики, пребиотики и синбиотики, однако следует отметить, что использование в структуре аквакультуры нормоспецифических (представители микробиома) бактериальных штаммов является относительно проблемным направлением, так как типовые представители одного вида рыб могут выступать

в качестве патогена для других, а использование транзиторных штаммов не всегда позволяет получить высокие производственные характеристики.

Представленные научные данные по использованию фитобиотиков свидетельствуют не только о выраженном стимулирующем рост рыб действии, но также и о высоком антиоксидантном и иммуностимулирующем действии. Отдельно стоит отметить высокий уровень эффективности тестируемых растений в отношении патогенных штаммов микроорганизмов *A. hydrophila* (порошок листьев портулака, экстракт плодов кизила, комбинация эфирных масел тимьяна, красного тимьяна и перца розмарина, пищевые наночастицы корицы, комбинация экстрактов кориандра, мальвы обыкновенной и дубового желудя, экстракт пандана кровельного), *A. veronii* (порошок косточек абрикоса), *L. monocytogenes* (экстракт листьев базилика гвоздичного), *S. agalactiae* (экстракт плодов айвы бельгийской). Гипотетически данный механизм можно объяснить не только активацией показателей неспецифического иммунитета, но и влиянием большинства тестируемых в экспериментах растений анти *Quorum Sensing* эффектом. Так, например, имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о высоких ингибирующих характеристиках лемонграсса в отношении биопленкообразования [49–51], что подтверждается экспериментальными исследованиями на модели нильской тилляпии [52], в ходе которых было установлено, что данный фитобиотик не только повышает показатели продуктивности, но и существенно снижает смертность от *A. hydrophila*.

Обобщенный анализ полученных данных свидетельствует о необходимости научных изысканий, направленных на поиск новых альтернативных биологически активных соединений на основе растительного сырья, определения способа их подготовки и дозировок с учетом направленности их действия (стимуляторы роста, противомикробные препараты и т. д.) и вида рыб.

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:

Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2022 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми научными группами» (Соглашение от 27.12.2021 № 22-26-00281).

FUNDING:

The materials were prepared as part of the 2022 competition of the Russian Science Foundation «Conducting fundamental scientific research and exploratory scientific research by small scientific groups» (Agreement of 27.12.2021 No. 22-26-00281).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Zhou L., Mchele Limbu S., Qiao F., Du Z.Y., Zhang M. Influence of Long-Term Feeding Antibiotics on the Gut Health of Zebrafish. *Zebrafish*. 2018; 15(4): 340–348. <https://doi.org/10.1089/zeb.2017.1526>
- Trushenski J.T. et al. Oxytetracycline does not cause growth promotion in finfish. *Journal of Animal Science*. 2018; 96(5): 1667–1677. <https://doi.org/10.1093/jas/sky120>
- Huang L. et al. Occurrence, distribution, and health risk assessment of quinolone antibiotics in water, sediment, and fish species of Qingshan reservoir, South China. *Scientific Reports*. 2020; 10: 15777. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72324-9>
- Dawood M.A.O., Abo-Al-Ela H.G., Hasan M.T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios. *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 97: 268–282. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.054>
- Arsène M.M.J. et al. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics. *Veterinary World*. 2021; 14(2): 319–328. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.319-328>
- Melara E.G., Avellaneda M.C., Valdivié M., García-Hernández Y., Aroche R., Martínez Y. Probiotics: Symbiotic Relationship with the Animal Host. *Animals*. 2022; 12: 719. <https://doi.org/10.3390/ani12060719>

REFERENCES

- Zhou L., Mchele Limbu S., Qiao F., Du Z.Y., Zhang M. Influence of Long-Term Feeding Antibiotics on the Gut Health of Zebrafish. *Zebrafish*. 2018; 15(4): 340–348. <https://doi.org/10.1089/zeb.2017.1526>
- Trushenski J.T. et al. Oxytetracycline does not cause growth promotion in finfish. *Journal of Animal Science*. 2018; 96(5): 1667–1677. <https://doi.org/10.1093/jas/sky120>
- Huang L. et al. Occurrence, distribution, and health risk assessment of quinolone antibiotics in water, sediment, and fish species of Qingshan reservoir, South China. *Scientific Reports*. 2020; 10: 15777. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72324-9>
- Dawood M.A.O., Abo-Al-Ela H.G., Hasan M.T. Modulation of transcriptomic profile in aquatic animals: Probiotics, prebiotics and synbiotics scenarios. *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 97: 268–282. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.12.054>
- Arsène M.M.J. et al. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics. *Veterinary World*. 2021; 14(2): 319–328. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.319-328>
- Melara E.G., Avellaneda M.C., Valdivié M., García-Hernández Y., Aroche R., Martínez Y. Probiotics: Symbiotic Relationship with the Animal Host. *Animals*. 2022; 12: 719. <https://doi.org/10.3390/ani12060719>

7. Banerjee G., Ray A.K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Research in Veterinary Science*. 2017; 115: 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.016>
8. Hai N.V. Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*. 2015; 45(2): 592–597. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.026>
9. Gatesoupe F.J. Updating the importance of lactic acid bacteria in fish farming: natural occurrence and probiotic treatments. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*. 2008; 14(1–3): 107–114. <https://doi.org/10.1159/000106089>
10. Meidong R. *et al.* A novel probiotic *Bacillus siamensis* B44v isolated from Thai pickled vegetables (*Phak-dong*) for potential use as a feed supplement in aquaculture. *The Journal of General and Applied Microbiology*. 2017; 63(4): 246–253. <https://doi.org/10.2323/jgam.2016.12.002>
11. Olmos J., Acosta M., Mendoza G., Pitones V. *Bacillus subtilis*, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Archives of Microbiology*. 2020; 202(3): 427–435. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01757-2>
12. Hai N.V. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 119(4): 917–935. <https://doi.org/10.1111/jam.12886>
13. Rashmeei M., Shekarabi S.P.H., Mehrgan M.S., Paknejad H. Stimulatory effect of dietary chasteberry (*Vitex agnus-castus*) extract on immunity, some immune-related gene expression, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 107(A): 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.09.037>
14. Reverter M., Bontemps N., Lecchini D., Banaigs B., Sasal P. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*. 2014; 433: 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
15. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>
16. Hoseinifar S.H. *et al.* Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 99: 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.02.006>
17. Yousefi M., Farsani M.N., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Doan H.V. The effects of dietary supplementation of mistletoe (*Viscum album*) extract on the growth performance, antioxidant, and innate, immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2021; 536: 736385. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736385>
18. Ebrahimi E., Haghjou M., Nematollahi A., Goudarzi F. Effects of rosemary essential oil on growth performance and hematological parameters of young great sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture*. 2020; 521: 734909. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734909>
19. David L.H., Pinho S.M., Agostinho F., Kimpara J.M., Keesman K.J., Garcia F. Energy synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(2): 1119–1138. <https://doi.org/10.1111/raq.12519>
20. Paray B.A., El-Basuini M.F., Alagawany M., Albeshr M.F., Farah M.A., Dawood M.A.O. *Yucca schidigera* usage for healthy aquatic animals: potential roles for sustainability. *Animals*. 2021; 11(1): 93. <https://doi.org/10.3390/ani11010093>
21. Dawood M.A.O., Koshio S., Esteban M.Á. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2018; 10(4): 950–974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>
22. Limbu S.M., Chen L.Q., Zhang M.L., Du Z.Y. A global analysis on the systemic effects of antibiotics in cultured fish and their potential human health risk: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(2): 1015–1059. <https://doi.org/10.1111/raq.12511>
23. Zhou M., Yu S., Hong B., Li J., Han H., Qie G. Antibiotics control in aquaculture requires more than antibiotic-free feeds: a tilapia farming case. *Environmental Pollution*. 2021; 268(B): 115854. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115854>
24. Gupta N., Rani Kar S., Chakraborty A. A review on medicinal plants and immune status of fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 2021; 25(2): 897–912. <https://doi.org/10.21608/ejafb.2021.170062>
25. Ashry A.M. *et al.* The impact of dietary curcumin on the growth performance, intestinal antibacterial capacity, and haemato-biochemical parameters of Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Animals*. 2021; 11(6): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani11061779>
26. Reverter M., Tapissier-Bontemps N., Sarter S., Sasal P., Caruso D. Moving towards more sustainable aquaculture practices: a meta-analysis on the potential of plant-enriched diets to improve fish growth, immunity and disease resistance. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(1): 537–555. <https://doi.org/10.1111/raq.12485>
27. Falzon C.C., Balabanova A. Phytotherapy: An introduction to herbal medicine. *Primary Care: Clinics in Office Practice*. 2017; 44(2): 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2017.02.001>
28. Raman R.P. Applicability, feasibility and efficacy of phytotherapy in aquatic animal health management. *American Journal of Plant Sciences*. 2017; 8(2): 257–287. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.82019>
29. Vaseeharan B., Thaya R. Medicinal plant derivatives as immunostimulants: An alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. *Aquaculture International*. 2014; 22(3): 1079–1091. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9729-3>
30. Souza C.de.F., Baldissera M.D., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Martos-Sitcha J.A., Mancera J.M. Essential oils as stressreducing agents for fish aquaculture: A review. *Frontiers in Physiology*. 2019; 10: 785. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00785>
7. Banerjee G., Ray A.K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Research in Veterinary Science*. 2017; 115: 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.01.016>
8. Hai N.V. Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*. 2015; 45(2): 592–597. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.026>
9. Gatesoupe F.J. Updating the importance of lactic acid bacteria in fish farming: natural occurrence and probiotic treatments. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*. 2008; 14(1–3): 107–114. <https://doi.org/10.1159/000106089>
10. Meidong R. *et al.* A novel probiotic *Bacillus siamensis* B44v isolated from Thai pickled vegetables (*Phak-dong*) for potential use as a feed supplement in aquaculture. *The Journal of General and Applied Microbiology*. 2017; 63(4): 246–253. <https://doi.org/10.2323/jgam.2016.12.002>
11. Olmos J., Acosta M., Mendoza G., Pitones V. *Bacillus subtilis*, an ideal probiotic bacterium to shrimp and fish aquaculture that increase feed digestibility, prevent microbial diseases, and avoid water pollution. *Archives of Microbiology*. 2020; 202(3): 427–435. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01757-2>
12. Hai N.V. The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology*. 2015; 119(4): 917–935. <https://doi.org/10.1111/jam.12886>
13. Rashmeei M., Shekarabi S.P.H., Mehrgan M.S., Paknejad H. Stimulatory effect of dietary chasteberry (*Vitex agnus-castus*) extract on immunity, some immune-related gene expression, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in goldfish (*Carassius auratus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 107(A): 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.09.037>
14. Reverter M., Bontemps N., Lecchini D., Banaigs B., Sasal P. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture*. 2014; 433: 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
15. Awad E., Awaad A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish & Shellfish Immunology*. 2017; 67: 40–54. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034>
16. Hoseinifar S.H. *et al.* Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2020; 99: 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.02.006>
17. Yousefi M., Farsani M.N., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Doan H.V. The effects of dietary supplementation of mistletoe (*Viscum album*) extract on the growth performance, antioxidant, and innate, immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 2021; 536: 736385. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736385>
18. Ebrahimi E., Haghjou M., Nematollahi A., Goudarzi F. Effects of rosemary essential oil on growth performance and hematological parameters of young great sturgeon (*Huso huso*). *Aquaculture*. 2020; 521: 734909. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734909>
19. David L.H., Pinho S.M., Agostinho F., Kimpara J.M., Keesman K.J., Garcia F. Energy synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(2): 1119–1138. <https://doi.org/10.1111/raq.12519>
20. Paray B.A., El-Basuini M.F., Alagawany M., Albeshr M.F., Farah M.A., Dawood M.A.O. *Yucca schidigera* usage for healthy aquatic animals: potential roles for sustainability. *Animals*. 2021; 11(1): 93. <https://doi.org/10.3390/ani11010093>
21. Dawood M.A.O., Koshio S., Esteban M.Á. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2018; 10(4): 950–974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>
22. Limbu S.M., Chen L.Q., Zhang M.L., Du Z.Y. A global analysis on the systemic effects of antibiotics in cultured fish and their potential human health risk: a review. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(2): 1015–1059. <https://doi.org/10.1111/raq.12511>
23. Zhou M., Yu S., Hong B., Li J., Han H., Qie G. Antibiotics control in aquaculture requires more than antibiotic-free feeds: a tilapia farming case. *Environmental Pollution*. 2021; 268(B): 115854. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115854>
24. Gupta N., Rani Kar S., Chakraborty A. A review on medicinal plants and immune status of fish. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*. 2021; 25(2): 897–912. <https://doi.org/10.21608/ejafb.2021.170062>
25. Ashry A.M. *et al.* The impact of dietary curcumin on the growth performance, intestinal antibacterial capacity, and haemato-biochemical parameters of Gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Animals*. 2021; 11(6): 1779. <https://doi.org/10.3390/ani11061779>
26. Reverter M., Tapissier-Bontemps N., Sarter S., Sasal P., Caruso D. Moving towards more sustainable aquaculture practices: a meta-analysis on the potential of plant-enriched diets to improve fish growth, immunity and disease resistance. *Reviews in Aquaculture*. 2021; 13(1): 537–555. <https://doi.org/10.1111/raq.12485>
27. Falzon C.C., Balabanova A. Phytotherapy: An introduction to herbal medicine. *Primary Care: Clinics in Office Practice*. 2017; 44(2): 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.pop.2017.02.001>
28. Raman R.P. Applicability, feasibility and efficacy of phytotherapy in aquatic animal health management. *American Journal of Plant Sciences*. 2017; 8(2): 257–287. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.82019>
29. Vaseeharan B., Thaya R. Medicinal plant derivatives as immunostimulants: An alternative to chemotherapeutics and antibiotics in aquaculture. *Aquaculture International*. 2014; 22(3): 1079–1091. <https://doi.org/10.1007/s10499-013-9729-3>
30. Souza C.de.F., Baldissera M.D., Baldisserotto B., Heinzmann B.M., Martos-Sitcha J.A., Mancera J.M. Essential oils as stressreducing agents for fish aquaculture: A review. *Frontiers in Physiology*. 2019; 10: 785. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00785>

31. Vercelli C. *et al.* In vitro and in vivo evaluation of a new phytotherapeutic blend to treat acute externa otitis in dogs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2021; 44(6): 910–918. <https://doi.org/10.1111/jvp.13000>
32. Citarasu T. Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*. 2010; 18(3): 403–414. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9253-7>
33. Dawood M.A.O. *et al.* Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review. *Animals*. 2022; 12(7): 823. <https://doi.org/10.3390/ani12070823>
34. Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses. *Foods*. 2022; 11(13): 1861. <https://doi.org/10.3390/foods11131861>
35. Ashry A.M. *et al.* Dietary anise (*Pimpinella anisum* L.) enhances growth performance and serum immunity of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture Reports*. 2022; 23: 101083. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101083>
36. Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Adorian T.J., Ferrigolo F.R.G., Raissy M., Doan H.V. The effects of combined inclusion of *Malvae sylvestris*, *Origanum vulgare*, and *Allium hirtifolium* boiss for common carp (*Cyprinus carpio*) diet: Growth performance, antioxidant defense, and immunological parameters. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021; 119: 670–677. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.10.014>
37. Pezhman S., Shekarabia H., Javarsiania L., Mehrgana M.S., Dawood M.A.O., Adelic M. Growth performance, blood biochemistry profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary Persian shallot (*Allium stipitatum*) powder. *Aquaculture*. 2022; 548(1): 737627. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737627>
38. Shekarabi S.P.H. *et al.* Effect of dietary barberry fruit (*Berberis vulgaris*) extract on immune function, antioxidant capacity, antibacterial activity, and stress-related gene expression of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Aquaculture Reports*. 2022; 23: 101041. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101041>
39. Wangkahart E., Wachiraamonloed S., Lee P.-T., Subramani P.A., Qi Z., Wang B. Impacts of *Aegle marmelos* fruit extract as a medicinal herb on growth performance, antioxidant and immune responses, digestive enzymes, and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 120: 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.015>
40. Ahmadifar E. *et al.* Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit extract improves growth performance, disease resistance, and serum immune-and antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*. 2022; 558: 738372. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738372>
41. Abdel-Razek N., Awad S.M., Abdel-Tawwab M. Effect of dietary purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves powder on growth, immunostimulation, and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2019; 45(6): 1907–1917. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00685-8>
42. Abdel-Tawwab M., Sameer F., El-Nabi A.S.A., Monnier M.N. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary cinnamon nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish & Shellfish Immunology*. 2018; 74: 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.12.033>
43. Abdel-Tawwab M., Adeshina I., Jenyo-Oni A., Ajani E.K., Emikpe B.O. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection. *Fish & Shellfish Immunology*. 2018; 78: 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.057>
44. Mahboub H.H. *et al.* Immune-antioxidant trait, *Aeromonas veronii* resistance, growth, intestinal architecture, and splenic cytokines expression of *Cyprinus carpio* fed *Prunus armeniaca* kernel-enriched diets. *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 124: 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.03.048>
45. Rashmeei M., Shekarabi S.P.H., Mehrgan M.S., Paknejad H. Assessment of dietary chaste tree (*Vitex agnus-castus*) fruit extract on growth performance, hemato-biochemical parameters, and mRNA levels of growth and appetite-related genes in goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture and Fisheries*. 2022; 7(3): 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.01.007>
46. Raissy M., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., El-Haroun E.R., Shahbazi N.S., Doan H.V. The effect of dietary combined herbs extracts (oak acorn, coriander, and common mallow) on growth, digestive enzymes, antioxidant and immune response, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*. 2022; 546: 737287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737287>
47. Rudiansyah M. *et al.* Beneficial alterations in growth performance, blood biochemicals, immune responses, and antioxidant capacity of common carp (*Cyprinus carpio*) fed a blend of *Thymus vulgaris*, *Origanum majorana*, and *Satureja hortensis* extracts. *Aquaculture*. 2022; 555: 738254. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738254>
48. Cheng C., Park S.C., Giri S.S. Effect of *Pandanus tectorius* extract as food additive on oxidative stress, immune status, and disease resistance in *Cyprinus carpio*. *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 120: 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.004>
49. Abdul Kari Z. *et al.* Role of phytobiotics in relieving the impacts of *Aeromonas hydrophila* infection on aquatic animals: A mini-review. *Front Vet Sci*. 2022; 9: 1023784. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1023784>
50. Pachanawan A., Phumkhachorn P., Rattanachaiakunsopon P. Potential of *Psidium guajava* supplemented fish diets in controlling *Aeromonas hydrophila* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Biosci Bioeng*. 2008; 106(5): 419–424. <https://doi.org/10.1263/jbb.106.419>
51. Vercelli C. *et al.* In vitro and in vivo evaluation of a new phytotherapeutic blend to treat acute externa otitis in dogs. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*. 2021; 44(6): 910–918. <https://doi.org/10.1111/jvp.13000>
52. Citarasu T. Herbal biomedicines: A new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*. 2010; 18(3): 403–414. <https://doi.org/10.1007/s10499-009-9253-7>
53. Dawood M.A.O. *et al.* Exploring the Roles of Dietary Herbal Essential Oils in Aquaculture: A Review. *Animals*. 2022; 12(7): 823. <https://doi.org/10.3390/ani12070823>
54. Bertocci F., Mannino G. Can Agri-Food Waste Be a Sustainable Alternative in Aquaculture? A Bibliometric and Meta-Analytic Study on Growth Performance, Innate Immune System, and Antioxidant Defenses. *Foods*. 2022; 11(13): 1861. <https://doi.org/10.3390/foods11131861>
55. Ashry A.M. *et al.* Dietary anise (*Pimpinella anisum* L.) enhances growth performance and serum immunity of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture Reports*. 2022; 23: 101083. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101083>
56. Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Adorian T.J., Ferrigolo F.R.G., Raissy M., Doan H.V. The effects of combined inclusion of *Malvae sylvestris*, *Origanum vulgare*, and *Allium hirtifolium* boiss for common carp (*Cyprinus carpio*) diet: Growth performance, antioxidant defense, and immunological parameters. *Fish & Shellfish Immunology*. 2021; 119: 670–677. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.10.014>
57. Pezhman S., Shekarabia H., Javarsiania L., Mehrgana M.S., Dawood M.A.O., Adelic M. Growth performance, blood biochemistry profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary Persian shallot (*Allium stipitatum*) powder. *Aquaculture*. 2022; 548(1): 737627. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737627>
58. Shekarabi S.P.H. *et al.* Effect of dietary barberry fruit (*Berberis vulgaris*) extract on immune function, antioxidant capacity, antibacterial activity, and stress-related gene expression of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Aquaculture Reports*. 2022; 23: 101041. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101041>
59. Wangkahart E., Wachiraamonloed S., Lee P.T., Subramani P.A., Qi Z., Wang B. Impacts of *Aegle marmelos* fruit extract as a medicinal herb on growth performance, antioxidant and immune responses, digestive enzymes, and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 120: 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.015>
60. Ahmadifar E. *et al.* Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruit extract improves growth performance, disease resistance, and serum immune-and antioxidant-related gene expression of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*. 2022; 558: 738372. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738372>
61. Abdel-Razek N., Awad S.M., Abdel-Tawwab M. Effect of dietary purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves powder on growth, immunostimulation, and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish Physiology and Biochemistry*. 2019; 45(6): 1907–1917. <https://doi.org/10.1007/s10695-019-00685-8>
62. Abdel-Tawwab M., Sameer F., El-Nabi A.S.A., Monnier M.N. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary cinnamon nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish & Shellfish Immunology*. 2018; 74: 19–25. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.12.033>
63. Abdel-Tawwab M., Adeshina I., Jenyo-Oni A., Ajani E.K., Emikpe B.O. Growth, physiological, antioxidants, and immune response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.), to dietary clove basil, *Ocimum gratissimum*, leaf extract and its susceptibility to *Listeria monocytogenes* infection. *Fish & Shellfish Immunology*. 2018; 78: 346–354. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.057>
64. Mahboub H.H. *et al.* Immune-antioxidant trait, *Aeromonas veronii* resistance, growth, intestinal architecture, and splenic cytokines expression of *Cyprinus carpio* fed *Prunus armeniaca* kernel-enriched diets. *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 124: 182–191. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.03.048>
65. Rashmeei M., Shekarabi S.P.H., Mehrgan M.S., Paknejad H. Assessment of dietary chaste tree (*Vitex agnus-castus*) fruit extract on growth performance, hemato-biochemical parameters, and mRNA levels of growth and appetite-related genes in goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture and Fisheries*. 2022; 7(3): 296–303. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.01.007>
66. Raissy M., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., El-Haroun E.R., Shahbazi N.S., Doan H.V. The effect of dietary combined herbs extracts (oak acorn, coriander, and common mallow) on growth, digestive enzymes, antioxidant and immune response, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*. 2022; 546: 737287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737287>
67. Rudiansyah M. *et al.* Beneficial alterations in growth performance, blood biochemicals, immune responses, and antioxidant capacity of common carp (*Cyprinus carpio*) fed a blend of *Thymus vulgaris*, *Origanum majorana*, and *Satureja hortensis* extracts. *Aquaculture*. 2022; 555: 738254. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738254>
68. Cheng C., Park S.C., Giri S.S. Effect of *Pandanus tectorius* extract as food additive on oxidative stress, immune status, and disease resistance in *Cyprinus carpio*. *Fish & Shellfish Immunology*. 2022; 120: 287–294. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.004>
69. Abdul Kari Z. *et al.* Role of phytobiotics in relieving the impacts of *Aeromonas hydrophila* infection on aquatic animals: A mini-review. *Front Vet Sci*. 2022; 9: 1023784. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.1023784>
70. Pachanawan A., Phumkhachorn P., Rattanachaiakunsopon P. Potential of *Psidium guajava* supplemented fish diets in controlling *Aeromonas hydrophila* infection in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Biosci Bioeng*. 2008; 106(5): 419–424. <https://doi.org/10.1263/jbb.106.419>

51. Ardó L., Yin G., Xu P., Váradi L., Szigeti G., Jeney Z. *et al.* Chinese herbs (*Astragalus membranaceus* and *Lonicera japonica*) and boron enhance the non-specific immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 2008; 275: 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.12.022>
52. Abdel-Tawwab M. *et al.* Use of green tea, *Camellia sinensis* L., in practical diet for growth and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), against *Aeromonas hydrophila* infection. *Journal of the World Aquaculture Society* 2010; 41: 203–213. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00360.x>
53. Ahmad M.H., El Mesallamy A.M., Samir F., Zahran F. Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) on growth performance, feed utilization, whole-body composition, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia. *J. Appl Aquacult*. 2011; 23: 289–298. <https://doi.org/10.1080/10454438.2011.626350>
54. Abdel-Tawwab M. The use of American ginseng (*Panax quinquefolium*) in practical diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance and challenge with *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Applied Aquaculture*. 2012; 24(4): 366–376. <https://doi.org/10.1080/10454438.2012.733593>
55. Park K.H., Choi S.H. The effect of mistletoe, *Viscum album coloratum*, extract on innate immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol*. 2012; 32(6): 1016–1021. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.02.023>
56. Mohammadi G., Rafiee G., El Basuini M.F., Abdel-Latif H.M.R., Dawood M.A.O. The growth performance, antioxidant capacity, immunological responses, and the resistance against *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed Pistacia vera hulls derived polysaccharide. *Fish Shellfish Immunol*. 2020; 106: 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.064>
57. Naiel M.A., Ismael N.E., Negm S.S., Ayyat M.S., Al-Sagheer A.A. Rosemary leaf powder-supplemented diet enhances performance, antioxidant properties, immune status, and resistance against bacterial diseases in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2020; 526: 735370. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735370>
58. Estaiano de Rezende R.A. *et al.* Phytobiotics blend as a dietary supplement for Nile tilapia health improvement. *Fish Shellfish Immunol*. 2021; 114: 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.05.010>
59. Abd El-Latif A.M., Abd El-Gawad E.A., Soror E.I., Shourbela R.M., Zahran E. Dietary supplementation with miswak (*Salvadora persica*) improves the health status of Nile tilapia and protects against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquacult Rep*. 2021; 19: 100594. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100594>
60. da Silva Gündel S. *et al.* Nanoemulsions containing *Cymbopogon flexuosus* essential oil: Development, characterization, stability study and evaluation of antimicrobial and antibiofilm activities *Microbial Pathogenesis*. 2018; 118: 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.03.043>
61. Gao S. *et al.* Antimicrobial Activity of Lemongrass Essential Oil (*Cymbopogon flexuosus*) and Its Active Component Citral Against Dual-Species Biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* Species. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2020; 10: 603858. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.603858>
62. Rossi G.G. *et al.* Antibiofilm activity of nanoemulsions of *Cymbopogon flexuosus* against rapidly growing mycobacteria. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 113: 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.002>
63. De Souza E.Â.M. *et al.* *Cymbopogon flexuosus* essential oil as an additive improves growth, biochemical and physiological responses and survival against *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 2020; 92(1): e20190140. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190140>
51. Ardó L., Yin G., Xu P., Váradi L., Szigeti G., Jeney Z. *et al.* Chinese herbs (*Astragalus membranaceus* and *Lonicera japonica*) and boron enhance the non-specific immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and resistance against *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 2008; 275: 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.12.022>
52. Abdel-Tawwab M. *et al.* Use of green tea, *Camellia sinensis* L., in practical diet for growth and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), against *Aeromonas hydrophila* infection. *Journal of the World Aquaculture Society* 2010; 41: 203–213. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2010.00360.x>
53. Ahmad M.H., El Mesallamy A.M., Samir F., Zahran F. Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) on growth performance, feed utilization, whole-body composition, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia. *J. Appl Aquacult*. 2011; 23: 289–298. <https://doi.org/10.1080/10454438.2011.626350>
54. Abdel-Tawwab M. The use of American ginseng (*Panax quinquefolium*) in practical diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance and challenge with *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Applied Aquaculture*. 2012; 24(4): 366–376. <https://doi.org/10.1080/10454438.2012.733593>
55. Park K.H., Choi S.H. The effect of mistletoe, *Viscum album coloratum*, extract on innate immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol*. 2012; 32(6): 1016–1021. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.02.023>
56. Mohammadi G., Rafiee G., El Basuini M.F., Abdel-Latif H.M.R., Dawood M.A.O. The growth performance, antioxidant capacity, immunological responses, and the resistance against *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed Pistacia vera hulls derived polysaccharide. *Fish Shellfish Immunol*. 2020; 106: 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.064>
57. Naiel M.A., Ismael N.E., Negm S.S., Ayyat M.S., Al-Sagheer A.A. Rosemary leaf powder-supplemented diet enhances performance, antioxidant properties, immune status, and resistance against bacterial diseases in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2020; 526: 735370. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735370>
58. Estaiano de Rezende R.A. *et al.* Phytobiotics blend as a dietary supplement for Nile tilapia health improvement. *Fish Shellfish Immunol*. 2021; 114: 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.05.010>
59. Abd El-Latif A.M., Abd El-Gawad E.A., Soror E.I., Shourbela R.M., Zahran E. Dietary supplementation with miswak (*Salvadora persica*) improves the health status of Nile tilapia and protects against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquacult Rep*. 2021; 19: 100594. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100594>
60. da Silva Gündel S. *et al.* Nanoemulsions containing *Cymbopogon flexuosus* essential oil: Development, characterization, stability study and evaluation of antimicrobial and antibiofilm activities *Microbial Pathogenesis*. 2018; 118: 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.03.043>
61. Gao S. *et al.* Antimicrobial Activity of Lemongrass Essential Oil (*Cymbopogon flexuosus*) and Its Active Component Citral Against Dual-Species Biofilms of *Staphylococcus aureus* and *Candida* Species. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2020; 10: 603858. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.603858>
62. Rossi G.G. *et al.* Antibiofilm activity of nanoemulsions of *Cymbopogon flexuosus* against rapidly growing mycobacteria. *Microbial Pathogenesis*. 2017; 113: 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.11.002>
63. De Souza E.Â.M. *et al.* *Cymbopogon flexuosus* essential oil as an additive improves growth, biochemical and physiological responses and survival against *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 2020; 92(1): e20190140. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190140>

ОБ АВТОРАХ:**Елена Петровна Мирошникова,**

доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, корп. 20, Оренбург, 460018, Россия
elenaakva@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3804-5151>

Азамат Ерсайнович Аринжанов,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, корп. 20, Оренбург, 460018, Россия
arin.azamat@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6534-7118>

Юлия Владимировна Кильякова,

кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии животного сырья и аквакультуры, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, корп. 20, Оренбург, 460018, Россия
fish-ka06@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2385-264X>

Алексей Николаевич Сизентцов,

кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии и микробиологии, Оренбургский государственный университет, пр-т Победы, 13, корп. 20, Оренбург, 460018, Россия
kwan111@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1099-3117>

ABOUT THE AUTHORS:**Elena Petrovna Miroshnikova,**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., 20 building, Orenburg, 460018, Russia
elenaakva@rambler.ru
ORCID:0000-0003-3804-5151

Azamat Ersainovich Arinzhonov,

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., 20 building, Orenburg, 460018, Russia
arin.azamat@mail.ru
ORCID:0000-0001-6534-7118

Yulia Vladimirovna Kilyakova,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology of Animal Raw Materials and Aquaculture, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., 20 building, Orenburg, 460018, Russia
fish-ka06@mail.ru
ORCID:0000-0002-2385-264X

Alexey Nikolaevich Sizentsov,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biochemistry and Microbiology, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., 20 building, Orenburg, 460018, Russia
kwan111@yandex.ru
ORCID:0000-0003-1099-3117

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:
15.03.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

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. Gorbатов 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:
15.03.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Влияние кормовой добавки на гематологические и продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Развитие скотоводства и получение качественной говядины в России в настоящее время является одной из важных задач. В работе представлены результаты исследований по влиянию кормовой добавки на основе молозивного масла, белкового гидролизата и витаминов на морфологические и биохимические показатели крови молодняка.

Методы. В рацион животных опытной группы включали кормовую добавку, в состав которой входят молозивное масло, белковый гидролизат и витамины. Кормовую добавку вводили в суточный рацион в дозе 100 г на голову в сутки. Установлено, что введение в рацион молодняка кормовой добавки оказывает положительное влияние на показатели морфологического и биохимического состава крови, способствует повышению продуктивности молодняка крупного рогатого скота.

Результаты. Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки является эффективным приемом снижения потерь продуктивности при выращивании и способствует повышению продуктивных качеств сельскохозяйственных животных.

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

Для цитирования: Фаткуллин Р.Р., Белооков А.А., Ермолова Е.М., Ребезов М.Б., Максимова Р.А. Влияние кормовой добавки на гематологические и продуктивные качества молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 48–52. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-48-52>

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

The effect of feed additives on the hematological and productive qualities of young cattle

ABSTRACT

Relevance. The development of cattle breeding and the production of high-quality beef in Russia is currently one of the important tasks. This paper presents the results of studies on the effect of a feed additive based on colostrum oil, protein hydrolysate and vitamins on the morphological and biochemical parameters of the blood of young animals.

Methods. The diet of animals of the experimental group included a feed additive, which includes colostrum oil, protein hydrolysate and vitamins. The feed additive was introduced into the daily diet at a dose of 100 g per head per day. It has been established that the introduction of a feed additive into the diet of young animals has a positive effect on the morphological and biochemical composition of blood, contributes to increasing the productivity of young cattle.

Results. The results of scientific and economic experience have shown that the use of feed additives in the feeding of young cattle is an effective method of reducing productivity losses during cultivation and contributes to improving the productive qualities of farm animals.

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

For citation: Fatkullin R.R., Belookov A.A., Ermolova E.M., Rebezov M.B., Maksimova R.A. The effect of feed additives on the hematological and productive qualities of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 48–52 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-48-52>

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

Введение/Introduction

Продуктивность сельхозпредприятий в основном зависит от показателей сохранности и продуктивности животных [1–3]. Большое значение для роста эффективности имеет такой фактор, как организация кормления полноценными рационами, чтобы обеспечить скот всеми необходимыми питательными элементами, а также витаминами и минеральными веществами [4–6], поэтому рационы должны разрабатываться на основе детализированных норм с учетом фактического химического состава и питательности местных кормов [7–9].

В связи с крайне низким уровнем применения минеральных удобрений в последнее десятилетие минеральный состав кормов значительно ухудшился, что затруднило создание баланса в рационах без использования комплексных добавок. Одним из способов улучшения условий применения кормов может быть добавление в рационы различных биологически активных веществ, позволяющих получить полную отдачу энергии рационами.

В связи с этим изучение взаимосвязи между гематологическими показателями и продуктивностью животных на фоне применения в составе рациона молодняка крупного рогатого скота биологически активной кормовой добавки на основе молозивного масла, белкового гидролизата и витаминов представляет определенный научный и практический интерес.

Среди факторов среды кормления — важнейший в формировании новых признаков и свойств. Уровень кормления воздействует прежде всего на пищеварительную систему, затем характер кормления влияет на органы, связанные с утилизацией питательных веществ, а в конечном итоге — на организм в целом [10–12].

Материал и методы исследования /

Material and methods

Научно-хозяйственный опыт был проведен с сентября 2022 года по февраль 2023-го на базе ООО СХП Уштаганское (Челябинская обл., Россия).

Для проведения опыта были отобраны и сформированы две группы молодняка крупного рогатого скота (по 10 голов в каждой). Формирование групп проводили методом пар-аналогов с учетом происхождения, возраста и массы при рождении.

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

Контрольная группа получала основной рацион, опытная группа — основной рацион и кормовую добавку собственного производства в дозе 100 г на голову в сутки с двух- до шестимесячного возраста (табл. 1).

При составлении рациона молодняка второй (опытной) группы учитывалась энергетическая ценность используемой кормовой добавки.

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

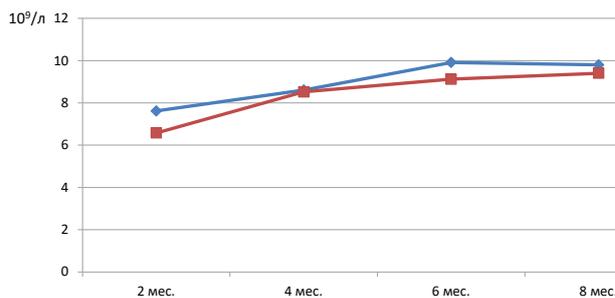
Table 1. Scheme of scientific and economic experience

Группа	Особенности кормления по периодам
1-я (контрольная)	Основной рацион (ОР)
2-я (опытная)	ОР + кормовая добавка 100 г/сут

¹ Плохинский Н.А. Биометрия. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ. 1970; 367.

Рис. 1. Содержание лейкоцитов в крови молодняка, 10⁹/л

Fig. 1. The content of leukocytes in the blood of young animals, 10⁹/л



Кормовая добавка разработана на кафедре кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственных продуктов ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (Троицк, Россия), рассмотрена на заседании научно-технического совета университета и рекомендована к использованию в кормлении сельскохозяйственных животных. В состав кормовой добавки входят молозивное масло, белковый гидролизат и витамин С в процентном соотношении 50:40:10. Количественное содержание составных компонентов кормовой добавки не разглашается, так как оформляется ноу-хау.

Во время проведения опыта были проведены исследования морфологических и биохимических показателей крови молодняка крупного рогатого скота. Исследования крови проводили в межфакультетской учебной лаборатории ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет» (г. Троицк, Россия), морфологический состав крови — на гематологическом анализаторе, биохимический анализ крови — на цифровом биохимическом анализаторе марки StatFax.

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики (Н.А. Плохинский, 1970¹) на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office и определением критерия достоверности по Стьюденту при трех уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

Результаты исследований морфологических показателей крови молодняка представлены на рисунках 1, 2.

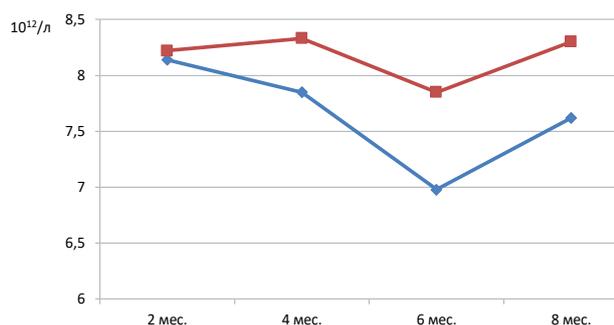
Как видно из данных (рис. 1), в динамике лейкоцитов крови молодняка контрольной и опытной групп прослеживается четко выраженная тенденция к увеличению их числа в возрастной период с двух до восьми месяцев, при этом в контрольной группе увеличение уровня лейкоцитов произошло с 7,62 до 9,80 × 10⁹/л, а в опытной — с 6,58 до 9,4 × 10⁹/л. Нужно отметить, что во все возрастные периоды уровень лейкоцитов в крови животных опытной группы был ниже, чем в контрольной. Так, в возрасте двух месяцев разница между группами составила 9,4% (*p* < 0,01), а в восемь месяцев — 4,1%. Это можно объяснить разной интенсивностью роста контрольных и опытных животных. Увеличение числа лейкоцитов, как правило, наблюдается у слаборастущих животных.

На рисунке 2 представлена динамика эритроцитов крови за период научно-хозяйственного опыта.

Как видно из данных, содержание эритроцитов в крови молодняка контрольной группы снизилось к концу

Рис. 2. Содержание эритроцитов в крови молодняка, $10^{12}/л$

Fig. 2. The content of red blood cells in the blood of young animals, $10^{12}/л$



научно-хозяйственного опыта. Так, содержание эритроцитов в возрасте двух месяцев составило $8,14 \times 10^{12} г/л$, а в восемь месяцев — $7,62 \times 10^{12} г/л$, разница — 6,4%.

Во 2-й группе животных, напротив, произошло увеличение уровня эритроцитов крови. В двухмесячном возрасте содержание эритроцитов составило $8,22 \times 10^{12} г/л$, а в восьмимесячном — $8,30 \times 10^{12} г/л$, разница — 1,0%, что связано с биологическими закономерностями.

Если в четырехмесячном возрасте превосходство молодняка опытной группы над своими сверстниками из контрольной группы составило 6,1% ($p < 0,05$), то к шестимесячному возрасту это превышение с высокой степенью достоверности составляло уже 12,5% ($p < 0,01$). К восьмимесячному возрасту, когда молодняк 2-й группы обладал более высокой живой массой, их кровь в большей степени была насыщена эритроцитами, разница в их пользу по этому показателю составила 8,9% ($p < 0,05$).

Данный факт подтверждает вышеизложенное предположение об активации окислительно-восстановительных процессов в организме животных, получавших кормовую добавку. Считаем это положительным моментом, так как основной функцией эритроцитов является перенос дыхательных газов в организме животного.

Белковый обмен является основным звеном среди всех биохимических процессов, лежащих в основе жизни. Особенно важен уровень общего белка и белковых фракций в крови. Входящие в состав белков сыворотки крови альбумины служат основным пластическим материалом образования тканей. Альбумины представляют основные белки, связывающие в сыворотке крови свободные жирные кислоты, глобулины же способствуют образованию в крови антител и переносят ряд питательных веществ (табл. 2). Как видно из данных, в ходе научно-хозяйственного опыта была выявлена положительная связь между общим белком сыворотки крови и живой массой животных. Наиболее высокие коэффициенты корреляции получены у молодняка всех групп в четырехмесячном возрасте. Так, в 1-й группе коэффициент составил 0,87, во 2-й — 0,89. Корреляционное отношение (содержание альбуминов в сыворотке крови и живой массы) — от 0,37 до 0,68. Самый низкий коэффициент был отмечен в шестимесячном возрасте — соответственно, 0,34 и 0,38. При этом можно отметить, что во все возрастные периоды коэффициент корреляции между общим белком и живой массой выше был во 2-й (опытной) группе.

Коэффициент корреляции между альбуминами сыворотки крови и живой массой молодняка с двух- до четырехмесячного возраста вырос: в 1-й группе — с 0,37 до 0,49, во 2-й — с 0,55 до 0,60. В шестимесячном возрасте данный показатель незначительно снизился, а к восьми месяцам вновь вырос: в 1-й группе — до 0,53, во 2-й — до 0,68. Однако следует отметить, что во 2-й (опытной) группе, где животные получали кормовую добавку, значение этого показателя было значительно выше, чем в контроле. Так, белковый индекс у животных этой группы составляет 0,55 на начало опыта, к четырехмесячному возрасту он достиг 0,6, к восьмимесячному — до 0,680 и оставался практически на этом уровне до конца периода наблюдений.

Выявлены различия между контрольной и опытной группами в коэффициенте корреляции α -глобулиновых белков сыворотки крови и живой массой животных. Так, повышение концентрации α -глобулиновой фракции, содержащей в своем составе значительное количество глико- и мукопротеидов к восьмимесячному возрасту, более интенсивно происходило у животных 2-й группы (с 0,56 до 0,75), чем у животных 1-й группы (0,51–0,70). Аналогичная картина была отмечена в изменении коэффициентов корреляции β - и γ -глобулинов сыворотки крови и живой массы молодняка крупного рогатого скота подопытных групп.

Главными источниками энергии в организме животных служат липиды, окисление которых ведет к использованию освобожденной энергии. К числу их метаболитов, выступающих как энергетический материал для организма животных, относят (наряду с другими питательными веществами) жирные кислоты. Фосфолипиды и холестерол входят в группу структурных липидов, вместе с белками принимают участие в построении клеточных структур (табл. 3).

Данные (табл. 3) свидетельствуют, что самое низкое содержание общих липидов в изучаемые сроки было у животных подопытных групп в двухмесячном возрасте. В этот период прослеживается четкая тенденция к проявлению различий в содержании общих липидов между подопытными группами. Так, их содержание в сыворотке крови молодняка 2-й группы на фоне кормовой добавки оказалось выше на 23,5% по сравнению с контролем и согласуется с характером изменения глюкозы у этих животных в аналогичный период.

Содержание общих липидов в четырехмесячном возрасте во 2-й группе увеличилось на 7,3%, а в контрольной — на 11,6%, то есть существенные различия

Таблица 2. Взаимосвязь биохимических показателей крови с характером роста бычков ($X \pm Sx$, $n = 5$)

Table 2. The relationship of blood biochemical parameters with the growth pattern of bulls ($X \pm Sx$, $n = 5$)

Группа	Общий белок — живая масса	Альбумины — живая масса	α -глобулины — живая масса	β -глобулины — живая масса	γ -глобулины — живая масса
2 месяца					
1	0,51 ± 0,01	0,37 ± 0,002	0,51 ± 0,007	0,38 ± 0,002	0,58 ± 0,006
2	0,56 ± 0,003	0,55 ± 0,007	0,56 ± 0,002	0,41 ± 0,008	0,69 ± 0,003
4 месяца					
1	0,87 ± 0,009	0,49 ± 0,007	0,49 ± 0,005	0,45 ± 0,004	0,64 ± 0,009
2	0,89 ± 0,010	0,60 ± 0,003	0,64 ± 0,004	0,56 ± 0,009	0,72 ± 0,001
6 месяцев					
1	0,34 ± 0,004	0,41 ± 0,007	0,45 ± 0,001	0,61 ± 0,057	0,61 ± 0,009
2	0,38 ± 0,003	0,56 ± 0,002	0,59 ± 0,007	0,54 ± 0,051	0,48 ± 0,003
8 месяцев					
1	0,45 ± 0,009	0,53 ± 0,010	0,70 ± 0,008	0,69 ± 0,006	0,75 ± 0,009
2	0,49 ± 0,008	0,68 ± 0,002	0,75 ± 0,011	0,70 ± 0,008	0,82 ± 0,013

Таблица 3. Показатели липидного обмена в крови бычков
($X \pm Sx, n = 5$)
Table 3. Indicators of lipid metabolism in the blood of bulls,
($X \pm Sx, n = 5$)

Группа	Общие липиды, г/л	Фосфолипиды, г/л	Липидный индекс	Холестерол, г/л	Липопротеиды, г/л
2 месяца					
1	3,52 ± 0,012	1,41 ± 0,006	0,40	1,08 ± 0,004	88,25 ± 0,96
2	4,25 ± 0,010	1,57 ± 0,006	0,37	1,12 ± 0,001	105,12 ± 0,88
4 месяца					
1	3,92 ± 0,012	1,51 ± 0,005	0,48	1,15 ± 0,001	105,35 ± 0,92
2	4,56 ± 0,012	1,59 ± 0,002	0,45	1,18 ± 0,003	108,21 ± 1,28
6 месяцев					
1	4,10 ± 0,025	1,52 ± 0,008	0,47	1,16 ± 0,002	82,26 ± 0,84
2	4,81 ± 0,013	1,61 ± 0,006	0,44	1,19 ± 0,002	108,00 ± 0,91
8 месяцев					
1	4,22 ± 0,001	1,60 ± 0,013	0,49	1,18 ± 0,004	107,00 ± 1,05
2	4,30 ± 0,006	1,75 ± 0,001	0,42	1,21 ± 0,009	111,13 ± 1,13

в действии применяемого препарата не установлены. Концентрация общих липидов в крови животных контрольной группы к восьмимесячному возрасту составила 4,22 г/л против 4,30 г/л в опытной группе.

Уменьшение концентрации холестерина отмечается при нарушении функции печени. В наших исследованиях содержание, составляющих фосфорсодержащей фракции, общих липидов (фосфолипидов) в крови животных опытной группы было выше показателей контроля в возрасте восьми месяцев на 9,4%.

Характер изменения концентраций общих липидов и фосфолипидов в четырехмесячном возрасте молодняка может указывать на более полноценный липидный обмен в организме животных, получавших кормовую добавку. Это подтверждается значениями липидного индекса, который был ниже у молодняка опытной группы во все возрастные периоды, чем в контроле. Более низкие значения этого коэффициента у животных опытных групп свидетельствуют об интенсивной

утилизации фосфолипидов с целью энергетического обеспечения повышенных анаболических процессов в белковом обмене в период интенсивного роста.

Концентрация холестерина существенных изменений в возрастном аспекте не претерпела и находилась к концу периода исследований в пределах физиологической нормы: 1,18 г/л (1-я группа) и 1,21 г/л (2-я группа).

Выводы/Conclusion

Результаты научно-хозяйственного опыта показали, что использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота с двух- до шестимесячного возраста кормовой добавки на основе молозивного масла, белкового гидролизата и витаминов в дозе 100 г на голову в сутки оказало влияние на гематологические показатели животных. Установлено, что использование в кормлении животных кормовой добавки способствовало активации окислительно-восстановительных процессов в организме. Так, отмечено увеличение уровня эритроцитов в крови молодняка опытной группы в возрасте: четырех месяцев — на 6,1%, шести месяцев — на 12,5%, восьми месяцев — на 8,9% (в сравнении с контрольной группой).

Выявлена положительная корреляционная связь между содержанием общего белка в сыворотке крови и живой массой животных, причем наибольшие коэффициенты корреляции были у молодняка опытной группы.

Отмечено увеличение уровня общих липидов в сыворотке крови животных опытной группы: в двухмесячном возрасте — на 23,5%, шестимесячном — на 14,8% (в сравнении с аналогами из контрольной группы).

Следовательно, использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки способствовало активизации обмена веществ в организме животных опытной группы.

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

- 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. 2022; 322–328. <https://www.elibrary.ru/uwmtik>
- 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://www.elibrary.ru/zkrcox>
- Косилов В.И., Курокhtина 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://www.elibrary.ru/dmuoyt>
- Хабибуллин И.М., Миронова И.В., Хабибуллин 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>
- Косилов В.И., Рахимжанова И.А., Миронова И.В. Экстерьерные особенности чистопородных и помесных бычков. *Состояние и пути развития производства и переработки продукции животноводства, охотничьего и рыбного хозяйства. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова.* Улан-Удэ. 2022; 173–178. <https://www.elibrary.ru/btahkz>

REFERENCES

- 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. Proceedings of the Republican scientific and 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. 2022; 322–328 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uwmtik>
- Irgashev T.A., Kosilov V.I., Akhmedov D.M., Gadzhiev R.R. Meat productivity of bulls of different genotypes in Tajikistan. *Agrarian Newsletter of Primoriye.* 2022; (3): 27–32 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zkrcox>
- Kosilov V.I., Kurokhtina D.A. Slaughter indicators of bulls of the Kazakh white-headed breed when fed with a balanced carbohydrate feed complex Felucen. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2022; (4): 94–102 (In Russian) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-4-94-102>
- Khabibullin I.M., Mironova I.V., Khabibullin R.M., Yuldashbayev Yu.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>
- Kosilov V.I., Rakhimzhanova I.A., Mironova I.V. Exterior features of purebred and crossbred bulls. *Status and ways of development of production and processing of livestock products, hunting and fisheries. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Faculty of Technology of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov.* Ulan-Ude. 2022; 173–178 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/btahkz>

6. 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. 2021; 61–67. <https://www.elibrary.ru/aumdwq>

7. Лашкова Т.Б., Петрова Г.В. Использование гепатопротектора растительного происхождения в рационах молодняка крупного рогатого скота. *Владимирский земледелец*. 2017; (1): 39–41. <https://www.elibrary.ru/ykgsz>

8. 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://www.elibrary.ru/ryxwpp>

9. Арапова А.В., Фаткуллин Р.Р., Ермолова Е.М. Взаимосвязь морфологических и биохимических показателей крови с характером роста животных на фоне применения кормовой добавки. *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2018; (16): 102–107. <https://www.elibrary.ru/ytukbn>

10. 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>

11. Тищенко П.И. Влияние кормовой добавки с низкой степенью расщепляемости протеина на показатели азотистого обмена в организме бычков на откорме. *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2022; (1): 63–71. <https://doi.org/10.33920/sel-05-2201-06>

12. Белооков А.А., Белоокова 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://www.elibrary.ru/xrsjgx>

6. 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-practical conference*. Vitebsk. 2021; 61–67 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/aumdwq>

7. Lashkova T.B., Petrov G.V. The use of hepatosis protector of vegetable origin in cattle young animals diet. *Vladimir agricolist*. 2017. (1): 39–41 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ykgsz>

8. Shan'shin N.V., Evseeva T.P., Lunitsyn V.G. Influence of the fodder additive Pantofit on productivity and blood parameters at cattle youngsters. *Zootekhnika*. 2014; (2): 7, 8 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ryxwpp>

9. Arapova A.V., Fatkullin R.R., Ermolova E.M. Interrelation of morphological and biochemical indicators of blood with the nature of growth of animals against the background of application of feed additive. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2018; (16): 102–107 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ytukbn>

10. Betin A.N. Feed additive for increase the productivity of calves. *Dairy Industry*. 2022; (9): 60, 61 (In Russian). <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2022-09-60-61>

11. Tishenkov P.I. Influence of feed additive with low degree of protein degradability on indicators of nitrogen metabolism in steers body during fattening. *Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*. 2022; (1): 63–71 (In Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-05-2201-06>

12. Belookov A.A., Belookova O.V., Loretz O.G., Gorelik O.V. Growth intensity and meat yield of young plants on the background of application of microbiological preparations. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2018; (5): 10–15 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xrsjgx>

ОБ АВТОРАХ:

Ринат Рахимович Фаткуллин,
доктор биологических наук, профессор,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия
dr.fatkullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4537-1721>

Алексей Анатольевич Белооков,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Евгения Михайловна Ермолова,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия
zhe1748@mail.ru

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

Раушан Асылбековна Максимова,
ассистент,
Южно-Уральский государственный аграрный университет,
ул. им. Ю.А. Гагарина, 13, Троицк, 457103, Россия
rauschan-1984@mail.ru

ABOUT THE AUTHORS:

Rinat Rakhimovich Fatkullin,
Doctor of Biological Sciences, Professor,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia
dr.fatkullin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4537-1721>

Alexey Anatolyevich Belookov,
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia
belookov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1083-5832>

Evgenia Mikhailovna Ermolova,
Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia
zhe1748@mail.ru

Maksim Borisovich Rebezov,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor:
• V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the
Russian Academy of Sciences,
26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia
• Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia
rebezov@ya.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Raushan Asylbekovna Maksimova,
Assistant,
South Ural State Agrarian University,
13 Gagarin Str., Troitsk, 457103, Russia
rauschan-1984@mail.ru

УДК 637.344

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-53-57

О.В. Горелик¹, ✉
 А.С. Горелик²,
 Н.А. Федосеева³,
 М.В. Темербаева⁴

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург, Россия

³ Российский государственный аграрный заочный университет, Балашиха, Москва, Россия

⁴ Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

✉ olgao205en@yandex.ru

Поступила в редакцию:
15.03.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-53-57

Olga V. Gorelik¹, ✉
 Artem S. Gorelik²,
 Natalya A. Fedoseeva³,
 Marina V. Temerbaeva⁴

¹ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

² Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Yekaterinburg, Russia

³ Russian State Agrarian Correspondence University, Balashikha, Moscow, Russia

⁴ Innovative University of Eurasia, Pavlodar, Kazakhstan

✉ olgao205en@yandex.ru

Received by the editorial office:
15.03.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Физико-химические показатели и технологические свойства молока коров в зависимости от линейного происхождения

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Молоко является не только одним из самых потребляемых источников питания для граждан России, но и ценным сырьем для производства продуктов питания. На его состав оказывают влияние многие факторы, в том числе и происхождение. Для его получения используется молочный скот, в том числе и голштинский, созданный путем поглощения маточного поголовья отечественного черно-пестрого скота быками голштинской породы. Изучение физико-химических показателей и технологических свойств молока коров новой генетической формации молочного скота зоны Среднего Урала имеет как научный, так и практический интерес.

Результаты. В результате исследований установлено, что лучшие показатели по пищевой ценности молока установлены в молоке коров линии Монтвик Чифтейна, калорийность которого оказалась выше, чем у молока коров других линий, на 1,7% и 1,3%. В нем было больше МДЖ, МДБ, что оказало положительное влияние на содержание сухого вещества (СВ) и СОМО в молоке коров этой линии. Выявлены достоверные различия по содержанию жира (МДЖ) и белка (МДБ) в молоке коров, а также казеина в пользу молока, полученного от коров линии Монтвик Чифтейна ($p \leq 0,05-0,01$, соответственно по показателям). Повышенное содержание белка в молоке коров этой группы позволяет говорить об эффективности использования его в сыроделии, что подтверждается показателями сыропригодности и сычужной свертываемости. У молока коров линии Монтвик Чифтейна продолжительность сычужной свертываемости молока (длительность образования сгустка) оказалась короче на 7–8 мин. по Диланяну и на 7'43"–10'11" по Н.В. Барабанщикову.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, линия, коровы, состав молока, технологические свойства

Для цитирования: Горелик О.В., Горелик А.С., Федосеева Н.А., Темербаева М.В. Физико-химические показатели и технологические свойства молока коров в зависимости от линейного происхождения. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 53–57. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-53-57>

© Горелик О.В., Горелик А.С., Федосеева Н.А., Темербаева М.В.

Physical and chemical indicators and technological properties of cow's milk depending on the linear origin

ABSTRACT

Relevance. Milk is not only one of the most consumed food sources for Russian citizens, but also a valuable raw material for food production. Its composition is influenced by many factors, including origin. To obtain it, dairy cattle are used, including Holstein, created by absorbing the breeding stock of domestic black-and-white cattle by bulls of the Holstein breed. The study of physicochemical parameters and technological properties of milk of cows of a new genetic formation of dairy cattle in the Middle Urals zone is of both scientific and practical interest.

Results. As a result of the research, it was found that the best indicators for the nutritional value of milk were found in the milk of the cows of the Montvik Chieftain line, the calorie content of which was higher than that of the milk of cows of other lines by 1.7 and 1.3%. It had more MJ, MDB, which had a positive effect on the content of dry matter and SOMO in the milk of cows of this line. Significant differences were found in the content of fat (MJ) and protein (MDP) in the milk of cows, as well as casein in favor of milk obtained from cows of the Montvik Chieftain line ($p \leq 0.05-0.01$, respectively, in terms of indicators). The increased content of protein in the milk of cows of this group allows us to speak about the effectiveness of its use in cheese-making, which is confirmed by indicators of cheese suitability and rennet coagulability. In the milk of cows of the Montvik Chieftain line, the duration of rennet clotting of milk (the duration of clot formation) was shorter by 7–8 min. according to Dilanyan and by 7'43"–10'11" — according to N.V. Barabanshchikov).

Key words: cattle, line, cows, milk composition, technological properties

For citation: Gorelik O.V., Gorelik A.S., Fedoseeva N.A., Temerbaeva M.V. Milk productivity of first-calf heifers depending on the line and age of the first insemination. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 53–57 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-53-57>

© Gorelik O.V., Gorelik A.S., Fedoseeva N.A., Temerbaeva M.V.

Выводы/Conclusion

Одной из ключевых задач АПК России является обеспечение населения достаточным количеством полноценных продуктов питания собственного производства, в том числе и животного происхождения [1–4]. Получают этот продукт в основном от маточного поголовья крупного рогатого скота молочного направления продуктивности. Увеличение его производства — повышение продуктивности сельскохозяйственных животных как наиболее оптимальный путь решения проблемы продовольственной безопасности страны [5–7].

Это предполагает использование высокопродуктивных молочных пород скота — как отечественной, так и зарубежной селекции. Среди пород крупного рогатого скота, разводимых в стране, маточное поголовье черно-пестрой и голштинской породы занимает совокупное первое место по удельному весу, что составляет более 65% [8–11]. Эти породы являются родственными по происхождению, поскольку в их генотипе присутствуют гены голландского скота, который является их прародителем, а также и большинства черно-пестрых пород в мире [12–14].

Использование генофонда голштинской породы для совершенствования отечественных молочных пород привело к поглощению уральского типа черно-пестрого скота голштинской породой. 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 [15, 16].

Актуальность и своевременность работы определяются также и тем, что в связи с санкционными действиями со стороны зарубежных стран в страну резко сократилась поставка продуктов питания, таких как сыры, и во многих хозяйствах возникла необходимость активно создавать 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 [17, 18].

Цель работы — изучение физико-химических показателей и технологических свойств молока коров разных линий голштинской породы.

Материал и методы исследования /

Material and methods

Исследования проводились в одном из типичных племенных репродукторов по разведению молочного скота голштинской породы (Свердловская область).

Для проведения исследований по методу сбалансированных групп были подобраны три группы коров 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 (по 60 голов в группе). Отбор проб сырья и продукции проводили

в соответствии с ГОСТ 3622-68¹, ГОСТ 26809.1-2014², ГОСТ 26809.2-2014³.

Оценка основных показателей качества молока и выработки мягких сыров проводилась в молочной лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ» (Свердловская область, г. Екатеринбург, пос. Исток), цехах по производству сыров «Никольская слобода» (Свердловская обл., Сысертский р-н, с. Никольское), «Соболев-сыр» (Свердловская обл., Белоярский р-н, с. Малобрусянское). Технологические свойства молока-сырья при выработке молочных продуктов определяли в сборном молоке от каждой группы.

Анализ молока проводили на приборе «Клевер-1М» (ООО «НПП «БИОМЕР»», Россия) и «Лактан 1-4М» (ВПК «Сибпроприбор», Россия) с определением массовой доли жира (МДЖ) и белка (МДБ), СОМО, содержания лактозы и минеральных веществ. Определяли кислотность (ГОСТ 3624-92⁴) и плотность молока (ГОСТ Р 54758-2011⁵) ареометром, массовую долю кальция в молоке — по ГОСТ Р 55331-2012⁶, фосфора — по ГОСТ Р 53592-2009⁷, количество соматических клеток (тыс/см) — на приборе «Соматос» (ГОСТ Р 54077-2010⁸). Сычужную свертываемость молока, класс молока по сычужно-броидильной пробе устанавливали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53430-2009⁹.

Материалы исследований были обработаны по методу вариационной статистики на ПК с использованием программного обеспечения Microsoft Office и определением критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Были проведены оценка качественных показателей молока и его пригодность в зависимости от линейной принадлежности коров, определены физико-химические показатели молока коров линий Рефлекшн Соверинга 198998, Вис Бэк Айдиала 1013415, Монтвик Чифтейна 95679. Поголовье еще двух линий, используемых в Свердловской области, незначительное, и наблюдается дальнейшее сокращение маточного поголовья, относящегося к ним. Лучшие показатели по пищевой ценности молока установлены в молоке коров линии Монтвик Чифтейна, калорийность которого оказалась выше, чем у молока коров других линий, на 1,7% и 1,3%. В нем было больше МДЖ, МДБ, что оказало положительное влияние на содержание СВ и СОМО в молоке коров этой линии (табл. 1).

Выявлены достоверные различия по содержанию жира (МДЖ) и белка (МДБ) в молоке коров, а также казеина в пользу молока, полученного от коров линии Монтвик Чифтейна ($p \leq 0,05-0,01$, соответственно по показателям).

Вызывает интерес и биологическая полноценность молока, которая в основном определяется наличием СОМО в молоке, поскольку состоит из необходимых и незаменимых питательных веществ, а именно белков (строительного материала для организма человека,

¹ ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию.

² ГОСТ 26809.1-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 1. Молоко, молочные, молочные составные и молокосодержащие продукты.

³ ГОСТ 26809.2-2014 Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу. Часть 2. Масло из коровьего молока, спреды, сыры и сырные продукты, плавленые сыры и плавленые сырные продукты.

⁴ ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.

⁵ ГОСТ Р 54758-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности.

⁶ ГОСТ Р 55331-2012 Молоко и молочные продукты. Титриметрический метод определения содержания кальция.

⁷ ГОСТ Р 53592-2009 Молоко. Спектрофотометрический метод определения массовой доли общего фосфора.

⁸ ГОСТ Р 54077-2010 Молоко. Методы определения количества соматических клеток по изменению вязкости.

⁹ ГОСТ Р 53430-2009 Молоко и продукты переработки молока. Методы микробиологического анализа.

Таблица 1. Физико-химические показатели молока коров разных линий

Table 1. Physical and chemical parameters of milk of cows of different lines

Показатель	Линия		
	Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
СВ, %	12,83 ± 0,14	13,01 ± 0,09	12,88 ± 0,18
СОМО, %	8,85 ± 0,08	8,93 ± 0,06	8,88 ± 0,09
МДЖ, %	3,98 ± 0,009	4,08 ± 0,003*	4,00 ± 0,009
МДБ, %	3,05 ± 0,007	3,13 ± 0,002**	3,05 ± 0,006
в том числе			
сывороточные белки, %	0,65 ± 0,002	0,64 ± 0,004	0,65 ± 0,002
казеин, %	2,40 ± 0,004	2,49 ± 0,002**	2,40 ± 0,008
лактоза, %	4,74 ± 0,02	4,73 ± 0,03	4,76 ± 0,01
зола, %	0,73 ± 0,002	0,74 ± 0,003	0,74 ± 0,003
кальций, мг/%	121,0 ± 1,19	123,6 ± 1,37	121,3 ± 1,28
фосфор, мг/%	98,2 ± 1,47	99,7 ± 1,53	99,1 ± 1,40
Плотность, А	28,7 ± 0,25	28,3 ± 0,23	28,6 ± 0,10
Кислотность, °Т	16,3 ± 0,11	16,2 ± 0,14	16,1 ± 0,06
Калорийность, ккал / 100 г	68,17	69,38	68,44

Примечание: * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

имеющего в своем составе все незаменимые аминокислоты в достаточном для растущего и взрослого организма), молочного сахара, который необходим для питания головного мозга и положительно влияет на развитие и поддержание всех внутренних органов и нервной системы, а также микро- и макроэлементов, витаминов и т. д.

Кроме того, биологическая полноценность определяется и определенным соотношением питательных веществ в продукте, в том числе соотношением жира и белка в молоке, а также жира, белка и углеводов (лактозы).

Лучшим по биологической полноценности оказалось молоко от коров линии Монтвик Чифтейна (рис. 1).

Данные (рис. 1) позволяют сделать вывод о том, что несмотря на различия в абсолютных цифрах по содержанию питательных веществ, их соотношение в молоке остается практически неизменным.

Большое внимание при оценке молока как сырья для молочной промышленности придается такому показателю, как содержание белка и его видов в молоке, поскольку на их наличии основаны технологии производства кисломолочных продуктов, продуктов с повышенным содержанием белка и определенные показатели безопасности готового продукта.

Рис. 1. Соотношение питательных веществ в молоке коров разных линий

Fig. 1. The ratio of nutrients in the milk of cows of different lines

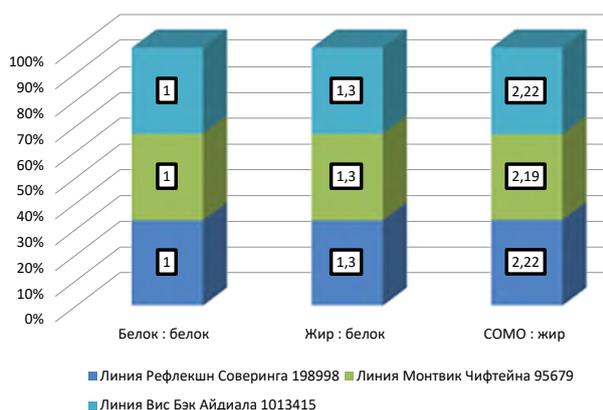
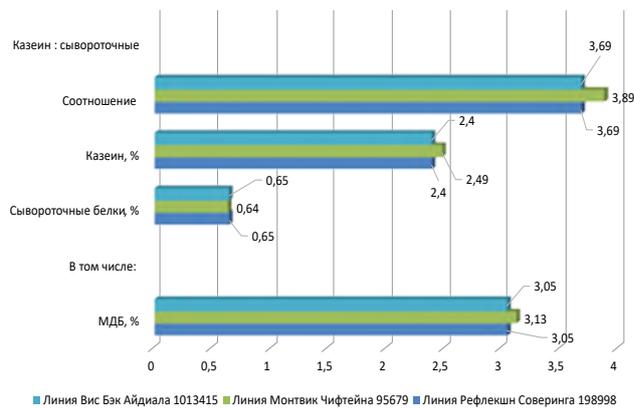


Рис. 2. Содержание белка и его видов в молоке коров разных линий, %

Fig. 2. The content of protein and its types in the milk of cows of different lines, %



Данные о МДБ и его видах представлены на рисунке 2.

В молоке коров линии Монтвик Чифтейна оказалось больше белка в целом и казеина в частности, но в то же время наблюдалась тенденция снижения содержания сывороточных белков. Увеличение казеина предполагает более высокие технологические свойства у молока коров этой линии при его использовании для производства сыров.

При поступлении молока на молокоперерабатывающее предприятие оно проходит оценку качества по группам показателей, таких как содержание жира и белка в молоке, санитарно-гигиеническим, свежести и натуральности (табл. 2).

Данные (табл. 2) позволяют отнести молоко коров разных линий к высшему сорту. По всем показателям оно превосходило минимальные и максимальные требования, обеспечивая возможность его переработки в любые молочные продукты, в том числе и для детского питания.

Проведена оценка технологических свойств молока в соответствии с ТУ 9811-153-04610209-2004 Молоко — сырье для сыроделия (табл. 3).

Результаты исследования технологических свойств молока коров разных голштинских линий выявили превосходство молока от коров линии Монтвик Чифтейна, что мы связываем с количественными показателями по содержанию отдельных компонентов в молоке и сухого обезжиренного молочного остатка. Повышенное содержание белка в молоке коров этой группы

Таблица 2. Качественные показатели молока коров разных генотипов

Table 2. Qualitative indicators of milk of cows of different genotypes

Показатель	Линия		
	Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
МДЖ, %	3,98 ± 0,009	4,08 ± 0,020	4,00 ± 0,009
МДБ, %	3,05 ± 0,007	3,13 ± 0,012	3,05 ± 0,006
Плотность, А	28,7 ± 0,25	28,3 ± 0,23	28,6 ± 0,10
Температура заморозания, °С	-0,536 ± 0,003	-0,533 ± 0,002	-0,534 ± 0,002
Кислотность, °Т	16,3 ± 0,11	16,2 ± 0,14	16,1 ± 0,06
Бактериальная обсемененность, тыс. шт. микр. тел / см ³	165 ± 12,41	158 ± 10,13	196 ± 9,37
Наличие соматических клеток, тыс. шт / см ³	89 ± 3,24	92 ± 4,21	108 ± 2,98
Механическая загрязненность, группа	1	1	1

Таблица 3. Технологические свойства молока коров разных линий
Table 3. Technological properties of milk of cows of different lines

Показатель	Линия		
	Рефлекшн Соверинга 198998	Монтвик Чифтейна 95679	Вис Бэк Айдиала 1013415
Соотношение «жир — СОМО»	0,45	0,46	0,45
Соотношение «белок — СОМО»	0,34	0,35	0,34
Соотношение «жир — белок»	1,30	1,30	1,31
Сычужно-бродильная проба, класс	1	1	1
Термоустойчивость, класс	2	1	1
Сырпригодность, мин. (по З.Х. Диланяну)	39 ± 1,12	32 ± 1,96	40 ± 1,29
Длительность сычужной свертываемости, мин., сек. (по Н.В. Барабанщикову)	37'14" ± 0,83	29'31" ± 1,11	39'42" ± 0,71

позволяет говорить об эффективности использования его в сыроделии, что подтверждается показателями сыропригодности и сычужной свертываемости. У молока коров линии Монтвик Чифтейна продолжительность сычужной свертываемости молока (длительность образования сгустка) оказалась короче на 7–8 минут по З.Х. Диланяну и на 7'43"–10'11" по Н.В. Барабанщикову, сгусток был более плотным.

Выводы/Conclusion

Таким образом, молоко, полученное от коров разных линий, отличается по физико-химическим показателям и технологическим свойствам, то есть принадлежность животных оказывает влияние на качество получаемой продукции. Лучшим для глубокой переработки можно считать молоко, получаемое от коров линии Монтвик Чифтейна 95679.

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

1. Фирсова Э.В., Карташова А.П. Голштинская порода скота в Российской Федерации: современное состояние и перспективы развития. *Генетика и разведение животных*. 2019; (1): 62–69. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-1-62-69>
2. Ребезов М.Б., Горелик А.С. Молочная продуктивность коров голштинских линий в зависимости от возраста. *Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции*. Курск. 2022; 577–581. <https://elibrary.ru/lstbtqo>
3. Смольникова Ф.Х., Наурызбаева Г.К., Асенова Б.К., Ребезов М.Б. Использование вторичных молочных продуктов пахты и сыворотки. *Развитие биотехнологии: новая реальность. Сборник Международной научно-практической конференции, приуроченной к 100-летию юбилею профессора, доктора сельскохозяйственных наук И.И. Гудилина*. Новосибирск. 2022; 154–159. <https://elibrary.ru/fdixfh>
4. Харлап С.Ю., Неверова О.П., Ребезов М.Б. Характеристика стада молочного скота по продуктивности. *Аграрная наука и производство: реализация инновационных технологий агропромышленного комплекса. Сборник статей, подготовленный в рамках Всероссийской научно-практической конференции*. Екатеринбург. 2022; 97–104. <https://elibrary.ru/zqbyim>
5. Батанов С.Д., Старостина О.С., Шайдулина М.М. Наследование и взаимосвязь экстерьерных параметров крупного рогатого скота черно-пестрой породы. *Зоотехния*. 2020; (9): 11–15. <https://elibrary.ru/qsaeln>
6. 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://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-4-8>
7. Горелик В.С., Ребезов М.Б. Липидный и углеводный обмен у коров при использовании сукцинат хитозана. *Современные технологии культивирования, переработки и хранения продукции АПК. Сборник научных статей*. Екатеринбург. 2022; 142–144. <https://elibrary.ru/edxldb>
8. Костомакхин Н.М., Воронкова О.А., Габедова М.А. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность коров разной кровности по голштинской породе. *Вестник Курганской ГСХА*. 2021; (3): 43–50. https://doi.org/10.52463/22274227_2021_39_43
9. Файзуллин П.В., Горелик О.В., Федосеева Н.А. Особенности лактационной деятельности голштинских коров в зависимости от линейной принадлежности. *Вестник Мишуринского государственного аграрного университета*. 2022; (1): 175–180. <https://elibrary.ru/lysrtr>
10. Свешникова Е.Я., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Оценка коров голштинской породы разных линий по молочной продуктивности. *Обеспечение устойчивого и биобезопасного развития АПК. Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция*. Нальчик. 2022; 79–85. <https://elibrary.ru/jwivwy>
11. Никонова Е.А., Косилов В.И., Ребезов М.Б., Раджабов Ф.М. Влияние скрещивания скота черно-пестрой породы с голштинами на экстерьерные особенности помесного молодняка. *Peasant*. 2021; 2(91): 57–59. <https://elibrary.ru/tyfrq>

REFERENCES

1. Firsova E.V., Kartashova A.P. Holstein breed of the cattle in the Russian Federation, the current state and the prospects of development. *Genetics and breeding of animals*. 2019; (1): 62–69 (In Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-1-62-69>
2. Rebezov M.B., Gorelik A.S. Milk productivity of Holstein cows depending on age. *Problems and prospects of scientific and innovative support of the agro-industrial complex of the regions. Collection of reports of the IV International Scientific and Practical Conference*. Kursk. 2022; 577–581 (In Russian). <https://elibrary.ru/lstbtqo>
3. Smolnikova F.Kh., Naurzabayeva G.K., Asenova B.K., Rebezov M.B. Use of secondary dairy products buttermilk and whey. *The development of biotechnology: a new reality. Collection of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of Professor, Doctor of Agricultural Sciences I.I. Gudilin*. Novosibirsk. 2022; 154–159 (In Russian). <https://elibrary.ru/fdixfh>
4. Kharlap S.Yu., Neverova O.P., Rebezov M.B. Characteristics of a herd of dairy cattle in terms of productivity. *Agrarian science and production: implementation of innovative technologies of the agro-industrial complex. Collection of articles prepared in the framework of the All-Russian scientific and practical conference*. Yekaterinburg. 2022; 97–104 (In Russian). <https://elibrary.ru/zqbyim>
5. Batanov S.D., Starostina O.S., Shaidullina M.M. Inheritance and relationship of exterior of Black and White breed cattle. *Zootekniya*. 2020; (9): 11–15 (In Russian). <https://elibrary.ru/qsaeln>
6. 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://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-243-3-4-8>
7. Gorelik V.S., Rebezov M.B. Lipid and carbohydrate metabolism in cows using chitosan succinate. *Modern technologies for cultivation, processing and storage of agricultural products. Collection of scientific articles*. Ekaterinburg. 2022; 142–144 (In Russian). <https://elibrary.ru/edxldb>
8. Kostomakhin N.M., Voronkova O.A., Gabedava M.A. Milk productivity and reproductive traits of cows of different portions of blood of Holstein breed. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2021; (3): 43–50 (In Russian). https://doi.org/10.52463/22274227_2021_39_43
9. Fayzullin P.V., Gorelik O.V., Fedoseeva N.A. Features of lactation activity of Holstein cows depending on the linear affiliation. *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2022; (1): 175–180 (In Russian). <https://elibrary.ru/lysrtr>
10. Sveshnikova E.Ya., Rebezov M.B., Kharlap S.Yu. Evaluation of cows of the Holstein breed of different lines for milk production. *Ensuring sustainable and biosafe development of the agro-industrial complex. All-Russian (national) scientific and practical conference*. Nalchik. 2022; 79–85 (In Russian). <https://elibrary.ru/jwivwy>
11. Nikonova E.A., Kosilov V.I., Rebezov M.B., Radjabov F.M. Influence of crossbreeding of black-motley cattle with Holsteins on the exterior features of crossbred young animals. *Peasant*. 2021; 2(91): 57–59 (In Russian). <https://elibrary.ru/tyfrq>

12. Palii A.P. *et al.* Assessment of cow lactation and milk parameters when applying various milking equipment. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(4): 195–201. https://doi.org/10.15421/2020_188
13. Гриценко С.А., Хакназаров А.А., Ребезов М.Б. Продуктивные качества коров голштинской породы различных поколений, возраста в лактациях и линейной принадлежности. *Аграрная наука*. 2023; (3): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-74-79>
14. Никитинова Е.Г., Ребезов М.Б. Эффективность производства молока коров разного происхождения. *Молодежь и наука*. 2020; (12): 35. <https://elibrary.ru/gfmjbb>
15. Razhina E.V. Characteristics of cows' cicitrerial metabolism of different linearity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 75–80. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-75-80>
16. 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>
17. Tomashevsky E., Varpikhovskiy R. Cow housing under sanitary and hygienic conditions of milk production. *Eurasian Union of Scientists*. 2021; (1): 41–45. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.2.82.1214>
18. Горелик А.С., Ребезов М.Б., Горелик О.В., Темербаева М.В. Качество молока коров-дочерей разных быков-производителей и оценка его пригодности к переработке. *Аграрная наука*. 2022; (9): 30–36. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36>
12. Palii A.P. *et al.* Assessment of cow lactation and milk parameters when applying various milking equipment. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020; 10(4): 195–201. https://doi.org/10.15421/2020_188
13. Gritsenko S.A., Khaknazarov A.A., Rebezov M.B. Productive qualities of Holstein cows of different generations, age in lactations and linear affiliation. *Agrarian science*. 2023; (3): 74–79 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-368-3-74-79>
14. Nikitsonova E.G., Rebezov M.B. Efficiency of milk production of cows of different origin. *Youth and science*. 2020; (12): 35 (In Russian). <https://elibrary.ru/gfmjbb>
15. Razhina E.V. Characteristics of cows' cicitrerial metabolism of different linearity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021; (10): 75–80. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-213-10-75-80>
16. 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>
17. Tomashevsky E., Varpikhovskiy R. Cow housing under sanitary and hygienic conditions of milk production. *Eurasian Union of Scientists*. 2021; (1): 41–45. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2021.2.82.1214>
18. Gorelik A.S., Rebezov M.B., Gorelik O.V., Temerbaeva M.V. Quality of milk of cows-daughters of different sires and assessment of its suitability for processing. *Agrarian science*. 2022; (9): 30–36 <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36>

ОБ АВТОРАХ:**Ольга Васильевна Горелик,**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Уральский государственный аграрный университет,
ул. Карла Либкнехта, 42, Екатеринбург, 620075, Россия
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Артем Сергеевич Горелик,

кандидат биологических наук,
Уральский институт Государственной противопожарной службы
МЧС России,
ул. Мира, 22, Екатеринбург, 620137, Россия
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Наталья Анатольевна Федосеева,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая
кафедрой зоотехнии, производства и переработки продукции
животноводства,
Российский государственный аграрный заочный университет,
шоссе Энтузиастов, 50, Балашиха, 143907, Россия
nfedoseeva0208@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8787-459X>

Марина Викторовна Темербаева,

кандидат технических наук, профессор,
Инновационный Евразийский университет,
ул. Ломова, 45, Павлодар, 140008, Казахстан
marvik75@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9796-8031>

ABOUT THE AUTHORS:**Olga Vasilyevna Gorelik,**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Ural State Agrarian University,
42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia
olgao205en@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9546-2069>

Artem Sergeevich Gorelik,

candidate of biological sciences,
Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry
of Emergency Situations of Russia,
22 Mira Str., Yekaterinburg, 620137, Russia
temae077ex@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3362-2514>

Natalya Anatolyevna Fedoseeva,

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head
of the Department of Animal Science, Production and Processing
of Livestock Products,
Russian State Agrarian Correspondence University,
50 highway Entuziastov, Balashikha, 143907, Russia
nfedoseeva0208@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8787-459X>

Marina Viktorovna Temerbaeva,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Innovative University of Eurasia,
45 Lomov Str., Pavlodar, 140008, Kazakhstan
marvik75@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-9796-8031>

С. В. Николаев¹, ✉
В. Л. Ялуга²

¹ Институт агrobiотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», Сыктывкар, Россия

² Федеральное исследовательское учреждение комплексного изучения Арктики им. академика Н. П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Поступила в редакцию:
20.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
19.06.2023

Semyon V. Nikolaev¹, ✉
Vladimir L. Yaluga²

¹ A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

² The Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N. P. Laverov of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

✉ semen.nikolaev.90@mail.ru

Received by the editorial office:
20.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
19.06.2023

Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля голштинизированных и чистопородных холмогорских быков

РЕЗЮМЕ

Актуальность. По причине повсеместной метизации холмогорская порода находится на грани полного исчезновения, что требует разработки мероприятий, направленных на сохранение не только самих животных, но и их генетического разнообразия. Для анализа генетического состояния популяции наиболее удобными можно считать микросателлиты, что обусловлено высоким уровнем их полиморфизма.

Методы. Материалом для генетической экспертизы служила криоконсервированная сперма быков-производителей, принадлежащих РГУСП «Коми» по племенной работе (г. Сыктывкар). Для анализа были отобраны образцы от 64 чистопородных холмогорских и 36 с различным уровнем голштинизации быков-производителей. Аллельную структуру STR-маркеров определяли в лаборатории ДНК-технологий ФГБНУ «ВНИИплем». Генетический и статистический анализ проведен по общепринятым в биологии и зоотехнии методикам.

Результаты. Среди чистопородных быков выявлены 9 приват-аллелей, а у помесных производителей — 13. Наиболее полиморфными среди голштинизированных животных были локусы TGLA122 ($N_a = 10$) и TGLA227 ($N_a = 11$), у чистопородных — TGLA227 ($N_a = 9$) и TGLA53 ($N_a = 10$). Максимальное соответствие числа фактических и эффективных аллелей наблюдалось по локусу BM1824, а минимальное — по TGLA227. Индекс Шеннона был максимальным по локусу TGLA122 (2,046) у помесных и по TGLA53 (2,011) у чистопородных быков, а наименьший — по BM1818 (1,050 и 1,174). Разнообразие аллелофонда анализируемых локусов у метизированных животных была незначительно выше (на 0,26). Средний индекс фиксации у помесей отклонялся в сторону незначительного дефицита гетерозиготности (0,017), а у чистопородных быков — избытка (-0,025). Наибольшее генетическое родство между двумя выборками наблюдалось по локусу SPS115 (0,996), а наименьшее — по CSSM66 (0,827).

Ключевые слова: холмогорская порода, голштинизированные помеси, аллелофонд, микросателлиты, полиморфизм, генетическое разнообразие, индекс фиксации

Для цитирования: Николаев С. В., Ялуга В. Л. Сравнительная генетическая характеристика микросателлитного профиля голштинизированных и чистопородных холмогорских быков. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 58–62. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-58-62>

© Николаев С. В., Ялуга В. Л.

Comparative genetic characteristics of microsatellite profile of holstein and purebred kholmogorsky bulls

ABSTRACT

Relevance. Due to widespread metisation the Kholmogorskaya breed is on the verge of complete extinction, which requires the development of measures aimed at preserving not only the animals themselves, but also their genetic diversity. Microsatellites can be considered the most convenient for analyzing the genetic state of a population, due to the high level of their polymorphism.

Methods. The material for genetic examination was cryocon-served sperm of bulls-producers belonging to the RSUP «Komi» for breeding work (Syktyvkar). Samples from 64 pure-bred Kholmogorsky and 36 with different levels of Holstein breeding bulls were selected for analysis. The allelic structure of STR markers was determined in the laboratory of DNA technologies of FGBNU «VNIIPlem». The genetic and statistical analysis was carried out according to the methods generally accepted in biology and animal science.

Results. Among purebred bulls 9 privat-alleles were identified, and in crossbreed producers — 13. The most polymorphic among Holstein animals were loci TGLA122 ($N_a = 10$) and TGLA227 ($N_a = 11$), in purebred animals — TGLA227 ($N_a = 9$) and TGLA53 ($N_a = 10$). The maximum correspondence between the number of actual and effective alleles was observed at the BM1824 locus, and the minimum at TGLA227. The Shannon index was the highest for the locus TGLA122 (2,046) in crossbreeds and for TGLA53 (2,011) in purebred bulls, and the lowest for BM1818 (1,050 and 1,174). The diversity of the allelofund of the analyzed loci in the metized animals was slightly higher (by 0.26). The average fixation index in crossbreeds deviated towards a slight deficit of heterozygosity (0.017), and in purebred bulls an excess (-0.025). The greatest genetic relationship between the two samples was observed at the SPS115 locus (0.996), and the smallest at CSSM66 (0.827).

Key words: Kholmogorsky breed, Holstein crossbreeds, allelofund, microsatellites, polymorphism, genetic diversity, fixation index

For citation: Nikolaev S.V., Yaluga V.L. Comparative genetic characteristics of microsatellite profile of Holstein and purebred Kholmogorsky bulls. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 58–62 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-58-62>

© Nikolaev S.V., Yaluga V.L.

Введение/Introduction

Холмогорская порода крупного рогатого скота считается одной из старейших и наилучших отечественных пород. Формирование данной группы животных происходило в условиях Европейского Севера, поэтому порода хорошо приспособлена к суровому климату и скудному неполноценному кормлению при относительно неплохих показателях молочной продуктивности [1, 2]. Улучшение хозяйственно полезных признаков породы на данный момент осуществляется главным образом путем скрещивания с голштинским скотом [3–5].

Использование мирового генофонда для улучшения продуктивных показателей скота отечественной селекции привело к сокращению поголовья ряда пород, в том числе и холмогорской [6, 7]. Республика Коми — единственный из регионов России, где в наибольшей степени сохранился генофонд чистопородного и низкокровного по голштинам отечественного холмогорского скота [8]. Однако по причине уменьшения численности оставшиеся разрозненные стада утрачивают способность к эффективному воспроизводству и селекции [9]. Стоит отметить, что сокращение количества особей в популяции приводит к нарастанию вероятности инбридинга и повышению гомозиготности генов, что требует разработки особых мероприятий, направленных на сохранение не только самих животных, но и их генетического разнообразия.

Изучение генетических параметров является одним из способов оценки состояния популяции [10]. С этой позиции наиболее удобными и доступными маркерами для проведения генетического анализа можно считать микросателлиты (STR-маркеры, короткие tandemные повторы), что обусловлено высоким уровнем их полиморфизма и повторяемости результатов генотипирования [11, 12]. Так, STR-маркеры применяют для молекулярно-генетического сравнения линий и семейств, оценки генетического разнообразия, стабильности пород и отдельных популяций, при маркировании генотипов, контроле происхождения, изучении потоков генов. Микросателлиты могут сочетаться с маркерами полиморфизма структурных или митохондриальных генов [13].

Цель исследований — провести сравнительный анализ аллелофонда ДНК-микросателлит у голштинизированных и чистопородных быков-производителей в Республике Коми.

Материал и методы исследования / Material and methods

Исследования выполнены в 2022–2023 гг. в отделе «Печорская опытная станция» ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, Республика Коми, Россия). Материалом для генетической экспертизы служила криоконсервированная сперма быков-производителей, принадлежащих РГУСП «Коми» по племенной работе (г. Сыктывкар). Всего для ДНК-анализа были отобраны образцы от 64 чистопородных и 36 с различным уровнем голштинизации холмогорских быков-производителей. Чистопородные быки относились к 12 генеалогическим линиям, а помесные производители — к 5 холмогорским и 3 линиям голштинской породы.

Молекулярно-генетические исследования проведены в лаборатории ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института племенного дела

(г. Пушкино). Выделение ДНК проводили с использованием колонок Nexttec (Nexttec™ Biotechnologie GmbH, Германия) в соответствии с рекомендациями производителя. Микросателлитный профиль коров изучали с помощью ДНК-анализатора с лазерным детектором ABI3130xl (Applied Biosystems, США).

ПЦР анализ выполнен по 15 STR-локусам: BM1818, BM1824, BM2113, CSRM60, CSSM66, ETH10, ETH225, ETH3, ILSTS6, INRA23, SPS115, TGLA122, TGLA126, TGLA227, TGLA53. При генетической оценке определяли среднее число аллелей на локус (N_a), их частоту (q), ошибку частот (Mq), степень наблюдаемой (H_o) и ожидаемой (H_e) гетерозиготности, число эффективных аллелей (N_e), количество приват-аллелей и сумму их частот ($\sum q$), индексы фиксации (Fis) и Шеннона (I), коэффициенты генетического сходства (r) и генетического расхождения (d) между выборками.

Статистический анализ проведен по общепринятым в биологии и зоотехнии методикам¹ с использованием программы RusExcel².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Анализ аллелофонда STR-маркеров показал (табл. 1), что по локусу BM1818 наиболее распространенной (как среди чистопородных, так и помесных животных) являлась аллель 266. Локус BM1824 характеризовался максимальной встречаемостью аллели 188 у голштинизированных быков ($q = 40,54$), тогда как у чистопородных производителей в 1,8 раза чаще встречался микросателлит 182 ($q = 40,48$, $p \leq 0,01$). STR 137 локуса BM2113 была наиболее распространенной в обеих выборках, однако у чистопородных быков частота аллели была выше в 1,6 раза ($p \leq 0,05$). По локусу CSRM60 чаще встречались микросателлиты 92 ($q = 31,08$ и $q = 31,75$) и 102 ($q = 35,14$ и $q = 30,16$), по локусу CSSM66 у помесных животных максимальное распространение получила аллель ($q = 28,38$), а у чистопородных — 193 ($q = 30,16$), которая встречалась в 2,5 раза чаще по отношению к голштинизированным производителям ($p \leq 0,001$). Локус ETH3 характеризовался преобладанием аллели 113 ($q = 33,78$ и $q = 32,54$), ETH225 — 150 ($q = 36,49$ и $q = 47,62$). По локусу ETH10 чаще встречались микросателлиты 219 ($q = 51,35$ и $q = 55,56$), при этом частота аллели 217 у чистопородных быков была ниже почти в 4 раза ($p \leq 0,01$) по сравнению с помесными. Наиболее распространенным STR-маркером по локусу SPS115 являлся повтор 248 ($q = 56,76$ и $q = 60,32$), по локусу ILSTS6 — 292 ($q = 43,24$ и $q = 34,92$), по TGLA126 — 117 ($q = 50,00$ и $q = 45,24$). Локус INRA23 характеризовался преобладанием микросателлита 206 ($q = 31,08$ и $q = 30,95$), при этом аллель 212 данного локуса у голштинизированных животных встречалась в 2,5 раза реже по сравнению с чистопородными быками ($p \leq 0,05$). У помесных быков по локусу TGLA53 чаще встречался STR 160 ($q = 32,43$), а у чистопородных — 162 ($q = 20,63$), при этом встречаемость аллели 166 у данной группы была в 2,5 раза выше ($p \leq 0,05$). Локус TGLA122 характеризовался преобладанием микросателлита 143, который у чистопородных быков встречался в 1,9 раза чаще ($p \leq 0,001$). Наиболее распространенной по локусу TGLA227 являлась аллель 89 ($q = 22,97$ и $q = 28,57$), а микросателлит 95 данного локуса у чистопородных быков имел частоты в 8,8 раза выше по сравнению с помесными ($p \leq 0,001$).

¹ Меркурьева Е.К. Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных. М.: Колос. 1970; 330.

² Компания ITVA Limited Liability Company. Программное обеспечение компании лицензировано и имеет цифровую подпись Symantec. Россия, 194356, Санкт-Петербург, ул. Корякова, д. 18

Таблица 1. Частоты STR-маркеров у чистопородных и голштинизированных быков-производителей холмогорской породы
Table 1. Frequencies of STR markers in purebred and Holstein bulls-producers of the Kholmogorsky breed

STR	Помеси		Чистопородные		STR	Помеси		Чистопородные		STR	Помеси		Чистопородные	
	q	Mq	q	Mq		q	Mq	Q	Mq		q	Mq	q	Mq
Локус BM1818					Локус BM1824					Локус BM2113				
258	1,35	1,36	-	-	178	24,32	5,06	19,05	3,50	125	17,57	4,48	11,90	2,89
262	29,73	5,39	35,71	4,27	180	12,16	3,85	7,14	2,29	127	18,92	4,62	9,52	2,62
264	5,41	2,66	10,32	2,71	182	22,97	4,96	40,48**	4,37	133	1,35	1,36	-	-
266	58,11	5,81	47,62	4,45	188	40,54	5,79	33,33	4,20	135	20,27	4,74	11,11	2,80
268	5,41	2,66	3,97	1,74	Локус CSSM66					137	25,68	5,15	41,27*	4,39
270	-	-	2,38	1,36	179	8,11	3,22	13,49	3,04	139	16,22	4,34	23,81	3,79
Локус CSRM60					181	1,35	1,36	-	-	141	-	-	2,38	1,36
92	31,08	5,45	31,75	4,15	183	28,38	5,31	23,81	3,12	Локус ETH10				
94	-	-	0,79	0,79	185	14,86	4,19	15,08	2,41	209	-	-	0,79	0,79
96	9,46	3,45	18,25	3,44	187	20,27	4,74	7,94*	4,09	213	16,22	4,34	24,60	3,84
98	13,51	4,03	3,97*	1,74	189	10,81	3,66	-	-	215	1,35	1,36	4,76	1,90
100	8,11	3,22	9,52	2,62	193	12,16	3,85	30,16***	2,29	217	18,92	4,62	4,76**	1,90
102	35,14	5,63	30,16	4,09	195	-	-	2,38	3,12	219	51,35	5,89	55,56	4,43
104	-	-	2,38	1,36	197	4,05	2,32	7,14	2,41	221	5,41	2,66	6,35	2,17
106	2,70	1,91	3,17	1,56	Локус ETH3					223	5,41	2,66	-	-
Локус ETH225					117	33,78	5,57	32,54	4,17	225	1,35	1,36	3,17	1,56
140	18,92	4,62	14,29	3,12	119	28,38	5,31	26,98	3,95	Локус SPS115				
144	4,05	2,32	7,94	2,41	121	14,86	4,19	16,67	3,32	248	56,76	5,84	60,32	4,36
146	1,35	1,36	3,17	1,56	125	4,05	2,32	0,79	0,79	250	1,35	1,36	1,59	1,11
148	32,43	5,52	26,98	3,95	127	16,22	4,34	15,87	3,26	252	16,22	4,34	15,87	3,26
150	36,49	5,67	47,62	4,45	129	2,70	1,91	7,14	2,29	254	9,46	3,45	4,76	1,90
152	6,76	2,96	-	-	Локус INRA23					256	10,81	3,66	12,70	2,97
Локус ILSTS6					198	2,70	1,91	2,38	1,36	260	5,41	2,66	4,76	1,90
286	1,35	1,36	2,38	1,36	200	-	-	1,59	1,11	Локус TGLA126				
288	12,16	3,85	5,56	2,04	202	1,35	1,36	-	-	115	21,62	4,85	27,78	3,99
290	6,76	2,96	8,73	2,51	206	31,08	5,45	30,95	4,12	117	50,00	5,89	45,24	4,43
292	43,24	5,84	34,92	4,25	208	12,16	3,85	15,08	3,19	119	17,57	4,48	19,84	3,55
294	27,03	5,23	31,75	4,15	210	18,92	4,62	15,87	3,26	121	2,70	1,91	1,59	1,11
296	5,41	2,66	9,52	2,62	212	5,41	2,66	13,49*	3,04	123	8,11	3,22	5,56	2,04
300	4,05	2,32	7,14	2,29	214	27,03	5,23	19,84	3,55	Локус TGLA227				
Локус TGLA53					216	1,35	1,36	0,79	0,79	77	2,70	1,91	1,59	1,11
154	6,76	2,96	4,76	1,90	Локус TGLA122					81	14,86	4,19	18,25	3,44
56	1,35	1,36	6,35	2,17	139	1,35	1,36	3,17	1,56	83	1,35	1,36	-	-
158	4,05	2,32	-	-	141	6,76	2,96	1,59	1,11	87	9,46	3,45	2,38	1,36
160	32,43	5,52	19,84	3,55	143	29,73	5,39	57,14***	4,41	89	22,97	4,96	28,57	4,02
162	13,51	4,03	20,63	3,61	149	4,05	2,32	-	-	91	18,92	4,62	22,22	3,70
166	6,76	2,96	16,67*	3,32	151	16,22	4,34	23,02	3,75	93	8,11	3,22	3,17	1,56
168	9,46	3,45	13,49	3,04	159	9,46	3,45	-	-	95	1,35	1,36	11,90***	2,89
176	18,92	4,62	12,70	2,97	161	10,81	3,66	-	-	97	14,86	4,19	7,94	2,41
178	-	-	1,59	1,11	163	4,05	2,32	3,17	1,56	101	2,70	1,91	3,97	1,74
184	-	-	0,79	0,79	171	9,46	3,45	7,94	2,41	103	2,70	1,91	-	-
186	6,76	2,96	3,17	1,56	173	8,11	3,22	3,97	1,74					

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$ достоверно по отношению к значениям голштинизированного скота

Анализ аллелофонда показал, что среди чистопородных быков встречается 9 микросателлит, не выявленных у помесных животных (табл. 2), средняя частота которых составила 2,15%. У голштинизированных производителей установлено 13 приват-аллелей средней распространенностью 6,76%. Особо стоит отметить микросателлиты 189 локуса CSSM66, 159 и 161 локуса TGLA122, которые очень часто встречались у помесных производителей ($q = 9,46-10,81$), но не регистрировались у чистопородных быков.

Наиболее полиморфными (табл. 3) среди голштинизированных животных были локусы TGLA122 ($N_a = 10$) и TGLA227 ($N_a = 11$), а среди чистопородных — TGLA227 ($N_a = 9$) и TGLA53 ($N_a = 10$). Наименьшее количество STR-маркеров у быков двух групп присутствовало по локусу BM1824 ($N_a = 4$). В среднем у помесных производителей наблюдалось незначительное превосходство фактического числа аллелей (на четыре варианта).

Таблица 2. Приват-аллели по 15 анализируемым микросателлитным локусам у голштинизированных и чистопородных быков-производителей холмогорской породы
Table 2. Private alleles for 15 analyzed microsatellite loci in Holstein and purebred bulls-producers of the Kholmogorsky breed

Локус	Голштинизированные		Чистопородные	
	STR	Σq	STR	Σq
BM1818	258	1,35	270	2,38
BM2113	133	1,35	141	2,38
CSRM60	-	-	94, 104	3,17
CSSM66	181, 189	12,16	195	2,38
ETH10	223	5,41	209	0,79
ETH225	152	6,76	-	-
INRA23	202	1,35	200	1,59
TGLA53	158	4,05	178, 184	2,38
TGLA122	149, 159, 161	24,32	-	-
TGLA227	83, 103	4,05	-	-
Частота, $M \pm m$	X	$6,76 \pm 2,48$	X	$2,15 \pm 0,29$

Таблица 3. Генетическая характеристика голштинизированных и чистопородных холмогорских быков по 15 STR-маркерам
Table 3. Genetic characteristics of Holstein and purebred Kholmogorsky bulls by 15 STR-markers

Локус	Популяция	Na	Аллели с q ≥ 10%	Ne	Na/Ne	I	Ho	He	Fis
BM1818	Помесные	5	2	2,31	2,16	1,050	0,649	0,568	-0,143
	Чистопородные	5	3	2,72	1,84	1,172	0,667	0,633	-0,054
BM1824	Помесные	4	4	3,44	1,16	1,304	0,568	0,709	0,199
	Чистопородные	4	3	3,16	1,27	1,237	0,667	0,684	0,025
BM2113	Помесные	6	5	5,00	1,20	1,646	0,784	0,800	0,020
	Чистопородные	6	4	3,80	1,58	1,517	0,762	0,737	-0,034
CSRM60	Помесные	6	3	3,93	1,53	1,526	0,757	0,745	-0,016
	Чистопородные	8	3	4,21	1,90	1,625	0,810	0,763	-0,062
CSSM66	Помесные	8	5	5,60	1,43	1,853	0,784	0,821	0,045
	Чистопородные	7	4	4,99	1,40	1,737	0,810	0,799	-0,014
ETH3	Помесные	6	4	4,07	1,47	1,530	0,784	0,755	-0,038
	Чистопородные	6	4	4,22	1,42	1,536	0,746	0,763	0,022
ETH10	Помесные	7	3	3,01	2,33	1,384	0,622	0,668	0,069
	Чистопородные	7	2	2,64	2,65	1,284	0,698	0,621	-0,124
ETH225	Помесные	6	3	3,57	1,68	1,418	0,622	0,720	0,136
	Чистопородные	5	3	3,06	1,63	1,295	0,635	0,673	0,056
SPS115	Помесные	6	3	2,69	2,23	1,296	0,622	0,628	0,010
	Чистопородные	6	3	2,44	2,46	1,215	0,651	0,590	-0,103
ILSTS6	Помесные	7	3	3,52	1,99	1,500	0,730	0,716	-0,020
	Чистопородные	7	2	4,03	1,74	1,607	0,746	0,752	0,008
INRA23	Помесные	8	4	4,46	1,79	1,660	0,784	0,776	-0,010
	Чистопородные	8	5	4,95	1,62	1,725	0,825	0,798	-0,034
TGLA53	Помесные	9	3	5,44	1,65	1,908	0,811	0,816	0,006
	Чистопородные	10	5	6,59	1,52	2,011	0,841	0,848	0,008
TGLA126	Помесные	5	3	2,99	1,67	1,285	0,568	0,665	0,146
	Чистопородные	5	3	3,08	1,62	1,262	0,571	0,675	0,154
TGLA122	Помесные	10	3	6,29	1,59	2,046	0,784	0,841	0,068
	Чистопородные	7	2	2,57	2,72	1,272	0,682	0,610	-0,118
TGLA227	Помесные	11	4	2,99	3,68	1,958	0,811	0,665	-0,220
	Чистопородные	9	4	3,08	2,92	1,849	0,746	0,675	-0,105
M±m	Помесные	6,93 ± 0,52	3,47 ± 0,22	3,95 ± 0,31	1,84 ± 0,16	1,558 ± 0,076	0,712 ± 0,024	0,726 ± 0,021	0,017 ± 0,027
	Чистопородные	6,67 ± 0,44	3,33 ± 0,26	3,70 ± 0,31	1,89 ± 0,14	1,490 ± 0,070	0,724 ± 0,021	0,708 ± 0,021	-0,025 ± 0,019

Распространенность микросателлитов с частотой 10% и более у помесных быков была максимальной по локусам BM2113 и CSSM66 (по пять аллелей), а минимальная — по BM1818 (две аллели). Среди чистопородных животных данный показатель характеризовался наибольшим значением по локусам INRA23 и TGLA53 (по пять аллелей) и наименьшим — по ETH10, ETH10, ILSTS6 и TGLA122 (по две аллели). Число эффективных аллелей было минимальным по локусу BM1818 ($N_e = 2,31$) у голштинизированных и по SPS115 ($N_e = 2,44$) у чистопородных быков, а максимальным — по TGLA122 ($N_e = 6,29$) и TGLA53 ($N_e = 6,59$) соответственно. В среднем у помесных животных количество эффективных аллелей было незначительно выше (на 0,25). Наибольшее соответствие числа фактических и эффективных аллелей наблюдалось по локусу BM1824 (1,16 у помесных быков и 1,27 — у чистопородных), а наименьшее — по TGLA227 (3,68 и 2,92).

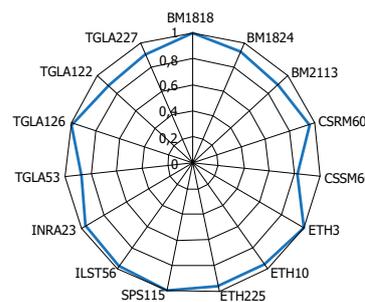
Наибольшее генетическое разнообразие наблюдалось по локусу TGLA122 ($I = 2,046$) у помесных и по TGLA53 ($I = 2,011$) у чистопородных быков, а наименьшее — по BM1818 ($I = 1,050$ и 1,174). В среднем у голштинизированных животных разнообразие аллельфонда анализируемых локусов была незначительно выше. Максимальная наблюдаемая гетерозиготность у голштинизированных производителей в равной степени наблюдалась по локусам TGLA227 и TGLA53

Таблица 4. Коэффициенты генетического сходства и генетического расстояния между отдельными STR-локусами у голштинизированных и чистопородных холмогорских быков

Table 4. Coefficients of genetic similarity and genetic distance between individual STR loci in Holstein and chi-pedigree Kholmogorsky bulls

Локус	R	D
BM1818	0,981	0,019
BM1824	0,933	0,069
BM2113	0,898	0,108
CSRM60	0,960	0,041
CSSM66	0,827	0,190
ETH3	0,992	0,008
ETH10	0,955	0,046
ETH225	0,964	0,037
SPS115	0,996	0,004
ILSTS6	0,971	0,029
INRA23	0,969	0,032
TGLA53	0,878	0,131
TGLA126	0,989	0,011
TGLA122	0,887	0,120
TGLA227	0,917	0,086
M±m	0,941 ± 0,013	0,062 ± 0,014

Рис. 1. Генетическое сходство между микросателлитными локусами у голштинизированных и чистопородных холмогорских быков
Fig. 1. Genetic similarity between microsatellite loci in Holstein and purebred Kholmogorsky bulls



($H_o = 0,811$), а у чистопородных — только по TGLA53 ($H_o = 0,811$). Наиболее огомозиготными локусами у помесных быков можно считать BM1824 и TGLA126 ($H_o = 0,568$), а у чистопородных — TGLA126 ($H_o = 0,571$), при этом средний показатель гетерозиготности у данной группы животных был незначительно выше. Ожидаемая гетерозиготность у помесей была максимальной по локусу TGLA122 ($H_e = 0,841$), а минимальная — по BM1818 ($H_e = 0,568$), у чистопородных быков максимальная по TGLA53 ($H_e = 0,848$), минимальная — по SPS115 ($H_e = 0,590$). Анализ соответствия наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности показал, что у голштинизированных быков выраженный избыток гетерозигот просматривается по локусу TGLA227 ($Fis = -0,220$), а дефицит — по BM1824 ($Fis = 0,199$). Для чистопородных производителей избыток гетерозигот был характерен для локуса ETH10 ($Fis = -0,124$), а дефицит — для TGLA126 ($Fis = 0,154$). В среднем индекс фиксации у помесей отклонялся в сторону незначительного дефицита гетерозиготности (0,017), а у чистопородных быков — избытка (-0,025).

Наибольшее генетическое родство (табл. 4, рис. 1) между двумя выборками наблюдалось по локусу SPS115 ($r = 0,996$), а наименьшее — по CSSM66 ($r = 0,827$). Средний коэффициент генетического сходства между помесными и чистопородными быками составил $0,941 \pm 0,013$.

Выводы/Conclusions

Метизация холмогорского скота голштинским, по всей видимости, привела к элиминации отдельных аллелей и появлению ранее не регистрируемых вариантов ДНК-микросателлитов у данной группы животных. Несмотря на большее количество генеалогических линий у чистопородных производителей, холмогорские быки по аллельной структуре STR-маркеров оказались генетически менее разнообразны, что, по всей види-

мости, обусловлено сокращением численности животных отечественной селекции. Вместе с тем смещение индекса фиксации у чистопородных производителей в сторону избытка фактической гетерозиготности указывает на минимальную вероятность инбридинга на данном этапе разведения. Таким образом, полученные данные позволяют оптимизировать мероприятия, направленные на сохранение аллельного разнообразия исчезающего генофонда холмогорского скота.

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 выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России № FGMW 2019-0051 и проекта межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования».

FUNDING:

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. FGMW 2019-0051 and the project of the interregional world-class scientific and educational center «Russian Arctic: new materials, technologies and research methods».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Матюков В.С., Тырина Ю.О., Кантанен Ю., Столповский Ю.А. О генетических особенностях и селекционной ценности местного скота (на примере холмогорской породы). *Сельскохозяйственная биология*. 2013; 48(2): 19–30. <https://elibrary.ru/pzaxlp>
2. Матюков В.С. Еще раз о генофонде и селекции холмогорского скота. Монография. Сыктывкар. 2007; 139. ISBN 978-5-7934-0208-8 <https://elibrary.ru/qkzbrz>
3. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Рухлова Т.А., Кувакина И.В., Хуснутдинова Е.Д. Система селекционно-племенной работы с холмогорской породой крупного рогатого скота в Архангельской области на 2014–2019 годы. Архангельск. 2014; 122. ISBN 978-5-7536-0430-9 <https://www.elibrary.ru/trdrsf>
4. Николаев С.В., Шемуранова Н.А. Продуктивность коров холмогорской породы с различной степенью голштинизации в условиях Республики Коми. *Молочное и мясное скотоводство*. 2020; (2): 19–23. <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.82.49.005>
5. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Калашникова Л.А. Проблемы сохранения отечественных пород молочного скота. *Зоотехния*. 2016; (9): 2–4. <https://www.elibrary.ru/wmwmur>
6. Паронян И.А. Возможности сохранения и совершенствования генофонда пород крупного рогатого скота отечественной селекции. *Достижения науки и техники АПК*. 2018; (5): 63–66. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10516>
7. Матюков В.С., Жариков Я.А., Лобов Д.В. Сохранить холмогорскую породу — основу органического сельского хозяйства на Севере. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019; 55: 63–69. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-12063>
8. Матюков В.С., Жариков Я.А., Зиновьева Н.А. Генетическая история и ценность генофонда исчезающей холмогорской породы. *Молочное и мясное скотоводство*. 2018; (2): 2–8. <https://www.elibrary.ru/xmgueh>
9. Николаев С.В., Конопельцев И.Г., Матюков В.С. Воспроизводительные качества коров холмогорской породы в сравнении с другими породами скота молочного направления в Республике Коми. *Современные научно-практические достижения в ветеринарии. Сборник статей Международной научно-практической конференции*. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия. 2019; 10: 52–56. <https://www.elibrary.ru/kasjel>
10. Кузнецов В.М. Сравнение методов оценки генетической дифференциации популяций по микросателлитным маркерам. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020; 21(2): 169–182. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.169-182>
11. Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle. *Annals of Animal Science*. 2009; 9(2): 119–125.
12. Dotsev A.V. et al. Microsatellite-based heterozygosity fitness correlations in reindeer. *Journal of Animal Science*. 2019; 97(S3): 266. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.541>
13. Van de Goor L.H.P., Panneman H., Van Haeringen W.A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci. *Animal Genetics*. 2009; 40(5): 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01891.x>

ОБ АВТОРАХ:

Семен Викторович Николаев, кандидат ветеринарных наук, научный сотрудник, Институт агробιοтехнологий им. А.В. Журавского ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ручейная, 29, Сыктывкар, 167023, Россия semen.nikolaev.90@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Владимир Леонтьевич Ялуга, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, пр-т Никольский, 20, Архангельск, 163020, Россия yaluga29@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-0215-9715>

REFERENCES

1. Matyukov V.S., Tyrina Yu.O., Kantanen Yu., Stolpovskii Yu.A. About features and selective value of the gene pool in local cattle (for Kholmogory breed as an example). *Agricultural biology*. 2013; 48(2): 19–30 (In Russian). <https://elibrary.ru/pzaxlp>
2. Matyukov V.S. Once again about the gene pool and breeding of Kholmogorsky cattle. Monograph. Syktyvkar. 2007; 139 (In Russian). ISBN 978-5-7934-0208-8 <https://elibrary.ru/qkzbrz>
3. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Rukhlova T.A., Kuvakina I.V., Khusnutdinova E.D. The system of selection and breeding work with the Kholmogorsky breed of cattle in the Arkhangelsk region for 2014–2019. Arkhangelsk. 2014; 122 (In Russian). ISBN 978-5-7536-0430-9 <https://www.elibrary.ru/trdrsf>
4. Nikolaev S.V., Shemuranova N.A. Productivity of cows of the kholmogorskaya breed with varying degrees of holstein in the Komi Republic. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; (2): 19–23 (In Russian). <https://doi.org/10.33943/MMS.2020.82.49.005>
5. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Kalashnikova L.A. Gene pool preservation problems of Russian dairy cattle breeds. *Zootekhnika*. 2016; (9): 2–4 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wmwmur>
6. Paronyan I.A. Possibilities of preservation and improvement of the gene pool of cattle of domestic breeding. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; (5): 63–66 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10516>
7. Matyukov V.S., Zharikov Ya.A., Lobov D.V. Preserve the Kholmogorsky breed — the basis of organic agriculture in the North. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2019; 55: 63–69 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-12063>
8. Matyukov V.S., Zharikov Ya.A., Zinovieva N.A. Genetic history and value of the gene pool appearing Holmogorsky breed. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2018; (2): 2–8 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xmgueh>
9. Nikolaev S.V., Konopel'tsev I.G., Matyukov V.S. Reproducible qualities of cows of the Kholmogorsky breed in comparison with other breeds of dairy cattle in the Komi Republic. *Modern scientific and practical achievements in veterinary medicine. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Kirov: Vyatka State Agrotechnological University. 2019; 10: 52–56 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/kasjel>
10. Kuznetsov V.M. Comparison of methods for evaluating genetic differentiation of populations by microsatellite markers. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020; 21(2): 169–182 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.169-182>
11. Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle. *Annals of Animal Science*. 2009; 9(2): 119–125.
12. Dotsev A.V. et al. Microsatellite-based heterozygosity fitness correlations in reindeer. *Journal of Animal Science*. 2019; 97(S3): 266. <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.541>
13. Van de Goor L.H.P., Panneman H., Van Haeringen W.A. A proposal for standardization in forensic bovine DNA typing: allele nomenclature of 16 cattle-specific short tandem repeat loci. *Animal Genetics*. 2009; 40(5): 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2009.01891.x>

ABOUT THE AUTHORS:

Semen Viktorovich Nikolaev, Candidate of Veterinary Sciences, Researcher, A.V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 29 Rucheynaya Str., Syktyvkar, 167023, Russia semen.nikolaev.90@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5485-4616>

Vladimir Leontievich Yaluga, candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, The Federal Research Center for the Integrated Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 20 Nikolsky Ave., Arkhangelsk, 163020, Russia yaluga29@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-0215-9715>

УДК 631.43

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68

Я.З. Каипов, ✉
З.Р. Султангазин,
Р.Л. Акчурин

Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского исследовательского центра Академии наук Российской Федерации, Уфа, Россия

✉ akaipov@mail.ru

Поступила в редакцию:
21.01.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68

Yakhiya Z. Kaipov, ✉
Zufar R. Sultangazin,
Rifkat L. Akchurin

Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Research Center of the Academy of Sciences of the Russian Federation, Ufa, Russia

✉ akaipov@mail.ru

Received by the editorial office:
21.01.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Продолжающееся ухудшение состояния сельскохозяйственных земель и в целом природной обстановки требует перехода к природоохранному земледелию, частью которого являются биологизированные севообороты. Цель исследований — установление влияния биологизированных севооборотов на содержание органического вещества и агрофизические свойства почвы в условиях засушливой степи Южного Урала.

Методы. Проводили полевые опыты и лабораторные анализы по общепринятым методикам. Почва опытного поля — чернозем обыкновенный среднесуглинистый. Климат — засушливый. В годы исследований гидротермический коэффициент составлял 0,27–0,65. В опыте изучили семипольные биологизированные севообороты с четырьмя полями зерновых культур, двумя полями люцерны и чистым паром (I типа), с пятью полями зерновых и двумя полями люцерны (II типа). В качестве контроля взяли шестипольный зернопаровой севооборот. Создавали фоны питания: без удобрений, органические, минеральные.

Результаты. Выявили, что биологизированные севообороты в звене люцерны первого и второго годов пользования накапливают в слое почвы 0–40 см 7,8–9,1 т/га пожнивно-корневых остатков (ПКО), что в три-семь раз больше по сравнению с зернопаровым севооборотом. Повышенное количество ПКО в биологизированных севооборотах оказывает разрыхляющее влияние на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. Плотность пахотного слоя — 1,10 г/см³, подпахотного — 1,05 г/см³. Соответственно, показатели зернопарового севооборота — 1,12 г/см³ и 1,12 г/см³, или на 6% больше. В биологизированных севооборотах содержались в почве более высокие запасы влаги. Весенние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в биологизированных севооборотах — от 97 до 112 мм по фонемам удобрений, что на 8–22 мм больше, чем в зернопаровом севообороте. Таким образом, биологизированные севообороты в условиях засушливой степи Южного Урала способствуют оптимизации агрофизических свойств и улучшению водного режима почвы.

Ключевые слова: биологизированные севообороты, засушливая степь, пожнивно-корневые остатки, люцерна, плотность почвы

Для цитирования: Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л. Влияние биологизированных севооборотов на органическое вещество и агрофизические свойства почвы в засушливой степи Южного Урала. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 63–68. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>

© Каипов Я.З., Султангазин З.Р., Акчурин Р.Л.

The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals

ABSTRACT

Relevance. The continuing deterioration of the state of agricultural lands and the natural environment in general requires a transition to conservation agriculture, of which biologized crop rotations are a part. The purpose of the research is to establish the influence of biologized crop rotations on the content of organic matter and agrophysical properties of the soil in the arid steppe of the Southern Urals.

Methods. Field experiments and laboratory analyses were carried out according to generally accepted methods. The soil of the experimental field is ordinary medium loamy chernozem. The climate is arid. During the years of research, the hydrothermal coefficient was 0.27–0.65. In the experiment, we studied seven-field biologized crop rotations with four grain fields, two alfalfa fields and pure steam (type I), with five grain fields and two alfalfa fields (type II). As a control, a six-field grain-pair crop rotation was taken. We created food backgrounds: without fertilizers, organic, mineral.

Results. It was revealed that biologized crop rotations in the alfalfa link of the first and second years of use accumulate 7.8–9.1 t/ha of crop-root residues in the soil layer 0–40 cm, which is three to seven times more than the grain-pair crop rotation. The increased amount of PKO in biologized crop rotations has a loosening effect on the arable (0–30 cm) and sub-arable (30–40 cm) soil layers. The density of the arable layer is 1.10 g/cm³, the sub — arable layer is 1.05 g/cm³. Accordingly, the indicators of grain — pair crop rotation are 1.12 g/cm³ and 1.12 g/cm³, or 6% more. Biologized crop rotations contained higher moisture reserves in the soil. Spring reserves of productive moisture in the soil layer of 0–100 cm in biologized crop rotations — from 97 to 112 mm for fertilizer backgrounds, which is 8–22 mm more than in the grain-steam crop rotation. Thus, biologized crop rotations in the conditions of the arid steppe of the Southern Urals contribute to the optimization of agrophysical properties and improvement of the water regime of the soil.

Key words: biologized crop rotations, arid steppe, crop-root residues, alfalfa, soil density

For citation: Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L. The influence of biologized crop rotations on organic matter and agrophysical soil layers in the arid steppe of the Southern Urals. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 63–68 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-63-68>

© Kaipov Ya.Z., Sultangazin Z.R., Akchurin R.L.

Введение/Introduction

Земледелие сопряжено противоречием между необходимостью всё возрастающего производства продукции для человечества и сохранением плодородия почв. К настоящему времени сложилась неблагоприятная обстановка — естественное плодородие почв снижается. К более интенсивной деградации подвергаются сельскохозяйственные ландшафты аридных территорий [1]. Требуется ускорение принятия срочных мер по оптимизации землепользования в связи с изменениями климата. Сообщается, что средняя температура воздуха вблизи поверхности земли выросла на 1,0–2,0 °C в XX веке в Азии [2], что обычно сопровождается возрастанием засушливости территорий. Для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния сельскохозяйственных земель и в целом природной обстановки предлагается перейти к природоохранному земледелию (ПЗ) [3], частью которого являются биологизированные севообороты. Согласно обзору А. Нурбекова с соавторами, различные элементы ПЗ, такие как создание постоянного покрова из растительных остатков на почве, начинают успешно применяться на больших площадях полеводства, несмотря на различные условия регионов [4]. В литературных обзорах больше внимания уделяется биологизации земледелия путем более полного использования пожнивно-корневых остатков и сидерации однолетними полевыми культурами в севооборотах [5]. Исследования влияния многолетних трав на плодородие почв проведены в основном в зонах достаточного увлажнения или (если в аридных территориях) только при определенном сочетании засушливых и относительно увлажненных сезонов года [5–8]. Роль биологизированных севооборотов в регулировании органического вещества и агрофизических свойств почвы в Зауральской степи Башкортостана недостаточно изучена. Данная почвенно-климатическая зона обладает особыми сочетаниями засушливых периодов, отличающимися от большинства территорий степи Южного Урала, поэтому есть необходимость исследования влияния факторов биологизации на плодородие почвы в указанной географической местности.

Цели исследований — установление влияния биологизированных севооборотов на содержание органического вещества и агрофизические свойства почвы в условиях засушливой степи Южного Урала.

Материал и методы исследования / Material and methods

Проводили полевые опыты и лабораторные анализы по общепринятым методикам. Опытное поле расположено в Баймакском научном подразделении Башкирского НИИ сельского хозяйства в пределах Зауральской степи Республики Башкортостан. Почва представлена черноземом обыкновенным среднесуглинистым. Исходное содержание гумуса в пахотном слое (0–20 см) — 7,0–7,5%, подвижного фосфора — 107–114 мг/кг, доступного калия — 140–160 мг/кг. Реакция почвенной среды — близкая к нейтральной с показателем pH 5,60–5,75. Среднегодовое количество атмосферных осадков — 300 мм, за вегетационный период (с мая по сентябрь) — 194 мм (норма). Однако за последние десятилетия осадки уменьшились, увеличивая засушливость зоны проведения исследований. В 2019 году проведения опытов осадки вегетационного периода составили 160 мм — 82% от нормы, в 2020-м — 84 мм (44%), в 2021-м — 71 мм (37%), в 2022-м — 167 мм (86%). По среднесуточным климатическим данным, гидротермический

Таблица 1. Схемы севооборотов в полевом опыте (фактор А)
Table 1. Crop rotation patterns in field experience (factor A)

№ п/п	Название севооборота	Схема чередования культур в севообороте
1	Шестипольный зернопаровой (контроль)	1) пар чистый и сидеральный; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница; 4) горох; 5) яровая пшеница; 6) ячмень
2	Семипольный биологизированный I типа (с чистым паром)	1) пар чистый и сидеральный; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница + люцерна; 4) люцерна 1-го года пользования (г. п.)*; 5) люцерна 2-го (г. п.)*; 6) яровая пшеница; 7) ячмень.
3	Семипольный биологизированный II типа (без чистого пара)	1) горох; 2) яровая пшеница; 3) яровая пшеница + люцерна; 4) люцерна 1-го г. п.*; 5) люцерна 2-го г. п.*; 6) яровая пшеница; 7) ячмень

* 1-го г. п. — первого года пользования, 2-го г. п. — второго года пользования

коэффициент (ГТК) зоны проведения полевых опытов составляет 0,8, что указывает на умеренную засушливость региона (Селянинов, 1958). За счет существенного недобора осадков ГТК уменьшились: в 2019 г. — до 0,6, в 2020-м — 0,3, в 2021-м — 0,27, в 2022-м — 0,65. Согласно шкале оценки увлажнения, 2019 и 2022 гг. были очень засушливые (0,7–0,4), 2020 и 2021 г. — сухие (менее 0,4).

В опыте изучили три вида севооборота на различных фонах питания по схеме, приведенной в таблице 1.

В каждом поле севооборота создавались фоны питания с внесением органических и минеральных удобрений. В качестве контроля взяли делянки без органических и минеральных удобрений как фон естественного почвенного питания. Как органическое удобрение использовали солому зерновых культур севооборота, оставленную при уборке и разбросанную (равномерно) поверхностно. Количество соломы определялось структурой урожая зерновых культур, с соотношением 1,1:1,0. Соответственно, норма оставленной на почве соломы колебалась от 1 г/га до 2,5 т/га в зависимости от степени увлажнения года возделывания культур севооборотов. Фоны питания представлены в таблице 2.

В опыте применялась комбинированная обработка почвы общим фоном, дифференцированно по полям севооборотов. В чистом пару — плоскорезная обработка весной на глубину 10–14 см, вспашка осенью — на 22–24 см. Яровая пшеница (вторая после пара) — без основной обработки. Под горох в зернопаровом севообороте — безотвальная (чизельная) обработка на 25–27 см; яровая пшеница после гороха — без основной обработки; под ячмень — дискование на 8–10 см. Под яровую пшеницу с подсевом люцерны в биологизированных севооборотах — вспашка на 25–27 см, под яровую пшеницу по пласу люцерны — вспашка на 20–22 см, ячмень после яровой пшеницы — без основной обработки почвы.

Учет корневой и пожнивной массы проводили по рамочному методу Н.З. Станкова, послыное взятие

Таблица 2. Фоны питания в полях экспериментальных севооборотов (фактор Б)
Table 2. Feeding backgrounds in the fields of experimental crop rotations (factor B)

Органические удобрения	Минеральные удобрения
Без органических удобрений	Без минеральных удобрений (контроль)
	Азотно-фосфорные удобрения в дозе N ₃₀ P ₂₀
Солома зерновых культур	Без минеральных удобрений (контроль)
	Азотно-фосфорные удобрения в дозе N ₃₀ P ₂₀

почвенного монолита — саперной лопатой. Определение влажности почвы — по ГОСТ 28268-89¹ (2006). Данные опыта подверглись статистической обработке по методикам Б.А. Доспехова (1985)².

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Накопление корневых и пожнивных растительных остатков в почве зависело от глубины взятия образцов, вида севооборота и условий увлажнения года проведения эксперимента. 75–90% растительных остатков обнаруживалось в слое 0–30 см, что обусловлено, скорее всего, наличием наиболее благоприятных условий для развития корневых систем в верхних слоях почвы — водно-воздушного режима и питательного (табл. 3, 4).

На подпахотный слой 30–40 см с менее подходящими условиями роста корней приходятся остальные 10–25% растительных остатков. Резко выраженные различия, составляющие в среднем три-семь раз, были зафиксированы при учете показателей между севооборотами. Максимальное количество растительных остатков накопили биологизированные севообороты, под которыми в слое почвы 0–40 см содержалось 7,76–9,11 т сухого вещества (СВ) корней и жнивья. Контрольный зернопаровой севооборот накапливал в таком же слое почвы 1,41–1,79 т/га растительной биомассы, что в пять раз меньше, чем в биологизированных севооборотах. Высшие показатели в данных интервалах по содержанию корневых и стерневых остатков относятся к вегетационному периоду 2022 г., который отличался значительно более высоким увлажнением (ГТК 0,65) по сравнению с 2021 г. (ГТК 0,27). Это указывает на то, что во влажные годы фитомасса корней культур севооборотов увеличивается наряду с более интенсивным ростом их надземной части. Как указывается в литературе, в странах с влажным умеренным климатом с преобладающим травопольным хозяйством происходит постоянное обогащение почв перегноем.

Значительно меньше, чем в нашем опыте, поступило в почву пожнивно-корневых остатков в полевых опытах с севооборотами на дерново-подзолистых почвах в Марийском НИИ сельского хозяйства. Наибольшее количество (3,28 т/га) поступило в плодосменном севообороте с двумя полями клевера, тремя полями зерновых культур и одним полем картофеля [9].

Корневая и пожнивная биомасса возделываемых культур севооборотов оказывает положительное влияние на свойства почвы, в том числе и агрофизические. Почвенные микроорганизмы, питаясь корневыми выделениями, в свою очередь обогащают почву органическими веществами, улучшающими структуру почвы. В структурной почве повышается общая скважность, что проявляется в снижении плотности сложения и увеличении влагоемкости. Такое же действие оказывает и почвенная фауна: дождевые черви, личинки жуков и др. А.В. Дедов и соавторы, проводившие полевые исследования в ЦЧЗ России, сообщают об улучшении структурного состояния и меньшем уплотнении почвы в звене севооборота с люцерной [10]. Масса корневой системы яровой пшеницы в опыте на серой лесной среднесуглинистой почве во Владимирском НИИСХ была обратно пропорциональна плотности сложения пахотного слоя

Таблица 3. Накопление корневых и пожнивных остатков в почве под культурами зернопарового и биологизированных севооборотов. 2021 г. — особо засушливый. Сумма осадков за май–август — 58 мм (35% от нормы)

Table 3. Accumulation of root and crop residues in soil under crops grain and biologized crop rotations. 2021 — is a particularly dry year. The amount of precipitation for May–August is 58 mm (35% of the norm)

Севооборот	Культура	Слой почвы, см	СВ* корней и пожнивных остатков, т/га	Разница с контролем	
				т/га	кратность
Зернопаровой (контроль)	яровая пшеница	0–30	1,03 (73%)	–	–
		30–40	0,38 (27%)	–	–
		0–40	1,41 (100%)	–	–
Биологизированный I типа	люцерна 2-го г. п.	0–30	7,13 (90%)	+6,10	7,7
		30–40	0,80 (10%)	+0,42	2,1
		0–40	7,93 (100%)	+6,52	5,6
Биологизированный II типа	люцерна 2-го г. п.	0–30	6,81 (88%)	+5,88	7,3
		30–40	0,95 (12%)	+0,57	2,5
		0–40	7,76 (100%)	+6,35	5,5
	НСП ₀₅	0–30		3,05	
		30–40		0,33	

СВ* — сухое вещество (определено в соответствии с ГОСТ 31640-2012³)

Таблица 4. Накопление корневых и пожнивных остатков под культурами зернопарового и биологизированных севооборотов. 2022 г. — умеренно засушливый. Сумма осадков за май–август — 108 мм (65% от нормы)

Table 4. Accumulation of root and crop residues under crops of grain-steam and biologized crop rotations. 2022 — moderately arid. The amount of precipitation for May–August is 108 mm (65% of the norm)

Севооборот	Культура	Слой почвы, см	СВ корней и пожнивных остатков, т/га	Разница с контролем	
				т/га	кратность
Зернопаровой (контроль)	яровая пшеница	0–30	1,32	–	–
		30–40	0,47	–	–
		0–40	1,79	–	–
Биологизированный I типа	люцерна 2-го г. п.*	0–30	8,18	+6,86	6,2
		30–40	0,93	+0,46	2,0
		0–40	9,11	+7,32	5,1
Биологизированный II типа	люцерна 2-го г. п.*	0–30	7,95	+6,63	7,0
		30–40	0,96	+0,49	2,0
		0–40	8,91	+7,12	5,0
	НСП ₀₅	0–30		3,5	
		30–40		0,28	

* расшифровка дана в таблице 1

в период после посева. Эту зависимость подтверждает коэффициент корреляции ($r = -0,87$) между массой корней в слое 0–150 см и плотностью сложения в слое 0–20 см после посева [11]. В эксперименте также отмечалось разуплотнение почвенной толщи под влиянием корневой системы люцерны в биологизированном севообороте. На фоне без органических удобрений, но с внесением минеральных $N_{30}P_{20}$ разрыхляющее влияние биологизированных севооборотов распространилось одновременно на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы (табл. 5). Средняя плотность почвы в слое 0–30 см в зернопаровом севообороте составила 1,13 г/см³, а в биологизированном севообороте — существенно меньше (1,10 г/см³), что доказывается математической обработкой (НСП₀₅ = 0,02).

¹ ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 5-е изд. Москва: Агропромиздат. 1985; 351.

³ ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

Таблица 5. Влияние севооборотов и фонов питания на плотность пахотного и подпахотного слоев почвы. Срок определения — середина вегетации (6–14 июля) (средние за 2020–2022 гг.)
Table 5. Effect of crop rotations and food backgrounds on arable density and subsurface soil layers.
The term of determination is the middle of the growing season (July 6–14) (average for 2020–2022)

Слой почвы, см	Без органических удобрений, N ₃₀ P ₂₀			Солома, N ₃₀ P ₂₀		
	Севооборот		Разница	Севооборот		Разница
	зернопаровой	биологизированный*		зернопаровой	биологизированный*	
0–10	1,14	1,12	-0,01	1,11	1,11	0
10–20	1,15	1,11	-0,04	1,08	1,09	+0,01
20–30	1,10	1,09	-0,01	1,08	1,09	+0,01
0–30	1,13	1,10	-0,03	1,09	1,10	+0,01
	НСР ₀₅ (0–30)		0,02			0,02
30–40	1,12	1,05	-0,07 (6,2%)	1,12	1,05	-0,07 (6,2%)
	НСР ₀₅ (30–40)		0,04			0,05

* Приведены данные условно одного биологизированного севооборота, так как показатели обоих биологизированных севооборотов были практически одинаковые

На фоне внесения соломы в указанном выше слое плотность почвы в зернопаровом и биологизированном севооборотах составляла одинаковую величину (в пределах 1,09–1,10 г/см³). Это, по-видимому, объясняется разуплотняющим влиянием соломенной мульчи, оставляемой в течении трех лет (в 2019 г. — при уборке пшеницы, в 2020-м — гороха, в 2021-м — пшеницы) в зернопаровом севообороте. В эти же сроки в биологизированных севооборотах солома оставалась только один раз (в 2019 г.) при уборке пшеницы с подсевом люцерны, соответственно, влияние мульчи было меньшее. В результате влияние обоих факторов — соломы и корневой системы люцерны — в сравниваемых севооборотах выравнивалось. Уже в подпахотном слое (30–40 см), скорее всего, влияние соломы отсутствовало, а мощно развитая корневая система люцерны продолжала разрыхляющее действие. Как следствие, плотность данного слоя почвы в биологизированном севообороте оказалась меньше с показателем 1,05 г/см³ против 1,12 г/см³ в контрольном зернопаровом севообороте. Таким образом, разрыхляющее влияние люцерны в пахотном слое биологизированных севооборотов по-разному проявляется в зависимости от фона органических удобрений, а в подпахотном слое наблюдается устойчивое уменьшение плотности почвы в биологизированных севооборотах по сравнению с зернопаровым севооборотом независимо от фона органических удобрений. По данным Н.М. Мудрых, И.А. Самофалова (2017), многолетние бобовые травы имеют ряд преимуществ перед навозом: корневая система трав способствует разрыхлению подпахотного слоя почвы, защищает от эрозии, способствует борьбе с сорняками; экологически безопасны и экономически выгодны [5]. О положительном влиянии соломы, оставляемой при уборке хлопчатника, на содержание органического углерода и разуплотнение пахотного и подпахотного слоев в супесчаной почве Южной Африки сообщают исследователи из Аграрного университета Китая [12].

Изменения, вызванные различным накоплением пожнивнокорневых остатков, сказались в содержании запасов продуктивной влаги в почве

исследуемых севооборотов. В среднем за три года исследований (2020–2022 гг.) в биологизированных севооборотах содержались в почве существенно более высокие запасы продуктивной влаги, чем в контрольном зернопаровом севообороте (табл. 6). Более высокие преимущества биологизированных севооборотов по запасам продуктивной влаги в почве отмечались весной (перед посевом). Так, в деланках без внесения органических удобрений среднегодовые запасы продуктивной влаги в биологизированных севооборотах составляли 97 мм, что на 8 мм (9,0%) больше, чем в зернопаровом севообороте. На фоне органических удобрений (сидерат + солома) соответствующие показатели составляли 112 мм, 22 мм и 24,4%. В середине вегетационного периода общие запасы влаги в почве в сравниваемых севооборотах уменьшились примерно в три раза по сравнению с допосевным состоянием, но преимущества биологизированных севооборотов по влажности почвы сохранились, хотя в малых пропорциях.

Фоны удобрений оказывали на накопление запасов продуктивной влаги в почве меньшее влияние, чем севообороты. Так, биологизированные севообороты на фоне органических удобрений перед посевом имели в среднем за три года 112 мм доступной влаги, что на 15 мм больше, чем в одноименных севооборотах без органических удобрений. Относительная разница составляет 15,5%, что значительно меньше разницы между севооборотами (24,4%). Следовательно, влияние севооборотов является более сильным фактором улучшения водного режима почвы, так как они оказывают наибольшее воздействие на изменение агрофизических свойств почвы. В то же время органические удобрения выступают как дополнительный фактор оптимизации указанных свойств почвы.

Результаты полевого опыта согласуются с данными исследователей из НИИСХ Юго-Востока (2009) (с такими же условиями засушливой степи). Ю.Ф. Курдюков и соавторы сообщают, что под воздействием многолетних трав

Таблица 6. Влияние севооборотов и фонов питания на содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см (средние за 2020–2022 гг., мм)
Table 6. The influence of crop rotations and food backgrounds on the content of productive moisture in the soil layer is 0–100 cm (average for 2020–2022, mm)

Годы	Перед посевом		Разница		Середина вегетации		Разница	
	1-й севооборот	2-й и 3-й севооборот*	мм	%	1-й севооборот	2-й и 3-й севооборот*	мм	%
Без органических удобрений								
2020	89	94	+5	5,6	14	14	0	0
2021	76	73	-3	-3,9	18	16	-2	-11,1
2022	102	123	+21	20,5	54	62	+8	14,8
Среднее	89	97	+8	9,0	29	31	+2	6,9
		НСР ₀₅	4,1	4,5			1,8	6,2
Сидерат + солома								
2020	89	94	+5	5,6	10	11	+1	10
2021	75	89	+14	18,7	20	23	+3	15
2022	105	152	+47	44,7	54	62	+8	14,8
Среднее	90	112	+22	24,4	28	32	+4	14,3
		НСР ₀₅	6,0	6,7			2,4	8,6

* пояснение такое же, как в таблице 5.

в севообороте улучшается водопроницаемость почвы и что к посеву яровой пшеницы по предшественнику озимая пшеница слой почвы 0–150 см содержал 147 мм продуктивной влаги, а по плану многолетних трав — 138 мм в среднем за семь лет [13]. Таким образом, было доказано, что запасы влаги в почве к посеву однолетних культур, следующих за многолетними травами, почти не уступают показателям, свойственным однолетним предшественникам в полевых севооборотах. Несмотря на иссушающее воздействие многолетних трав, в результате осенью (к сроку уборки) почва под травами содержала намного меньший запас влаги по сравнению с полями однолетних культур в севообороте. По данным В.Г. Гребенникова, И.А. Шипилова, О.В. Хониной, проводивших исследования в сухостепной зоне, использование в севообороте совместных посевов тритикале с многолетними травами (в том числе и с люцерной) способствует улучшению накопления в почве влаги осенне-зимних осадков [14].

Выводы/Conclusion

Биологизированные полевые севообороты в звене люцерны 1-го и 2-го годов пользования накапливают в слое почвы 0–40 см 7,8–9,1 т/га пожнивно-корневых остатков, что в три-семь раз больше по сравнению

с зернопаровым севооборотом. Повышенная корневая и пожнивная биомасса люцерны в биологизированных севооборотах оказывает разрыхляющее влияние на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. Плотность пахотного слоя почвы в биологизированном севообороте оказалась меньшей с показателем 1,05 г/см³ против 1,12 г/см³ в контрольном зернопаровом севообороте. На фоне без органических удобрений, но с внесением минеральных N₃₀P₂₀ разрыхляющее влияние биологизированных севооборотов распространилось одновременно на пахотный (0–30 см) и подпахотный (30–40 см) слои почвы. В среднем за три года исследований (2020–2022 гг.) в биологизированных севооборотах содержались в почве существенно более высокие запасы продуктивной влаги, чем в контрольном зернопаровом севообороте.

Весенние запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в биологизированных севооборотах составляли от 97 до 112 мм по фонемам удобрений, что на 8–22 мм больше, чем в зернопаровом севообороте. Таким образом, биологизированные севообороты в условиях засушливой степи Южного Урала способствуют оптимизации агрофизических свойств и улучшению водного режима почвы.

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

- He M., Ji X., Bu D., Zhi J. Cultivation effects on soil texture and fertility in an arid desert region of northwestern China. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(4): 701–715. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0069-7>
- Yu Y. *et al.* Climate change in Central Asia: Sino-German cooperative research findings. *Science Bulletin*. 2020; 65(9): 689–692. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.02.008>
- Quanying W., Yang W., Qicun W., Jingshuang L. Impacts of 9 years of a new conservation agricultural management on soil organic carbon fractions. *Soil & Tillage Research*. 2014; 143: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.05.004>
- Nurbekov A., Akramkhanov A., Kassam A., Sydyk D., Ziyadullaev Z., Lamers J.P.A. Conservation Agriculture for combating land degradation in Central Asia: a synthesis. *AIMS Agriculture and Food*. 2016; 1(2): 144–156. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.144>
- Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор). *Пермский аграрный вестник*. 2017; (1): 88–97. <https://elibrary.ru/ygswcr>
- Зезин Н.Н., Намятов М.А., Постников П.А., Зубарев Ю.Н. Оценка эффективности факторов биологизации в земледелии Уральского региона. *Пермский аграрный вестник*. 2019; (1): 34–41. <https://elibrary.ru/xftlqp>
- Морозов В.И., Тойгильдин А.П., Подсевалов М.И. Биологизация технологии возделывания яровой пшеницы и формирование ее продуктивности в условиях Среднего Поволжья. *Нива Поволжья*. 2016; (4): 49–55. <https://elibrary.ru/ypsnfnj>
- Зеленев А.В., Уришев Р.Х., Протопопов В.М. Приемы сохранения плодородия светло-каштановых почв в полевых биологизированных севооборотах Нижнего Поволжья. *Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции*. Волгоград: Волгоградский ГАУ. 2015; 52–54. <https://elibrary.ru/xcpbjt>
- Замятин С.А., Максимова Р.Б. Почвоулучшающая роль пожнивно-корневых остатков в полевых севооборотах. *Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки*. 2020; 6(3): 287–294. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294>

REFERENCES

- He M., Ji X., Bu D., Zhi J. Cultivation effects on soil texture and fertility in an arid desert region of northwestern China. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(4): 701–715. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0069-7>
- Yu Y. *et al.* Climate change in Central Asia: Sino-German cooperative research findings. *Science Bulletin*. 2020; 65(9): 689–692. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.02.008>
- Quanying W., Yang W., Qicun W., Jingshuang L. Impacts of 9 years of a new conservation agricultural management on soil organic carbon fractions. *Soil & Tillage Research*. 2014; 143: 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.05.004>
- Nurbekov A., Akramkhanov A., Kassam A., Sydyk D., Ziyadullaev Z., Lamers J.P.A. Conservation Agriculture for combating land degradation in Central Asia: a synthesis. *AIMS Agriculture and Food*. 2016; 1(2): 144–156. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.2.144>
- Mudryh N.M., Samofalova I.A. on to the experience of the usage of plant residues in soils of Non-Black soil zone of Russia (review). *Perm Agrarian Journal*. 2017; (1): 88–97 (In Russian). <https://elibrary.ru/ygswcr>
- Zezin N.N., Namyatov M.A., Postnikov P.A., Zubarev U.N. Evaluation of the effectiveness of biologization factors in agriculture of the Ural region. *Perm Agrarian Journal*. 2019; (1): 34–41 (In Russian). <https://elibrary.ru/xftlqp>
- Morozov V.I., Toigildin A.L., Podsevalov M.I., Basenkov V.V. Biologization of cultivation technology of spring wheat and its productivity in the conditions of Middle Volga region. *Niva Povolzhya*. 2016; (4): 49–55 (In Russian). <https://elibrary.ru/ypsnfnj>
- Zelenev A.V., Urishev R.Kh., Protopyopov V.M. Techniques for preserving the fertility of light chestnut soils in field biologized crop rotations of the Lower Volga region. *Problems of rational use of natural resource complexes of arid territories. Collection of scientific works of the International scientific and practical conference*. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 2015; 52–54 (In Russian). <https://elibrary.ru/xcpbjt>
- Zamyatin S.A., Maksimova R.B. Soil improving role of crop-root residues in field crop rotations. *Vestnik of Mari State University. Chapter: Agriculture. Economics*. 2020; 6(3): 287–294 (In Russian). <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-3-287-294>

10. Дедов А.В., Несмеянова М.А., Дедов А.А., Кузнецова Т.А. Бинарные посевы с люцерной синей и плодородие почвы. *Земледелие*. 2014; (5): 21–23. <https://elibrary.ru/suackj>

11. Зинченко С.И., Рябов Д.А. Особенности формирования корневой системы зерновых культур в агроэкосистемах серой лесной почвы. *Фундаментальные исследования*. 2014; (8-3): 651–656. <https://elibrary.ru/sjmmux>

12. Ndzelu B.S., Dou S., Zhang X. Corn straw return can increase labile soil organic carbon fractions and improve water-stable aggregates in Haplic Cambisol. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(6): 1018–1030. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0024-7>

13. Курдюков Ю.Ф., Лощина Л.П., Попова Ж.П., Шубитидзе Г.В., Кузьмичев Ф.П., Третьяков М.В. Роль многолетних трав в полевых севооборотах засушливой степи Поволжья. *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2009; (2): 38–42. <https://elibrary.ru/wmvmrz>

14. Гребенников В.Г., Шипилов И.А., Хонина О.В. Энергосберегающая технология выращивания многолетних трав на деградированных каштановых почвах сухостепной зоны. *Животноводство и кормопроизводство*. 2019; 102(2): 163–173. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-163>

10. Dedov A.V., Nesmeyanova M.A., Dedov A.A., Kuznetsova T.A. Binary crops with lucerne blue and fertility. *Zemledelie*. 2014; (5): 21–23 (In Russian). <https://elibrary.ru/suackj>

11. Zinchenko S.I., Ryabov D.A. Features of formation of root system of grain crops in agroecosystems of the grey forest soil. *Fundamental research*. 2014; (8-3): 651–656 (In Russian). <https://elibrary.ru/sjmmux>

12. Ndzelu B.S., Dou S., Zhang X. Corn straw return can increase labile soil organic carbon fractions and improve water-stable aggregates in Haplic Cambisol. *Journal of Arid Land*. 2020; 12(6): 1018–1030. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0024-7>

13. Kurdyukov Yu.F., Loschinina L.P., Popova Zh.P., Shubitidze G.V., Kuzmichev F.P., Teriakov M.V. Role of perennial grasses in field crop rotation of droughty steppe of Volga region. *Agrarian Reporter of South-East*. 2009; (2): 38–42 (In Russian). <https://elibrary.ru/wmvmrz>

14. Grebennikov V.G., Shipilov I.A., Honina O.V. Energy-saving technology of growing perennial herbs on degraded chestnut soils of dry steppe zone. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2019; 102(2): 163–173 (In Russian). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-102-2-163>

ОБ АВТОРАХ:

Яхия Зайнуллович Каипов,

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
akaipov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8612-2583>

Зуфар Рафкатович Султангазин,

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
zufar-75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7928-1156>

Рифкат Лутфуллович Акчурин,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела растениеводства, земледелия и почвенного плодородия, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Р. Зорге, 19, Уфа, 450059, Россия
rifkat-61@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6798-3660>

ABOUT THE AUTHORS:

Yakhia Zainullovich Kaipov,

Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Department of Crop Production, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
akaipov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8612-2583>

Zufar Rafkatovich Sultangazin,

Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Department of Plant Growing, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
zufar-75@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7928-1156>

Rifkat Lutfullovich Akchurin,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Crop Production, Agriculture and Soil Fertility, Bashkir Research Institute of Agriculture of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Sorge Str., Ufa, 450059, Russia
rifkat-61@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6798-3660>



Н.А. Морозов¹,
Н.А. Ходжаева¹,
И.В. Прохорова¹,
А.И. Хрипунов²,
Е.Н. Общия² ✉

¹ Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Буденновск, Ставропольский край, Россия

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

✉ obzia@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.03.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023



Nicolai A. Morozov¹,
Nina A. Khodzhaeva¹,
Ivanna V. Prokhorova¹,
Alexander I. Khripunov²,
Elena N. Obshchiya² ✉

¹ Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Budennovsk, Stavropol territory, Russia

² North Caucasus Federal Agrarian Research Centre Mikhailovsk, Stavropol territory, Russia

✉ obzia@mail.ru

Received by the editorial office:
10.03.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Задача сохранения и повышения плодородия почв является актуальной, поскольку тесно связана с урожайностью сельскохозяйственных культур.

Методы. Исследования проводили в засушливой зоне Ставропольского края на Прикумской опытно-селекционной станции в четырех шестипольных севооборотах с 1969 по 2022 г. Цель исследований — изучить влияние насыщения зерновых севооборотов чистым паром на различных фонах питания на плодородие каштановой почвы в условиях Восточного Предкавказья.

Результаты. За 53 года исследований содержание и запасы гумуса в пахотном слое почвы в зернопаровых севооборотах снизились: на контроле — на 0,18–0,22% и 4,7–5,8 т/га, на удобренном фоне — на 0,04–0,08% и 1,0–2,0 т/га, а в севообороте без чистого пара, наоборот, повысились, соответственно, на 0,05% и 1,3 т/га и на 0,21% и 5,5 т/га. На естественном фоне минерализация органического вещества проходила значительно интенсивнее, чем на вариантах с внесением удобрений. Запасы нитратного азота в севооборотах с 50,0% и 33,3% чистого пара снизились на контроле на 7,6 кг/га и 1,3 кг/га, а на удобренном фоне в севообороте с 50,0% чистого пара — на 3,5 кг/га. В остальных вариантах опыта количество азота возросло. Максимальное содержание этого элемента на всех фонах питания отмечалось в севообороте без чистого пара. На всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора и обменного калия повысилось на контроле на 0,7–2,5 мг/кг и 31–62 мг/кг соответственно, а на удобренном фоне — на 7,2–20,0 мг/кг и 12–38 мг/кг почвы. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению запасов фосфора на 13,6–44,6 кг/га и уменьшению калия на 20–63 кг/га по сравнению с контролем.

Ключевые слова: чистый пар, севооборот, минеральные удобрения, гумус, макроэлементы, почвенное плодородие

Для цитирования: Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на плодородие каштановой почвы. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 69–73. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>

© Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Прохорова И.В., Хрипунов А.И., Общия Е.Н.

The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil

ABSTRACT

Relevance. The task of preserving and increasing soil fertility is urgent, since it is closely related to crop yields.

Methods. The research was carried out in the arid zone of the Stavropol Territory at the Prikumskaya experimental breeding station in four 6-pole crop rotations from 1969 to 2022. The purpose of the research is to study the effect of saturation of grain crop rotations with pure steam on various nutrition backgrounds on the fertility of chestnut soil in the conditions of the Eastern Caucasus.

Results. Over 53 years of research, the content and reserves of humus in the arable soil layer in grain-steam crop rotations decreased by 0.18–0.22% and 4.7–5.8 t/ha at the control, on a fertilized background — 0.04–0.08% and 1.0–2.0 t/ha, and in crop rotation without pure steam, on the contrary, increased, respectively, by 0.05% and 1.3 t/ha and 0.21% and 5.5 t/ha. On a natural background, the mineralization of organic matter took place much more intensively than on the variants with the introduction of fertilizers. Nitrate nitrogen reserves in crop rotations with 50.0% and 33.3% of pure steam decreased by 7.6 kg/ha and 1.3 kg/ha at the control, and on a fertilized background in crop rotation with 50.0% of pure steam — by 3.5 kg/ha. In other variants of the experiment, the amount of nitrogen increased. The maximum content of this element on all food backgrounds was noted in the crop rotation without pure steam. In all variants of the experiment, the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium increased at the control by 0.7–2.5 and 31–62 mg/kg, and on a fertilized background by 7.2–20.0 and 12–38 mg/kg of soil. The application of mineral fertilizers contributed to an increase in phosphorus reserves by 13.6–44.6 kg/ha and a decrease in potassium by 20–63 kg/ha compared to the control.

Key words: pure steam, crop rotation, mineral fertilizers, humus, macronutrients, soil fertility

For citation: Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I. V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. The effect of crop rotations and mineral fertilizers on the fertility of chestnut soil. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 69–73 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-69-73>

© Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Prokhorova I. V., Khripunov A.I., Obshchiya E.N.

Введение/Introduction

Сложное органическое вещество гумус является интегральным показателем почвенного плодородия, его содержание тесно коррелирует с урожайностью сельскохозяйственных культур. В почвах Ставропольского края его содержится от 2 до 6–7%, он является основой их плодородия и источником важнейших элементов питания растений [1–3].

Значительная роль органических веществ (гумуса) состоит в создании и обеспечении благоприятных физических, физико-химических свойств почвы, их содержание влияет на ее пористость, водоудерживающую и поглотительную способность, тепловые и технологические свойства, буферность и структуру почвы [4].

По запасам гумуса и питательных веществ почвы региона способны обеспечивать урожаи полевых культур еще многие годы, однако при этом неуклонно снижалось бы их потенциальное плодородие (вплоть до полной деградации). Рост продуктивности возможен только на фоне повышения плодородия почв, поэтому необходимо вносить с удобрениями такое количество элементов, которое бы существенно превышало их вынос с урожаем и обеспечивало расширенное воспроизводство [5–8].

В засушливых зонах края при широком распространении зернопаровых севооборотов и высоком насыщении структуры посевных площадей зерновыми культурами (80% и выше) дефицит гумуса на каштановых почвах составляет 800 кг/га и более. Необоснованное применение чистых паров сверх оптимальных размеров увеличивает степень минерализации органического вещества, усиливает эрозионные процессы и снижает эффективность использования пашни [9, 10].

Цель исследований — изучить влияние насыщения зерновых севооборотов чистым паром на различных фонах питания на плодородие каштановой почвы в засушливых условиях Ставрополя.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводились в 1969–2022 гг. на Прикумской опытно-селекционной станции, которая является филиалом ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Почва опытного участка — каштановая среднесуглинистая, карбонатная. Содержание гумуса в пахотном слое почвы до закладки опыта — от 1,45 до 1,62% (по Тюрину, ГОСТ 26213-91¹). Общего азота содержалось от 0,13 до 0,14% (по Грандваль-Ляжу), подвижного фосфора — от 13,8 до 15,0 мг/кг, обменного калия — 265–295 мг/кг (по Мачигину, ГОСТ 26205-91²). Плотность почвы составляла 1,32 г/см³, рН солевой вытяжки — 7,0–7,1. В полуметровом слое почвы карбонатов — 7,14%.

Технология возделывания полевых культур — общепринятая для засушливой зоны. Районированные сорта культур возделывали на удобренном и неудобренном фоне. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию. Расположение делянок — последовательное. Повторность опыта — четырехкратная. Общая площадь делянки — 448,5 м², учетная — 210 м². С 1969 года опыт с шестипольными зерновыми севооборотами развертывался одним полем, а с 1976-го — всеми полями во времени и пространстве (табл. 1).

Климат — среднеконтинентальный со среднегодовым количеством осадков 427 мм, температурой воздуха 11,25 °С и суммой активных температур 3839 °С. За последние 30 лет (1991–2020 гг.) по сравнению с предыдущим 30-летием (1961–1990 гг.) среднегодовая температура воздуха увеличилась на 0,82 °С, сумма активных температур — на 202 °С, годовых осадков — на 25 мм. Основной прирост осадков приходится на январь — май и сентябрь — октябрь, что благоприятно для возделывания озимой пшеницы как главной зерновой культуры региона. Весь вегетационный период (с апреля по октябрь) является очень засушливым (ГТК = 0,68), но наиболее засушлив летне-осенний период (с июля по октябрь) (ГТК = 0,54). Весенне-летний отрезок вегетации (с апреля по июнь) характеризуется как устойчиво влажный (ГТК = 0,92). Агрохимические исследования проводились с начала закладки опыта по настоящее время. Почвенные образцы отбирались в июне — по окончании восьмой ротации севооборотов (2017–2022 гг.). Статистическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову³, используя программу AgCStat для Excel.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Проведенные более чем за 50 лет исследования показали, что на естественном фоне в вариантах с различным насыщением чистым паром исходное содержание и запасы гумуса в слое каштановой почвы 0–20 см достоверно снизились за это время на 0,18–0,22% и 4,7–5,8 т/га. В зернопропашном севообороте без чистого пара наблюдалась тенденция увеличения этих показателей на 0,05% и 1,3 т/га (без математического подтверждения).

На удобренном фоне наблюдалась аналогичная ситуация по гумусу. Однако внесение минеральных удобрений в различных дозах снижало темпы падения содержания гумуса в севооборотах с чистым паром на 0,10–0,15%, а его запасов — на 2,7–4,0 т/га, делая незначимыми различия между исходными данными и данными за восьмую ротацию севооборотов. В севообороте без чистого пара содержание и запасы гумуса достоверно увеличивались на 0,16% и 4,2 т/га по сравнению с контролем. Статистически значимые различия между удобренным фоном и контролем наблюдались в первом севообороте с максимальным насыщением

Таблица 1. Схема изучаемых севооборотов и система удобрений
Table 1. The scheme of the studied crop rotations and the fertilizer system

Севооборот № 1	Севооборот № 2
Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀ Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀ Чистый пар Озимая пшеница — P ₃₀	Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Яровой ячмень
Севооборот № 3	Севооборот № 4
Чистый пар Озимая пшеница — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Кукуруза на з/к — N ₃₅ P ₆₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Яровой ячмень	Эспарцет на з/к — P ₄₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Кукуруза на з/к — N ₃₅ P ₆₀ Озимая пшеница — N ₃₅ Яровой ячмень + эспарцет

¹ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

² ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

³ Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) Б.А. Доспехова. Москва: Книга по требованию. 2012; 352.

чистым паром и в зернопропашном севообороте без чистого пара (табл. 2).

На контроле минерализация органического вещества происходила значительно интенсивнее, чем на вариантах с внесением удобрений, и повышалась с увеличением количества чистых паров в севообороте. В зернопропашном севообороте с занятым эспарцетовым паром на зеленый корм запасы гумуса на естественном фоне не только не снижались, но на удобренном фоне достоверно повышались. Возделываемый под покровом ярового ячменя эспарцет скашивался на второй год вегетации в фазу максимального вегетативного развития (цветения), оставляя после себя большое количество корневых и растительных остатков. Благодаря благоприятным климатическим изменениям сбор зеленой массы эспарцета после 2000 г. (по сравнению с первыми годами закладки опыта) увеличился в 2,8 раза — с 9,1 до 25,5 т/га.

Таким образом, по сравнению с контролем применение минеральных удобрений в зерновых севооборотах с чистым паром способствовало снижению потерь органического вещества при минерализации гумуса, а возделывание многолетних бобовых культур (эспарцета) в зернопропашном севообороте без чистого пара сохраняло положительный баланс гумуса на естественном фоне и достоверно повышало на удобренном варианте.

Азот почв представлен в основном органическими соединениями (99%), в составе которых 65–80% занимают негидролизуемые и 5–10% трудногидролизуемые фракции. Валовое содержание азота в каштановых почвах в два-три раза ниже (0,12–0,16% и 3,2–3,9 т/га), чем в черноземах (0,36–0,45% и 7,9–9,0 т/га). К тому же он малодоступен для усвоения растениями, что визуально видно рано весной на посевах озимых зерновых. Поэтому внесение на таких посевах азотных удобрений в виде подкормок очень эффективно. Доступными эти соединения становятся лишь после их минерализации. Минеральный азот в почвах представлен в основном $N-NO_3$ и $N-NH_4$ [4].

Последнее определение нитратного азота показало, что его содержание и запасы математически значимо снизились в первом севообороте на контроле на 3,0 кг/га и 7,6 кг/га, а на удобренном фоне — на 1,4 мг/кг и 3,5 кг/га (по сравнению с исходными данными). В третьем севообороте с 16,6% чистого пара и в севообороте без чистого пара запасы нитратного азота достоверно повышались на всех фонах питания, а во втором севообороте с 33,3% чистого пара они изменялись незначительно. На всех фонах питания максимальное содержание этого элемента отмечалось в четвертом севообороте без чистого пара. По мере увеличения количества чистых паров запасы азота уменьшались на естественном фоне в первом севообороте на 14,0 кг/га, во втором — на 7,7 кг/га, в третьем — на 1,3 кг/га, а на удобренном фоне, соответственно, на 12,7 кг/га, 7,2 кг/га и 4,9 кг/га (по сравнению с зернопропашным севооборотом). Применение минеральных

Таблица 2. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы гумуса в пахотном слое почвы на различных фонах питания

Table 2. Effect of degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and reserves of humus in the arable layer of soil for different nutrition backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 гг.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		%	т/га	%	т/га	%	т/га		
1 (50,0)	контроль	1,61	42,2	1,39	36,4	-0,22	-5,8	0,032	0,046
	P ₉₀	1,61	42,2	1,54	40,4	-0,07	-1,8	0,082	
2 (33,3)	контроль	1,63	42,7	1,45	38,0	-0,18	-4,7	0,041	0,062
	N ₃₅ P ₈₀	1,63	42,7	1,59	41,7	-0,04	-1,0	0,098	
3 (16,6)	контроль	1,62	42,4	1,44	37,7	-0,18	-4,7	0,040	0,071
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,62	42,4	1,54	40,4	-0,08	-2,0	0,081	
4 (0)	контроль	1,45	38,0	1,50	39,3	+0,05	+1,3	0,086	0,044
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	1,45	38,0	1,66	43,5	+0,21	+5,5	0,036	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобренным фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

Таблица 3. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы нитратного азота в пахотном слое почвы на различных фонах питания

Table 3. Effect of degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and stocks of nitrate nitrogen in the arable layer of soil by different nutrition backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 гг.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	7,7	19,6	4,7	12,0	-3,0	-7,6	0,024	0,041
	P ₉₀	7,7	19,6	6,3	16,1	-1,4	-3,5	0,048	
2 (33,3)	контроль	5,6	14,3	5,1	13,0	-0,5	-1,3	0,092	0,114
	N ₃₅ P ₈₀	5,6	14,3	6,4	16,3	+0,8	+2,0	0,084	
3 (16,6)	контроль	3,6	9,2	5,6	14,3	+2,0	+5,1	0,036	0,247
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	3,6	9,2	5,3	13,5	+1,7	+4,3	0,041	
4 (0)	контроль	3,1	7,9	5,6	14,3	+2,5	+6,4	0,031	0,128
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	3,1	7,9	6,9	17,1	+3,8	+9,2	0,016	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобренным фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

удобрений снижало потери азота в севооборотах с 50,0% и 33,3% чистого пара на 1,3–1,6 мг/кг и 3,3 кг/га и 4,1 кг/га и увеличивало его содержание в севообороте без чистого пара на 1,3 мг/кг и 2,8 кг/га (по сравнению с контролем). Существенная разница между фонами питания по запасам нитратного азота отмечалась только в первом севообороте (табл. 3).

Каштановые почвы занимают почти половину сельскохозяйственных земель края. Хорошие запасы валового фосфора в этих почвах представлены в основном труднорастворимыми минеральными солями железа, кальция и алюминия. Для перевода этих солей в доступные формы необходим фермент фосфатаза [11], который выделяют почвенные микроорганизмы в процессе своей деятельности, или минерализация органического вещества в виде гумуса. Но эти почвы плохо обеспечены подвижным фосфором.

Перед закладкой опыта его содержание в пахотном слое почвы по Мачигину не превышало 16,6 мг/кг абсолютно сухой почвы. По окончании восьмой ротации севооборотов содержание и запасы подвижного фосфора на контроле достоверно повышались в первом и четвертом севооборотах, а на удобренном фоне — во всех вариантах опыта. Внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений в разных дозах увеличивало содержание и запасы подвижного фосфора в зернопропашном севообороте на 5,4 мг/кг и 13,6 кг/га, а в зернопаровых севооборотах — на 7,3–17,5 мг/кг и 18,6–44,6 кг/га. Причем чем выше насыщение севооборотов чистым паром, тем больше содержалось и накапливалось фосфора на удобренных вариантах. По сравнению с контролем внесение минеральных удобрений способствовало повышению запасов фосфора: в первом севообороте —

Таблица 4. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы подвижного фосфора в пахотном слое почвы на различных фонах питания
Table 4. Effect of the degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and stocks of mobile phosphorus in the arable soil layer for different nutritional backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 г.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	16,6	42,3	19,1	48,7	+2,5	+6,4	0,028	<0,001
	P ₉₀	16,6	42,3	36,6	93,3	+20,0	+51,0	<0,001	
2 (33,3)	контроль	14,1	36,0	14,8	37,7	+0,7	+1,7	0,094	<0,001
	N ₃₅ P ₈₀	14,1	36,0	24,8	63,2	+10,7	+27,2	<0,001	
3 (16,6)	контроль	15,0	38,3	15,8	40,3	+0,8	+2,0	0,086	<0,001
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	15,0	38,3	23,1	58,9	+8,1	+20,6	<0,001	
4 (0)	контроль	13,8	35,2	15,6	39,8	+1,8	+4,6	0,032	<0,001
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	13,8	35,2	21,0	53,6	+7,2	+18,2	<0,001	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобрением фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

на 91,6%, во втором — на 67,6%, в третьем — на 46,2%, в четвертом — на 34,7%. Достоверное различие между фонами питания наблюдалось на всех изучаемых севооборотах (табл. 4).

Калий — один из трех основных элементов, необходимых для жизнедеятельности растений. Его валовое содержание в пахотном слое каштановой почвы составляет 2,0–2,1%, а запасы — 54,1 т/га, что значительно превышает содержание азота и фосфора. Калий находится в почве в основном в составе первичных и вторичных минералов, таких как полевой шпат, слюда, иллит, вермикулит и др. Для каштановых почв (вследствие более молодого их возраста по сравнению с черноземами) характерна более высокая степень подвижного калия [4].

Возможность этого элемента переходить из обменного в обменное состояние хорошо протекает в чистых парах. Подвижными формами калия обогащают почву растительные остатки зерновых, кормовых культур и многолетних бобовых трав, причем в вегетативной части его содержится в два раза больше, чем в зерне. Растворимые соли этого элемента являются хорошим источником питания растений. При такой высокой обеспеченности почв калием внесение калийных удобрений было малоэффективным, поэтому они в опыте и не вносились.

По сравнению с исходными данными содержание и запасы обменного калия в слое почвы 0–20 см достоверно увеличились на контроле на 31–62 мг/кг и 79–158 кг/га, а на удобренном фоне — на 12–38 мг/кг и 31–97 кг/га. В зернопаровых севооборотах с увеличением количества чистого пара запасы калия повышались на удобренном варианте с 31 кг/га до 95 кг/га, а на естественном фоне — с 79 кг/га до 158 кг/га. Внесение минеральных удобрений способствовало уменьшению содержания и запасов

Таблица 5. Влияние степени насыщения севооборотов чистым паром на содержание и запасы обменного калия в пахотном слое почвы на различных фонах питания
Table 5. Effect of the degree of saturation of crop rotations with clean fallow on the content and reserves of exchangeable potassium in the arable soil layer for different nutritional backgrounds

№ севооборота (% чистого пара)	Дозы удобрений за севооборот, кг/га д. в.	Исходные данные (1969 г.)		8-я ротация (2017–2022 г.)		Отклонение (+/-)		P*	P#
		мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га		
1 (50,0)	контроль	315	803	377	961	+62	+158	<0,001	0,01
	P ₉₀	315	803	352	898	+38	+95	<0,001	
2 (33,3)	контроль	303	773	334	852	+31	+79	<0,001	0,121
	N ₃₅ P ₈₀	303	773	322	821	+19	+48	0,004	
3 (16,6)	контроль	295	752	327	834	+32	+82	<0,001	0,01
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	295	752	307	783	+12	+31	0,036	
4 (0)	контроль	265	676	311	793	+46	+117	<0,001	0,168
	N ₁₀₅ P ₁₀₀	265	676	303	773	+38	+97	<0,001	

P* — значимость различий между исходными данными и восьмой ротацией (критерий Манна — Уитни), P# — значимость различий между удобрением фоном и контролем (критерий Манна — Уитни)

калия в севооборотах с чистым паром, соответственно, на 12–24 мг/кг и 31–63 кг/га, а в севообороте без чистого пара — на 8 мг/кг и 20 кг/га (по сравнению с контролем). Минимальное снижение калия на удобренном фоне наблюдалось в зернопаровом севообороте, а максимальное — при 50%-ном насыщении севооборотов чистым паром. То есть улучшение условий питания способствовало увеличению расхода этого элемента и большего его выноса с более высоким урожаем. Значимость различий между удобренным фоном и контролем отмечалась в первом и третьем севооборотах (табл. 5).

Выводы/Conclusion

Результаты исследований в длительном стационарном опыте в засушливой зоне свидетельствуют о том, что баланс гумуса в пахотном слое каштановой почвы в севооборотах с чистым паром отрицательный, а в зернопаровом севообороте без чистого пара — положительный и зависел от состава возделываемых культур, количества чистого пара в севообороте и условий минерального питания. Темпы минерализации органического вещества на естественном фоне были значительно выше, чем в удобренных вариантах.

Положительный баланс фосфора и калия наблюдался во всех вариантах опыта и фонах питания, азота — на контроле только в севооборотах без чистого пара и с 16,6% чистого пара, а на удобренном фоне — во всех вариантах, кроме первого севооборота с максимальным насыщением чистым паром (50%). Внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений в разных дозах способствовало увеличению содержания и запасов подвижного фосфора, уменьшению обменного калия и неоднозначно влияло на нитратный азот.

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. Куприченко М.Т., Антонова Т.Н., Симбирев Н.Ф., Цыганков А.С. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие. Монография. Ставрополь. 2002; 312. ISBN 5-901563-29-8
2. Багринцева В.Н. Питание зерновых колосовых культур на каштановых почвах Ставрополя. Монография. Москва: Международный институт питания растений в Российской Федерации. 2015; 109. ISBN 978-5-59905417-1-9

REFERENCES

1. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N., Simbirev N.F., Tsygankov A.S. Stavropol land resources and their fertility. Monograph. Stavropol. 2002; 312 (In Russian). ISBN 5-901563-29-8
2. Bagrintseva V.N. Nutrition of grain crops on chestnut soils of Stavropol. Monograph. Moscow: Filial of non-governmental not-for-profit organization International Plant Nutrition Institute in Russian Federation. 2015; 109 (In Russian). ISBN 978-5-59905417-1-9

3. Kuprichenkov M.T. Bonitirovka почв. Монография. Ставрополь: АГРУС. 2005; 281. ISBN 5-9596-0231-8 <https://elibrary.ru/tdqzjr>
4. Kuprichenkov M.T., Simbirev N.F., Tsygankov A.S., Petrova A.S. Мониторинг плодородия земельных ресурсов Ставропольского края. Монография. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство. 2002; 247. ISBN 5-901563-41-7 <https://elibrary.ru/thfyof>
5. Кулинцев В.В. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края. Ставрополь: АГРУС. 2013; 518. ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://elibrary.ru/tbgyoz>
6. Шеховцов Г.А., Чайкина Н.Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края. *Земледелие*. 2018; (6): 21–26. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
7. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусовое состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; (10): 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
8. Гагиев Б.В. и др. Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2017; 54(4): 25–31. <https://elibrary.ru/zxgwun>
9. Морозов Н.А., Ходжаева Н.А., Хрипунов А.И., Община Е.Н. Влияние условий минерального питания, чистых и занятых паров на плодородие каштановой почвы Восточного Предкавказья. *Аграрная наука*. 2021; (6): 46–49. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>
10. Уланов А.К., Будажаров Л.В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приемов основной обработки и удобрений в сухой степи. *Земледелие*. 2019; (1): 15–18. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>
11. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N. Ферменты в почвах Предкавказья. Монография. Ставрополь: АГРУС. 2010; 189. ISBN 978-5-9596-0671-8 <https://elibrary.ru/qlbxdp>
3. Kuprichenkov M.T. Soil bonitization. Monograph. Stavropol: AGRUS. 2005; 281 (In Russian). ISBN 5-9596-0231-8 <https://elibrary.ru/tdqzjr>
4. Kuprichenkov M.T., Simbirev N.F., Tsygankov A.S., Petrova A.S. Monitoring of fertility of land resources of the Stavropol Territory. Monograph. Stavropol: Stavropol Book Publishing House. 2002; 247 (In Russian). ISBN 5-901563-41-7 <https://elibrary.ru/thfyof>
5. Kulintsev V.V. et al. The system of agriculture of the new generation of the Stavropol territory. Stavropol: AGRUS. 2013; 518 (In Russian). ISBN 978-5-9596-0924-5 <https://elibrary.ru/tbgyoz>
6. Shexovtsov G.A., Chaikina N.N. Monitoring of Soil Fertility, Dynamics of Application of Mineral and Organic Fertilizers, Balance of Nutrients in Soils of the Eastern Part of Stavropol Krai. *Zemledelie*. 2018; (6): 21–26 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10606>
7. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; (10): 83–87 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
8. Gagiev B.V. et al. Productivity of field rotation of crops depending on fertilizers on leached chernozem. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2017; 54(4): 25–31 (In Russian). <https://elibrary.ru/zxgwun>
9. Morozov N.A., Khodzhaeva N.A., Khripunov A.I., Obshchiya E.N. Influence of conditions of mineral nutrition, clean and occupied fallows on the fertility of the chestnut soil of the Eastern Ciscaucasia. *Agrarian science*. 2021; (6): 46–49 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-46-49>
10. Ulanov A.K., Budajapov L.V. Productivity of chestnut soil depending on moisture conditions under the long-term impact of crop rotations, tillage methods and fertilizers in the dry steppe. *Zemledelie*. 2019; (1): 15–18 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10104>
11. Kuprichenkov M.T., Antonova T.N. Enzymes in the soils of the Pre-Caucasus. Monograph. Stavropol: AGRUS. 2010; 189 (In Russian). ISBN 978-5-9596-0671-8 <https://elibrary.ru/qlbxdp>

ОБ АВТОРАХ:

Николай Александрович Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Нина Артёмовна Ходжаева, старший научный сотрудник отдела земледелия и агроэкологии, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Иванна Владимировна Прохорова, младший научный сотрудник отдела земледелия и агроэкологии, Прикумская опытно-селекционная станция, филиал «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», ул. Вавилова, 4, Буденновск, Ставропольский край, 356803, Россия fgupposs@mail.ru

Александр Иванович Хрипунов, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агроландшафтов, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия hripunov1955@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Елена Николаевна Община, старший научный сотрудник лаборатории агроландшафтов, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Россия obzia@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

ABOUT THE AUTHORS:

Nikolai Aleksandrovich Morozov, Candidate of Agricultural Sciences, Director, Prikum Experimental Breeding Station, Branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Nina Artyomovna Khodzhaeva, Senior Researcher of the Department of Agriculture and Agroecology, Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Ivanna Vladimirovna Prokhorova, junior researcher of the Department of Agriculture and Agroecology, Prikum Experimental Breeding Station, branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 4 Vavilova Str., Budennovsk, Stavropol territory, 356803, Russia fgupposs@mail.ru

Alexander Ivanovich Khripunov, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agricultural Landscapes, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonova Str., Mikhailovsk, Stavropol territory, 356241, Russia hripunov1955@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-4024-0458>

Elena Nikolaevna Obshchiya, senior Researcher at the Laboratory of Agricultural Landscapes, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonova Str., Mikhailovsk, Stavropol territory, 356241, Russia obzia@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-5173-9057>

Д.А. Иванов, ✉
М.В. Рублюк,
О.В. Карасева

Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Москва, Россия

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Поступила в редакцию:
10.04.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Dmitriy A. Ivanov, ✉
Maria V. Rublyuk,
Olga V. Karaseva

Federal Research Centre V.V. Dokuchaev
Soil Science Institute, Moscow, Russia

✉ 2016vniimz-noo@list.ru

Received by the editorial office:
10.04.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Некоторые особенности миграции калия в агроландшафте

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Рассматривается проблема влияния способов использования земель на потерю почвами калия — одного из основных элементов в триаде питания растений.

Методы. Исследования проводились в 1996–2020 гг. на основе мониторинга содержания калия в почвах агрополигона Губино ВНИИМЗ, расположенного в пределах конечно-моренного холма. Мониторинг осуществлялся на агроэкологической трансекте — производственном массиве, пересекающем основные ландшафтные позиции холма и состоящем из 10 параллельных полей, каждое из которых имеет индивидуальную историю. Определение калия проводилось в каждом поле в 30 точках опробования, расположенных в 40 м друг от друга, что позволило оценить влияние на него природных и антропогенных условий. Рассчитывались коэффициенты корреляции и регрессионные модели зависимости потерь калия от совокупности антропогенных факторов в различных микроландшафтах.

Результаты. Установлено, что характер миграции калия зависит от времени, особенностей природных условий поля и истории его использования. В режиме экстенсивного выращивания культур его содержание в почвах существенно снижается. В пределах агроландшафта влияние на пространственную динамику потерь оказывает пестрота природных условий, тогда как характер истории полей сказывается на миграционных потоках только в отдельных его частях. Особенности агроландшафта, интенсифицирующие потери калия, — легкий гранулометрический состав и господство элювиальных процессов. В транзитных и аккумулятивных геоконплексах потери калия ниже. На основе полученных закономерностей возможна разработка мероприятий по адаптивному размещению угодий и посевов, позволяющая минимизировать потери калия.

Ключевые слова: агроландшафт, обменный калий, история полей, мониторинг, статистический анализ

Для цитирования: Иванов Д.А., Рублюк М.В., Карасева О.В. Некоторые особенности миграции калия в агроландшафте. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 74–79. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-74-79>

© Иванов Д.А., Рублюк М.В., Карасева О.В.

Some Features of Potassium Migration in the Agro-Landscape

ABSTRACT

Relevance. The problem of the influence of land use methods on the loss of potassium by soils, one of the main elements in the triad of plant nutrition, is considered.

Methods. The studies were carried out in 1996–2020 on the basis of monitoring the potassium content in the soils of the Gubino VNIIMZ agro-polygon located within the limits of a finite moraine hill. The monitoring was carried out on an agro-ecological transect — an industrial array that crosses the main landscape positions of the hill and consists of 10 parallel fields, each of which has an individual history. Potassium was determined in each field at 30 sampling points located 40 m apart, which made it possible to assess the impact of natural and anthropogenic conditions on it. Correlation coefficients and regression models of the dependence of potassium losses on the totality of anthropogenic factors in various microlandscapes were calculated.

Results. It is established that the nature of potassium migration depends on time, the characteristics of the natural conditions of the field and the history of its use. In the mode of extensive cultivation of crops, its content in soils is significantly reduced. Within the agricultural landscape, the spatial dynamics of losses is influenced by the diversity of natural conditions, while the nature of the history of fields affects migration flows only in certain parts of it. The features of the agricultural landscape that intensify potassium losses are a light granulometric composition and the dominance of eluvial processes. In transit and accumulative geocomplexes, potassium losses are lower. Based on the regularities obtained, it is possible to develop measures for the adaptive placement of land and crops, which makes it possible to minimize the loss of potassium.

Key words: agrolandscape, exchangeable potassium, history of fields, monitoring, statistical analysis

For citation: Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Some features of potassium migration in the agro-landscape. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 74–79 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-74-79>

© Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V.

Введение/Introduction

Калий принадлежит к числу элементов, необходимых человеку, животным, растениям и микроорганизмам. В растительных организмах калий оказывает влияние на такие процессы, как поглощение питательных веществ и воды, синтез углеводов и белков, фотосинтез. Оптимальное питание сельскохозяйственных культур калием положительно влияет на их здоровье, предупреждает или снижает поражение грибковыми и бактериальными заболеваниями, растения лучше удерживают воду, легче переносят кратковременные засухи. При этом в их тканях происходит интенсивное накопление углеводов, способствующее повышению качества урожая: увеличивается содержание крахмала в картофеле, прочность волокна льна. Одновременно повышается и устойчивость культур к слабым заморозкам. Когда содержание калия в растениях уменьшается в три-пять раз (по сравнению с нормальным), проявляются внешние признаки калийного голодания — сначала в пожелтении, а затем и в побурении краев листьев, что приводит к потере урожая и снижению качества продукции. Востребованность этого элемента у растений и микроорганизмов оказывает существенное влияние на его миграцию в ландшафте. В земной коре калий содержится в существенных количествах (больших, чем фосфор и азот вместе взятые). Кларк (доля от массы литосферы) калия такой же, как у натрия — 2,5%, но он значительно биофильнее, а потому дефицитнее. В золе многих растений содержание калия более 10%, им богаты картофель, подсолнечник, лен, клевер, тимopheевка, гречиха, зернобобовые. Вынос калия с нетоварной частью урожая обычно больше, чем с товарной. Наиболее богаты по содержанию элемента тяжелые по гранулометрическому составу черноземы, темно- и светло-каштановые почвы. В глинистых и суглинистых почвах содержание общего калия колеблется в пределах 2–3% от массы почвы, в песчаных и супесчаных почвах его содержится меньше. Минимальными его количествами (0,03–0,15%) отличаются торфяные почвы [1, 2].

Различные сельскохозяйственные культуры поглощают неодинаковое количество калия, но, как правило, значительно больше, чем фосфора, и несколько меньше, чем азота. Калий своим присутствием в почвенном растворе способствует активизации механизма синергизма при поглощении ряда ионов, как и антагонизма отдельных катионов. В присутствии калия скорость поглощения растениями кальция и магния уменьшается в два раза [3].

Калий прежде всего входит в состав минералов, находящихся в тонкодисперсном состоянии, как правило, в виде глин. Большая часть содержащегося в почвах калия приходится на нерастворимые и малоусвояемые растениями соединения. По мнению В.Н. Якименко, разделение форм калия на калий водорастворимый (почвенного раствора) и калий почвенно-поглощающего комплекса довольно условное, так как между двумя этими фазами происходит непрерывное взаимодействие [4]. Связанный с гумусом калий органической части почвы (в силу очень небольших величин) имеет в основном теоретическое значение [5]. Значительную роль в мобилизации калия играют микроорганизмы [6].

По мере увеличения подвижности калия происходит усиление его механической подвижности в связи с эрозией почвы. По средним многолетним данным, с вынесенным мелкоземом ежегодно теряется 68,5 кг/га обменного калия. На подвижность и интенсивность поглощения его различных форм существенное влияние

оказывает влажность почвы. Резкий дефицит этого элемента в большинстве агроландшафтов вызвал необходимость применения калийных удобрений. Отмечено, что даже чернозем без внесения калийных удобрений характеризуется низкой обеспеченностью этим элементом. Огромные количества калия стали извлекаться из недр и рассеиваться в виде удобрений, мигрируя на сотни и тысячи километров. Однако, в отличие от азота и фосфора, калий сосредоточивается, как правило, в нетоварной части урожая, что способствует возврату его в почву с навозом и отходами растениеводческой продукции [7].

По своей химической природе калий является активным водным мигрантом, однако интенсивное поглощение живым веществом способствует концентрации его на биогеохимических барьерах, что является одним из механизмов его удержания в зоне гипергенеза.

В настоящее время интенсивно развивается ландшафтная геохимия, позволяющая изучить и оптимизировать потоки калия в биосфере [8–10]. Ландшафтная агрохимия, как наука, делает первые шаги, однако на ее основе в будущем могут быть разработаны мероприятия по экологической и экономической оптимизации применения калия в растениеводстве [11–13].

Важнейшими вопросами ландшафтной агрохимии являются выявление миграционных путей элементов питания растений в сельскохозяйственных ландшафтах и нахождение методов управления процессами их трансформации агротехническими и адаптационными приемами для оптимизации продукционного процесса культур и повышения экологической устойчивости агрогеосистем. Немалый интерес представляет проблема выявления характера влияния способов использования природных комплексов на потери калия из пахотного горизонта почв [14, 15].

Цель работы — описание влияния природных и агротехнологических особенностей в различных частях агроландшафта конечно-моренной гряды на характер миграционных потоков калия.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Основным методом исследования миграционных потоков калия в агроландшафте был долговременный (1996–2020 гг.) мониторинг его содержания в пахотных горизонтах почв объекта исследований (агрополигона Губино ВНИИМЗ), расположенного в 4 км к востоку от Твери (Россия). Агрополигон Губино размещен в пределах конечно-моренного холма московского возраста с относительной высотой 15 м. Холм состоит из следующих геоморфологических элементов: двух межхолмных депрессий (северной и южной), двух пологих склонов (северного — крутизной два-три градуса и южного — крутизной три-пять градусов) и плоской слабодренированной вершиной. Почвообразующие породы на агрополигоне — двучленные отложения разной мощности. Южная часть полигона (депрессия, склон и южная часть вершины) сложена мощными и среднечленными двучленами, образованными поверхностным горизонтом песчаных и супесчаных флювиогляциальных отложений толщиной 1–1,5 м, подстилаемых легко- и среднесуглинистой завалуненной карбонатной мореной. В северной части полигона господствуют мало-мощные двучлены, в которых глубина залегания морены ≈ 0,6 м. В межхолмной депрессии на севере полигона морена местами выходит на поверхность. Почвенный покров агрополигона — пестрый, представлен вариацией-

мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв. Почвы на мощных двучленах, как правило, характеризуются более легким (песчано-супесчаным) гранулометрическим составом, чем в местах с близким к поверхности залеганием морены, где они супесчано-легкосуглинистые.

Ландшафтное картирование урочища конечно-моренной гряды, в пределах которого расположен агрополигон Губино, показало наличие в нем подурочищ нескольких типов: а) транзитно-аккумулятивных (Т-А) местоположений в пределах межхолмных депрессий, где наряду с процессами транзита химических элементов наблюдается их частичная аккумуляция из грунтовых и намывных вод; б) транзитов (Т) в пределах центральных частей склонов, характеризующихся энергичным латеральным перемещением веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком; в) элювиально-транзитных (Э-Т) подурочищ верхних частей склонов, в которых на фоне латерального тока веществ наблюдается их вертикальное перемещение вниз по почвенному профилю; г) элювиально-аккумулятивного (Э-А) природного комплекса плоской вершины, в условиях которого происходит не только интенсивное вымывание питательных веществ из пахотных горизонтов в иллювиальные слои и далее в грунтовые воды, но и их локальное накопление в микропонижениях.

Следует отметить, что несмотря на типологическую близость геохимического статуса микроландшафтов, каждый из них весьма индивидуален. Так, межхолмные депрессии различаются по гранулометрическому составу почв и близостью к местному базису эрозии, транзиты на разных склонах различаются степенью проявления эрозионных процессов вследствие дифференциации по физическим параметрам почв и крутизне и т. д. Всё это определяет особенности миграции калия в каждом из выделов.

В 1996 году на площади 52 га был проведен уравнительный посев ячменя (*Hordeum*) сорта Гонор, в пределах которого был выполнен первый тур агрохимического обследования почв по сетке 40 x 40 м. В 1997 году на участке уравнительного посева был проложен физико-географический профиль-трансекта — узкий, длинный севооборотный массив, пересекающий все основные микроландшафтные позиции конечно-моренного холма. Вначале трансекта состояла из 7 продольных параллельных полос (со временем их количество возросло до 10), каждая из которых соответствовала конкретной культуре плодосменного севооборота. Ширина полосы — 7,2 м, длина — 1300 м. В пределах полосы все антропогенные воздействия были одинаковыми и одновременными, вследствие чего пространственная вариабельность урожайности культур в наибольшей степени отражала влияние на нее природных факторов. Исследования проводились в режиме экстенсивного земледелия — удобрения при выращивании растений, кроме подкормки зерновых в дозе 100 кг/га аммиачной селитры (30 кг д. в. азота), не применялись.

За четверть века каждое поле вследствие экономических, технологических и научно-исследовательских причин приобрело индивидуальные черты по степени специализации и антропогенного воздействия. На основе этого возникла возможность изучить влияние антропогенных и природных условий на динамику потерь

Таблица 1. Производственные характеристики полей в пределах трансекты

Table 1. Production characteristics of fields within transects

№ поля	Количество лет под угодьем/культурой													
	пашня	залежь	луг	севооборот*	травы 1 г. п.	травы 2 г. п.	травы 3 г. п.	картофель	озимые	Яровые + травы	яровые	лен	Промежуточные	Однолетние травы
1	3	19	4	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	15	0	11	26	5	4	2	0	2	5	3	0	3	2
3	17	0	9	26	4	3	2	0	3	4	7	1	2	0
4	15	0	11	26	4	4	3	0	2	5	4	1	1	1
5	15	0	11	26	4	4	3	0	1	4	4	2	1	1
6	16	0	10	26	4	3	3	2	1	4	5	2	2	0
7	17	0	9	26	3	3	3	1	2	3	7	2	1	0
8	14	0	12	26	4	4	4	0	1	4	5	1	2	0
9	9	17	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	4	1
10	7	16	3	10	1	1	1	0	1	2	1	0	3	0

Примечание: * в севооборот включен уравнительный посев 1996 года

элементов питания растений при экстенсивном выращивании культур.

Изучение состояния почв (обменный калий по ГОСТ Р 54650-2011)¹ проводилось в 30 точках опробования, регулярно расположенных по каждому полю на расстоянии 40 м друг от друга. На полях постоянно проводилось агрохимическое обследование почв, что позволяет судить о процессе трансформации их плодородия.

В работе использованы показатели потерь калия, определенные как разница между значениями его содержания в почвах в 1996 г. и 2020-м.

Статистическая обработка данных мониторинга осуществлялась с помощью пакетов программ STATGRAPHICS Centurion XVI.II. (Statgraphics Technologies, Inc., США), 2019 и Excel-2019 (Microsoft, США). Степень влияния ландшафтных факторов на потери калия вычислялась на основе метода Н.А. Плохинского² путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую. Статистический анализ предусматривал расчет среднего значения признака (X) и его стандартной ошибки (Sx). Значимость различий была установлена на уровне $p < 0,05$. STATGRAPHICS.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Изучение истории полей на трансекте показало, что за четверть века они приобрели индивидуальные черты (табл. 1).

Поля в пределах трансекты существенно различаются по степени и характеру антропогенного воздействия. Так, поля 1, 9 и 10, включенные в трансекту позднее, находились гораздо меньше в состоянии севооборота, чем остальные, зато гораздо больше под залежью. Существенны различия между полями и по характеру чередования культур. Эти обстоятельства позволяют изучить влияние антропогенных особенностей эксплуатации полей в различных ландшафтных условиях на характер потерь калия из пахотных горизонтов почв.

В ходе агрохимического мониторинга определены уровни потерь калия из пахотных горизонтов за время наблюдения (табл. 2).

¹ ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

² Плохинский Н.А. Биометрия. М.: изд-во МГУ. 1970; 342.

Таблица 2. Пространственная динамика потерь калия (мг / 100 г почвы) в пределах полей на трансекте с 1996 по 2020 г.

Table 2. Spatial dynamics of potassium losses (mg / 100 g of soil) within the fields on the transect from 1996 to 2020

№ поля	Подурочища							Среднее
	Т-Аю	Тю	Э-Тю	Э-А	Э-Тс	Тс	Т-Ас	
1	0,00	4,60	28,05	14,21	0,00	3,74	0,00	6,00
2	15,86	13,59	45,24	44,88	0,00	14,81	7,25	14,00
3	10,07	10,35	39,67	26,55	1,03	7,79	2,15	11,80
4	8,73	11,32	28,45	16,16	0,00	7,39	2,20	9,13
5	8,53	9,91	25,81	16,02	0,00	6,35	2,50	8,70
6	13,22	14,02	38,00	25,66	3,25	10,57	5,26	13,70
7	9,67	11,94	32,78	21,47	0,98	9,70	3,58	11,40
8	13,59	14,64	44,45	35,97	0,00	15,34	7,66	16,70
9	2,44	4,56	26,11	11,99	0,60	6,91	3,50	8,40
10	5,75	12,6	42,72	35,61	0,00	3,76	0,00	8,30
Среднее	8,79	10,75	35,13	24,85	0,57	8,64	3,41	10,81

Т-А — транзитно-аккумулятивные, Т — транзитные, Э-Т — элювиально-транзитные, Э-А — элювиально-аккумулятивные; малыми буквами обозначена экспозиция склона (с — северная, ю — южная)

Из таблицы 2 видно, что средние потери калия за 25 лет эксплуатации массива составили ≈ 11 мг / 100 г почвы, вследствие чего обеспеченность почв калием снизилась на несколько категорий — с повышенной (средняя по трансекте ≈ 20 мг / 100 г почвы) до слабой (≈ 9 мг / 100 г почвы). В пространстве агроландшафта значения потерь колеблются в широких пределах. Общей тенденцией является снижение потерь вниз по склонам холма. Максимальные потери зафиксированы на верхней части южного склона, что объясняется сравнительно легким гранулометрическим составом почв, в результате чего калий слабо удерживается их поглощающим комплексом, а также значительной выраженностью элювиальных процессов, вымывающих этот элемент в грунтовые воды. Гранулометрический состав вершины холма несколько тяжелее, что наряду с локальной аккумуляцией питательных веществ способствует некоторому уменьшению потерь калия. Минимальные потери калия наблюдаются в верхней части северного склона, относительно тяжелые почвы которого развиваются на маломощных двучленах, что снижает интенсивность элювиальных процессов.

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа влияния антропогенных условий на потери калия в разных микроландшафтах

Table 3. Results of correlation analysis of the influence of anthropogenic conditions on potassium losses in different microlandscapes

Угодья/культуры	Подурочища							Агроландшафт
	Т-Аю	Тю	Э-Тю	Э-А	Э-Тс	Тс	Т-Ас	
Коэффициенты корреляции								
Пашня	0,81	0,63	0,22	0,22	0,37	0,61	0,55	0,66
Залежь	-0,86	-0,71	-0,28	-0,3	-0,26	-0,66	-0,59	-0,7
Луг	0,82	0,71	0,31	0,35	0,1	0,64	0,55	0,66
Севооборот	0,87	0,73	0,3	0,32	0,27	0,66	0,6	0,71
Травы 1 г. п.	0,88	0,72	0,4	0,44	0,16	0,67	0,58	0,68
Травы 2 г. п.	0,86	0,75	0,32	0,38	0,04	0,65	0,58	0,66
Травы 3 г. п.	0,78	0,79	0,29	0,28	0,19	0,62	0,56	0,7
Картофель	0,32	0,35	0,07	-0,03	0,92	0,2	0,24	0,32
Озимые	0,51	0,36	0,29	0,26	0,09	0,3	0,18	0,36
Яровые + травы	0,85	0,77	0,41	0,46	0,08	0,58	0,47	0,6
Яровые	0,66	0,56	0,24	0,15	0,41	0,48	0,39	0,61
Лен	0,41	0,4	-0,17	-0,22	0,52	0,19	0,19	0,31
Промежуточные	0,2	0,1	0,38	0,4	0,07	0,23	0,33	0,25
Однолетние травы	0,24	-0,03	-0,1	0,14	-0,36	0,28	0,33	0,01

Примечание: достоверны коэффициенты $\geq [0,62]$

В целом по агроландшафту разница потерь калия между полями не столь велика. Минимальные потери отмечены нами в полях № 1, 9, 10 и 5, максимальные — в полях № 8, 6, 2, 3 и 7. На основе результатов дисперсионного анализа можно сказать, что достоверное влияние на миграцию калия в агроландшафте оказывают только условия подурочищ ($HCP_{0,05} = 5,27$ мг / 100 г), они определяют около 81% пространственной вариабельности потерь.

Влияние особенностей полей на характер потерь калия, как в целом по агроландшафту, так и по подурочищам, определяли с помощью корреляционного анализа (табл. 3).

Анализ таблицы 3 показывает, что в целом по агроландшафту достоверное влияние на динамику потерь калия оказывает характер землеустройства. Наличие залежей позволяет существенно сократить потери этого элемента. Увеличение количества пахотных и сенокосных угодий способствует истощению почв. Культивирование многолетних трав разного возраста приводит к снижению запасов калия в почве.

В пределах различных подурочищ антропогенное влияние на миграцию калия существенно различается. Наиболее заметно оно в межхолмной депрессии на юге агрополигона — здесь на снижение запасов калия влияют, кроме перечисленных причин, также и возделываемые яровые зерновые культуры, особенно с подсевом многолетних трав. Транзит южного склона по характеру миграции калия существенно не отличается от депрессии, однако ее интенсивность здесь несколько слабее и чистые посеы яровых уже не оказывают негативного воздействия. Описанные явления объясняются, на наш взгляд, легким гранулометрическим составом почв, способствующим слабому удержанию калия поглощающим комплексом и сильно выраженными транзитными процессами, усиленными близостью к местному базису эрозии, приводящими к обеднению почв калием. Изменение характера антропогенного воздействия на эти ландшафты позволяет управлять миграционными потоками калия.

Особенности сельскохозяйственного использования вершины холма и верхних частей склонов, как правило, не сказываются на характере миграции калия (кроме значительного его отчуждения с урожаем картофеля в верхней части северного склона), что можно объяснить господством элювиальных процессов, на фоне которых антропогенное влияние не столь заметно.

Снижение напряженности вертикального промывания почв и усиление транзитных процессов в пределах северного склона приводят к тому, что на характер потерь калия заметно влияют залежи и луга, степень вовлеченности территории в севооборот и доля в структуре посевных клеверотимфеочных травостоев. В межхолмной депрессии на севере агрополигона влияние антропогенных факторов на особенности формирования потерь калия достоверно, что можно объяснить затуханием транзитных процессов и аккумуляцией калия из намывных вод.

Более полную картину влияния антропогенного фактора на миграцию калия в различных ландшафтных условиях дает регрессионный анализ, позволяющий определить совокупное воздействие нескольких предикторов на изучаемое явление. Все предикторы, указанные в таблице 1, невозможно рассмотреть в одной модели, так как их количество не должно превышать число дат (в данном случае количество полей).

В работе рассчитаны два вида моделей — модели влияния характера организации угодий на потери калия и модели влияния культур на миграцию этого элемента.

В целом по агроландшафту 50% пространственной вариабельности потерь калия определяется долей севооборота в пространстве. Зависимость прямо пропорциональная. То же самое можно сказать и о транзите северного склона, где доля севооборотов в ландшафте определяет 43,6% изменчивости потерь.

Регрессионный анализ позволил выявить элементы землеустройства, препятствующие потерям калия, — это залежи. В нижней и средней частях склона южной экспозиции они определяют от 74,1 до 50,3% пространственной вариабельности потерь этого элемента.

Результаты второй модели представлены на рисунке 1. В целом по агроландшафту конечного-моренного холма увеличение потерь калия из пахотных горизонтов почв происходит при расширении посевов клеверотимофеечных трав 2 г. п., картофеля, яровых зерновых и промежуточных культур. Лен и в какой-то степени яровые с подсевом трав способствуют снижению потерь этого элемента. Старые клеверотимофеечные травостои являются важной причиной деградации калийного состояния почв в нижних и средних частях южного склона холма.

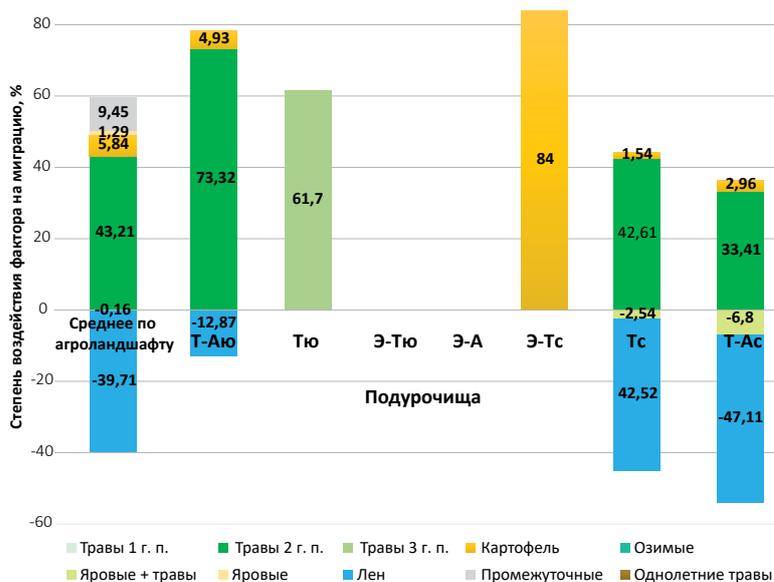
В южной депрессии отрицательную роль играет также и картофель, однако расширение посевов льна способно уменьшить потери калия в этом месте. На верхних гипсометрических отметках агроландшафта не обнаружено антропогенных факторов, влияющих на миграцию калия, кроме поглощения этого элемента картофелем в верхней части северного склона. В средней и нижней частях северного склона сложился набор культур, влияющих на миграцию калия — травы 2 г. п. и картофель способствуют потерям калия, а лен и посевы яровых с травами замедляют эти процессы.

Выводы/Conclusion

В ходе исследований установлено, что характер миграции калия в агроландшафте зависит от времени, особенностей природных условий поля и его истории. Выявлено, что в режиме экстенсивного выращивания

Рис. 1. Влияние культур на потери калия в почвах агроландшафта конечного-моренной гряды и различных его частей

Fig. 1. Influence of crops on the loss of potassium in the soils of the agrolandscape of the terminal moraine ridge and its various parts



культур при изъятии прямых и побочных продуктов растениеводства содержание калия в почвах существенно снижается — поле может перейти из разряда повышенной обеспеченности калием в разряд слабой обеспеченности. Следовательно, внесение калийных удобрений — необходимое агротехническое мероприятие для поддержания плодородия почв.

В пределах всего агроландшафта (урочища) достоверное влияние на пространственную динамику потерь калия оказывает пестрота почвенно-ландшафтных условий, тогда как характер истории полей сказывается на миграционных потоках только в пределах подурочищ.

К особенностям агроландшафта, интенсифицирующих потери калия почвами, относятся легкий гранулометрический состав и господство элювиальных процессов, а в геоконплексах с преобладанием транзитных и аккумулятивных процессов потери калия заметно ниже. Так, на вершине холма и в верхних частях склонов ежегодные потери калия составили 0,78 мг / 100 г почвы, а на средних и нижних — только 0,3 мг / 100 г почвы (на юге агрополигона — 0,38 мг / 100 г почвы, на севере — 0,23 мг / 100 г почвы).

Особенности истории полей заметным образом сказываются на миграционных потоках калия только в транзитных и транзитно-аккумулятивных ландшафтах, где их можно регулировать подбором культур и размещением залежей поперек склона. В элювиальных местоположениях (вершина и верхние части склонов) уменьшение потерь калия может быть осуществлено только с помощью земельных мелиораций на основе глинования и известкования почв и применения цеолитов.

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:

Материалы подготовлены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ) (№ 0439-2022-0017).

FUNDING:

The materials were prepared with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the State assignment of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands — branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Research Center "V.V. Dokuchaev Soil Institute" (VNIIMZ) (No. 0439-2022-0017).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лукин С.В., Васенев И.И., Цыгункин А.С. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в черноземах западной части ЦЧО. *Достижения науки и техники АПК*. 2010; (8): 42–46. <https://elibrary.ru/mupijp>
2. Козлова О.Н., Соколова Т.А., Носов В.В., Балдина В.В. О содержании калия в различных вытяжках из черноземов и дерново-подзолистых почв разного гранулометрического и минералогического состава. *Агрохимия*. 2003; (10): 13–21. <https://elibrary.ru/ontket>
3. Середина В.П. Калий и почвообразование. Томск: *Национальный исследовательский Томский государственный университет*. 2012; 354. ISBN 978-5-7511-2119-8 <https://elibrary.ru/fjcpqn>
4. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы их определения. *Почвы и окружающая среда*. 2018; 1(1): 25–31. <https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.5>
5. Якименко В.Н., Бойко В.С. Диагностика калийного состояния почв лесостепи западной Сибири. *Почвы и окружающая среда*. 2019; 2(2): 74. <https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.74>
6. Rawat J., Sanwal P., Saxena J. Potassium and Its Role in Sustainable Agriculture. Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R. (eds.). *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*. New Delhi: *Springer*. 2016; 235–253. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17
7. Осипова Д.Н., Иванова С.Е., Соколова Т.А. Калийное состояние и минералогический состав иллитовой фракции обыкновенных черноземов при внесении разных доз калийных удобрений. *Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение*. 2016; (2): 11–17. <https://elibrary.ru/vrplun>
8. Смыкович Л.И., Оношко М.П. Геохимия распространенности калия и натрия в барьерной геосистеме. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*. 2015; (3): 59–63. <https://elibrary.ru/vdjxsf>
9. Оношко М.П., Глаз А.С., Смыкович Л.И., Моисеенко В.Ф. Геохимическая оценка покровных отложений в районе размещения Белорусской АЭС. *Литасфера*. 2018; (1): 105–120. <https://elibrary.ru/vacgti>
10. Нецаева Т.В., Гопп Н.В., Савенков О.А., Смирнова Н.В. Калийное состояние почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири. *Земледелие*. 2019; (1): 10–14. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10103>
11. Кодочилова Н.А., Комиссарова В.С. Закономерности изменения калийного состояния светло-серых лесных почв на фоне длительного применения средств химизации. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; (1): 45–51. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-1-45-51>
12. Барановский И.Н., Ковалев Н.Г., Иванов Д.А., Рублюк М.В. Баланс элементов питания в разных фациях конечно-моренного холма при выращивании картофеля. *Агрохимия*. 2006; (4): 51–56. <https://elibrary.ru/htnxon>
13. Полоус В.С., Степанов С.П., Прокопова Л.О., Осауленко С.Н. Возможности стабилизации биологической активности почвы при использовании органических, минеральных удобрений, микроорганизмов и ресурсосберегающих обработок. *Успехи современного естествознания*. 2023; (1): 13–19. <https://doi.org/10.17513/use.37978>
14. Бойко В.С., Якименко В.Н., Тимохин А.Ю. Изменение калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири при длительном сельскохозяйственном использовании. *Экология и промышленность России*. 2019; 23(11): 66–71. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-11-66-71>
15. Goulding K. et al. Outputs: Potassium Losses from Agricultural Systems. Murrell T.S., Mikkelsen R.L., Sulewski G., Norton R., Thompson M.L. (eds.). *Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops*. Cham: *Springer*. 2021; 75–97. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7_3

ОБ АВТОРАХ:

Дмитрий Анатольевич Иванов,
доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, профессор, заведующий отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>

Мария Владимировна Рублюк,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5319-2614>

Ольга Васильевна Карасева,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель, Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Москва, 119017, Россия
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8377-6386>

REFERENCES

1. Lukin S.V., Vasenev I.I., Cigutkin A.S. Agroecological evaluation of exchangeable potassium long-term dynamics in chernozems at the Western part of Central Chernozemic region of Russia. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2010; (8): 42–46 (In Russian). <https://elibrary.ru/mupijp>
2. Kozlova O.N., Sokolova T.A., Nosov V.V., Baldina V.V. The content of potassium in different extracts from chernozems and soddy-podzolic soils with different particle-size and mineralogical compositions. *Agricultural Chemistry*. 2003; (10): 13–21 (In Russian). <https://elibrary.ru/ontket>
3. Seredina V.P. Potassium and soil formation. Tomsk: *Tomsk State University*. 2012; 354 (In Russian). ISBN 978-5-7511-2119-8 <https://elibrary.ru/fjcpqn>
4. Yakimenko V.N. Potassium forms in soil and methods of determination. *The Journal of Soils and Environment*. 2018; 1(1): 25–31 (In Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.5>
5. Yakimenko V.N., Boyko V.S. Diagnostics of soil potassium status in the forest-steppe of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2019; 2(2): 74 (In Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.74>
6. Rawat J., Sanwal P., Saxena J. Potassium and Its Role in Sustainable Agriculture. Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R. (eds.). *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture*. New Delhi: *Springer*. 2016; 235–253. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17
7. Osipova D.N., Ivanova S.E., Sokolova T.A. Potassium status and clay mineralogy in chernozems treated with various doses of potassium fertilizers. *Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2016; (2): 11–17 (In Russian). <https://elibrary.ru/vpelun>
8. Smykovich L.I., Onoshko M.P. Geochemistry prevalence of potassium and sodium in barrier geosystem. *Vestnik BGU. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2015; (3): 59–63 (In Russian). <https://elibrary.ru/vdjxsf>
9. Onoshko M., Glas A., Smykovich L., Moiseenko V. Geochemical estimation of cover deposits for the territory in the area of location of the Belarusian Nuclear Power Plant. *Litasfera*. 2018; (1): 105–120 (In Russian). <https://elibrary.ru/vacgti>
10. Nechaeva T.V., Gopp N.V., Savenkov O.A., Smirnova N.V. Potassium status of the slope agricultural landscape in the South-East of Western Siberia. *Zemledelie*. 2019; (1): 10–14 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10103>
11. Kodochilova N.A., Komissarova V.S. Principles of potassium state change of light gray forest soil in case of long term application of chemicals. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019; (1): 45–51 (In Russian). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-1-45-51>
12. Baranovsky I.N., Kovalev N.G., Ivanov D.A., Rublyuk M.V. Balance of nutrients in different facies of a morainic hill under potato growing. *Agricultural Chemistry*. 2006; (4): 51–56 (In Russian). <https://elibrary.ru/htnxon>
13. Polous V.S., Stepanov S.P., Prokopova L.O., Osaulenko S.N. The possibilities of stabilizing the biological activity of the soil with the use of organic, mineral fertilizers, microorganisms and resource-saving treatments. *Advances in current natural sciences*. 2023; (1): 13–19. <https://doi.org/10.17513/use.37978>
14. Boiko V.S., Yakimenko V.N., Timokhin A.Yu. The change in potassium status of soils of forest-steppe of Western Siberia in long-term agricultural use. *Ecology and Industry of Russia*. 2019; 23(11): 66–71 (In Russian). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-11-66-71>
15. Goulding K. et al. Outputs: Potassium Losses from Agricultural Systems. Murrell T.S., Mikkelsen R.L., Sulewski G., Norton R., Thompson M.L. (eds.). *Improving Potassium Recommendations for Agricultural Crops*. Cham: *Springer*. 2021; 75–97. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59197-7_3

ABOUT THE AUTHORS:

Dmitry Anatolyevich Ivanov,
Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department for Monitoring the Condition and Use of Drained Lands, Federal Research Center «V.V. Dokuchaev Soil Institute», 7 building 2 Pyzhevsky Lane, Moscow, 119017, Russia
2016vniimz-noo@list.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>

Maria Vladimirovna Rublyuk,
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department for Monitoring the Condition and Use of Drained Lands, Federal Research Center «V.V. Dokuchaev Soil Institute», 7 building 2 Pyzhevsky Lane, Moscow, 119017, Russia
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0001-5319-2614>

Olga Vasilievna Karaseva,
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department for Monitoring the Condition and Use of Drained Lands, Federal Research Center «V.V. Dokuchaev Soil Institute», 7 building 2 Pyzhevsky Lane, Moscow, 119017, Russia
2016vniimz-noo@list.ru
<http://orcid.org/0000-0002-8377-6386>



И.В. Бакулова, ✉
И.И. Плужникова,
Н.В. Криушин

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ i.bakulova.pnz@fnclk.ru

Поступила в редакцию:
12.01.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023



Irina V. Bakulova, ✉
Irina I. Pluzhnikova,
Nikolay V. Kriushin

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

✉ i.bakulova.pnz@fnclk.ru

Received by the editorial office:
12.01.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Влияние агроприемов на фотосинтетическую деятельность и продуктивность нового сорта конопли посевной в условиях Среднего Поволжья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В 2023 году прошел государственную экспертизу и одобрен для аккредитации на допуск к использованию на территории Российской Федерации новый сорт однодомной безнаркотической конопли посевной Людмила волокнистого направления использования. В связи с этим исследования по разработке элементов технологии возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях представляют научный и практический интерес.

Методы. В основу выполнения научного эксперимента положены методологические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве и методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей. Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах определяли по методике А.А. Ничипоровича. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты. Внекорневые подкормки способствовали увеличению ассимиляционной поверхности листьев растений на вариантах с обработкой растений по вегетации препаратами: Изагри Фосфор — от 111,0 до 155,7 тыс. м²/га, Изагри Вита — от 112,2 до 139,7 тыс. м²/га, Гумат +7 — от 135,9 до 148,4 тыс. м²/га (при 101,1–114,3 тыс. м²/га на контроле). Высокую урожайность стеблей получили при посеве с нормой высева 3 млн всхожих семян на 1 га — 15,67 т/га, при снижении нормы высева до 2,5 и 2,0 млн всхожих семян на 1 га урожайность стеблей понижалась до 14,48–12,98 т/га. Внекорневые обработки результативны, урожайность стеблей на обработанных вариантах выше контроля на 0,36–0,9 т/га. Наиболее высокую урожайность семян получили при посеве с нормой высева 2,5 млн всхожих семян на 1 га, в среднем — 0,98 т/га.

Ключевые слова: безнаркотический сорт, конопля посевная, внекорневая обработка, листовая поверхность, урожайность семян, урожайность стеблей

Для цитирования: Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Влияние агроприемов на фотосинтетическую деятельность и продуктивность нового сорта конопли посевной в условиях Среднего Поволжья. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 80–84. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-80-84>

© Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В.

The influence of agricultural practices on photosynthetic activity and productivity of a new variety of cannabis in the Middle Volga region

ABSTRACT

Relevance. In 2023, a new variety of single-domed drug-free cannabis, Lyudmila, of the fibrous direction of use, passed the State Examination and was approved for accreditation for admission to use on the territory of the Russian Federation. In this regard, research on the development of elements of cultivation technology in specific soil and climatic conditions is of scientific and practical interest.

Methods. The scientific experiment is based on methodological guidelines for registration tests of fungicides in agriculture and methodological guidelines for conducting field and vegetation tests with cannabis. Indicators of photosynthetic activity of plants in crops were determined by the method of A.A. Nichiporovich. Mathematical processing of experimental data was carried out by the method of dispersion analysis according to B.A. Dospikhov.

Results. Foliar top dressing contributed to an increase in the assimilation surface of the leaves in the variants with the treatment of plants for vegetation with preparations: Izagri Phosphorus — from 111.0 to 155.7 thousand m²/ha, Izagri Vita — from 112.2 to 139.7 thousand m²/ha, Humat +7 — from 135.9 to 148.4 thousand m²/ha (with 101.1–114.3 thousand m²/ha under control). The high yield of stems was obtained when sowing with a seeding rate of 3 million germinating seeds per hectare — 15.67 t/ha, with a decrease in the seeding rate to 2.5 and 2.0 million germinating seeds per hectare, the yield of stems decreased to 14.48–12.98 t/ha. Foliar treatments are effective, the yield of stems on the treated variants is higher than the control by 0.36–0.9 t/ha. The highest seed yield was obtained when sowing with a seeding rate of 2.5 million germinating seeds per hectare, on average 0.98 t/ha.

Key words: drug-free variety, hemp seed, foliar top dressing, leaf surface, seed yield, stem yield

For citation: Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. The influence of agricultural practices on photosynthetic activity and productivity of a new variety of cannabis in the Middle Volga region. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 80–84 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-80-84>

© Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V.

Введение/Introduction

Определяющее значение в повышении урожая сельскохозяйственных культур принадлежит сорту и технологии возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях [1, 2]. Сорту любой сельскохозяйственной культуры должен обладать высокой продуктивностью и экологической пластичностью, комплексной устойчивостью к возбудителям болезней и вредителей, давать наибольшее количество того продукта, для получения которого возделывают ту или иную культуру [3]. Технология возделывания в свою очередь включает систему агроприемов, направленных на повышение урожайности и качества культуры [4–10]. Однако каждый отдельный сорт, имея общие закономерности в развитии с другими сортами, очень часто обладает свойствами, присущими только ему. Поэтому большое значение при внедрении новых сортов в производство имеет разработка сортовой агротехники, которая дает возможность наиболее полно проявиться потенциальным возможностям сорта [11].

Не менее важная роль в создании урожая принадлежит фотосинтезу, так как продуктивность растений определяется в основном активностью фотосинтетического аппарата, а показатели роста ассимиляционной поверхности показывают в свою очередь реакцию растений на условия произрастания. Поэтому приемы технологии возделывания должны создавать оптимальные условия для роста и развития растений, регулируя активность фотосинтетического процесса [12]. Одним из прогрессивных элементов адаптивной технологии выращивания конопли посевной является применение микроэлементов в форме микроудобрений для внекорневой подкормки растения. Микроэлементы оказывают всестороннее воздействие на растения: ускоряют рост, увеличивают листовую поверхность растений, повышают интенсивность фотосинтеза и дыхания растений.

Цель работы — разработка элементов технологии возделывания нового сорта конопли посевной Людмила, влияющих на урожайность за счет улучшения деятельности фотосинтетического аппарата в условиях Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Изучение влияния нормы высева и различных внекорневых подкормок растений на фотосинтетические показатели и урожайность нового сорта конопли посевной Людмила осуществлялось постановкой и проведением двухфакторного полевого опыта на экспериментальном участке Федерального научного центра лубяных культур в 2021–2022 годах в условиях Пензенской области.

Схема опыта включала: фактор А — норма высева: 1) 2,0 млн/га, 2) 2,5 млн/га, 3) 3,0 млн/га,

фактор В — внекорневая обработка растений: 1) контроль, 2) Изагри Азот (3 л/га), 3) Изагри Фосфор (3 л/га), 4) Изагри Вита (1 л/га), 5) Гумат +7 (1 л/га).

Некорневые подкормки конопли согласно схеме опыта проводили в фазы: 1) фаза трех пар листьев, 2) фаза пяти-шести пар листьев ранцевым опрыскивателем Kwazar с щелевым распылителем. Рядовой посев сеялкой проведен 6 мая — в 2021 году, 29 апреля — в 2022-м.

В основу выполнения научного эксперимента положены методологические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве и методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей^{1,2,3}. Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах определяли по методике А.А. Ничипоровича⁴. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову⁵. Почвенно-агрохимическое обследование сельскохозяйственных угодий проведено в соответствии с Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения⁶. По результатам обследования пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: почва опытного участка — чернозем выщелоченный среднемощный тяжелосуглинистый, содержание гумуса по И.В. Тюриной — 5,9% (ГОСТ 26213-91⁷), легкогидролизуемого азота по методу Корнфилда — 13,6 мг / 100 г почвы, подвижного фосфора и обменного калия по методу Ф.В. Чирикова — 17,2 мг / 100 г и 20,7 мг / 100 г почвы соответственно (ГОСТ 26204-91⁸). Реакция почвенной среды — 5,1 (ГОСТ 26483-85⁹), сумма поглощенных оснований по методу Каппена — 33,37 мг-экв. на 100 г почвы (ГОСТ 27821-88)¹⁰, гидролитическая кислотность по методу Каппена — 5,33 мг-экв. на 100 г почвы (ГОСТ 26212-91¹¹). Содержание микроэлементов в почве: бор по Бергеру и Труогу — 1,4 мг/кг почвы (ГОСТ Р 50688-94¹²), другие — по ГОСТ ISO 16198-2017¹³.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Полнота всходов в среднем за период исследований составила 60–72% от лабораторной (от 124 до 217 всх/м²) и определялась условиями периода «посев — всходы». Показатели полевой всхожести имели наиболее высокие значения на вариантах с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на 1 га (в среднем 198 растений/м² или 66%). Сохранность по вариантам опыта была высокой и изменялась в зависимости от нормы высева и варианта обработки растений — от 76 до 96%. Внекорневая обработка растений Изагри Фосфор и Гумат +7 повышала стрессоустойчивость растений, тем самым увеличивала количество сохраненных растений по сравнению с контрольным вариантом.

¹ Серков В. А. и др. Возделывание однодомной конопли посевной среднерусского экотипа Практические рекомендации. Пенза. 2018; 37. Бедак Г.Р. и др. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей. М.: ВАСХНИЛ. 1980; 34.

² Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВНИИЗР. 2009; 378.

³ Бедак Г.Р. и др. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей. М.: ВАСХНИЛ. 1980; 34.

⁴ Ничипорович А.А. Основа фотосинтетической продуктивности растений. Современные проблемы фотосинтеза: сборник трудов. Москва. 1973; 17–43.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014; 349.

⁶ Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2003; 240.

⁷ ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

⁸ ГОСТ 26204-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО.

⁹ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

¹⁰ ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.

¹¹ ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

¹² ГОСТ Р 50688-94 Почвы. Определение подвижных соединений бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО.

¹³ ГОСТ ISO 16198-2017 Качество почв. Метод определения биодоступности микроэлементов почвы для растений.

Таблица 1. Морфометрические показатели растений конопли посевной в фазу 5 пар листьев (в среднем за 2021–2022 гг.)
Table 1. Morphometric indicators of cannabis plants sown in the phase of 5 pairs of leaves (on average for 2021–2022)

Варианты опыта		Морфометрические показатели			
Фактор А — норма высева, млн всх. семян на 1 га	Фактор В — внекорневая обработка растений	Длина корешка, см	Высота растения, см	Масса растения с корешком, г	Распространенность корневых гнилей, %
2,0 млн	Контроль	13,6	22,2	41,6	9,1
	Изагри Азот	10,4	23,8	46,8	7,3
	Изагри Фосфор	12,8	21,9	46,5	20,0
	Изагри Вита	10,3	26,8	62,7	9,1
	Гумат +7	10,9	24,3	45,6	7,0
2,5 млн	Контроль	12,4	21,5	34,6	46,2
	Изагри Азот	8,30	22,6	48,0	12,1
	Изагри Фосфор	9,40	26,9	48,4	30,8
	Изагри Вита	10,0	23,1	35,7	11,1
	Гумат +7	7,40	24,6	38,1	25,0
3,0 млн	Контроль	10,3	26,7	35,7	46,2
	Изагри Азот	10,6	20,7	41,8	20,0
	Изагри Фосфор	13,3	20,8	35,2	40,0
	Изагри Вита	11,2	23,7	36,6	30,0
	Гумат +7	7,40	24,6	38,1	25,0
НСР, 05		A — 0,422, B — 0,545, A, B — 0,944	A, B — 3,83	A — 2,46, B — 3,17, A, B — 5,49	A — 1,27, B — 1,63, A, B — 2,82

Как представлено в таблице 1, обработанные растения уже в фазу 5 пар листьев опережали контрольный вариант. Спустя две недели после первой обработки изучаемыми препаратами масса растения с корешком достигала 40,6–45,5 г при 37,3 г на контроле. Внекорневое опрыскивание улучшает условия питания растений и повышает устойчивость их к заболеваниям. Обработка вегетирующих растений жидкими удобрениями Изагри Азот, Изагри Вита и Гумат +7 усиливала защитные функции растения, тем самым способствовала снижению распространенности корневых гнилей на 20,7%, 17,1% и 14,8% по сравнению с контролем (33,8%). Загущение стеблестоя увеличивает процент пораженных корневыми гнилями растений в среднем по фактору А от 10,5% при посеве с нормой высева 2,0 млн всхожих семян на 1 га до 32,2% при посеве с нормой высева 3,0 млн всхожих семян на 1 га. При взаимодействии факторов А и В тенденция сохраняется.

Эндогенное воздействие подкормок растений возможно на различных этапах их онтогенеза. Влияние внекорневых обработок на растительный организм

особенно эффективно в фазу его перехода от вегетативного роста к генеративному развитию. Для растений конопли посевной переходной является фаза трех пар листьев. В этот период развития апексы растительных организмов переходят из вегетативного состояния в прегенеративное и обладают возможностью ответной реакции на изменения внешних условий, в связи с чем использование факторов внешнего воздействия в этот период может оказывать полифункциональный эффект.

Динамика формирования листовой поверхности при рядовом способе посева представлена на рисунке 1. По результатам видно, что на площадь листовой поверхности (ПЛП) влияют погодные условия периода вегетации и агротехнические приемы. Так, в относительном 2021 году (ГТК 0,96) ассимиляционная поверхность листьев в среднем по факторам достигала: в фазу бутонизации — 116,9 тыс. м²/га, в фазу цветения — 148,5 тыс. м²/га, в фазу созревания — 184,5 тыс. м²/га. Это на 13,4–33,7 тыс. м²/га выше, чем в 2022 году (ГТК 0,81). Нормы высева и опрыскивание посевов способствовали росту листовой поверхности, отмечено влияние факторов на увеличение исследуемого показателя. На вариантах с обработкой растений препаратом Гумат + 7 формирование листовой поверхности на единице площади идет с нарастающим итогом более длительное время, существенные прибавки отмечены с фазы массового цветения до массового созревания семян.

В среднем за период исследований установлено, что максимальное формирование листовой поверхности происходило в период интенсивного роста растений — в фазу «бутонизация — цветение». Внекорневые подкормки способствовали увеличению ассимиляционной поверхности листьев растений на вариантах с обработкой растений по вегетации препаратами Изагри Фосфор (от 111,0 до 155,7 тыс. м²/га), Изагри Вита (от 112,2 до 139,7 тыс. м²/га), Гумат+7 (от 135,9 до 148,4 тыс. м²/га) при 101,1–114,3 тыс. м²/га на контроле. При переходе к генеративной фазе развития интенсивный прирост прекращался, листовая поверхность нарастала не так сильно, на вариантах с обработкой препаратами Изагри Азот, Изагри Фосфор и Изагри Вита листья нижнего яруса постепенно отмирали. Долше всего сохраняли листовую поверхность в активном состоянии посева конопли с обработкой Гумат +7. Выявлена зависимость ассимиляционной поверхности от изменения нормы высева. В период бутонизации максимальная по фактору А площадь листьев составляла 121,8 тыс. м²/га на вариантах с нормой высева 3 млн всхожих семян на 1 га.

Начиная с фазы цветения преимущество нормы высева 2,5 млн всхожих семян на 1 га, листовая поверхность достигла 145,9 тыс. м²/га. В фазу созревания значительное преимущество получили на вариантах с нормой высева 2,0 млн всхожих семян на 1 га — 196,4 тыс. м²/га.

В среднем по фактору А площадь листовой поверхности одного растения наибольших размеров достигала при посеве с нормой высева 2,0 млн и уменьшалась

Рис. 1. Площадь листовой поверхности конопли посевной при рядовом способе в зависимости от изучаемых факторов, тыс. м²/га (в среднем за 2021–2022 гг.)

Fig. 1. The area of the leaf surface of seeded hemp with an ordinary method, depending on the factors studied, thousand m²/ha (on average for 2021–2022)

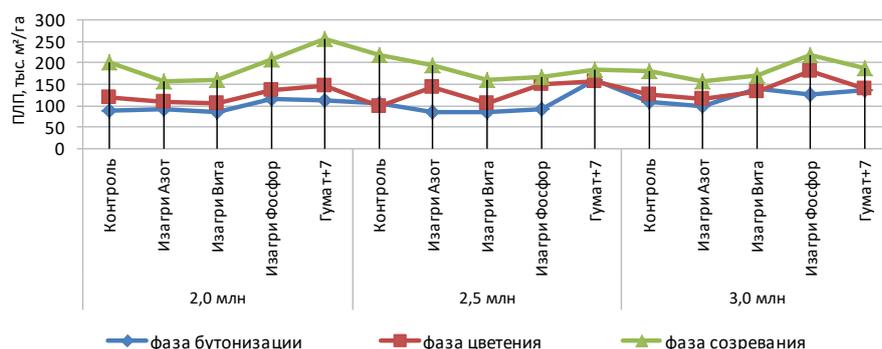


Рис. 2. Площадь листовой поверхности конопли посевной при рядовом способе в зависимости от изучаемых факторов, см²/растение (в среднем за 2021–2022 гг.)

Fig. 2. The area of the leaf surface of the seeded hemp with an ordinary method, depending on the factors studied, cm²/plant (on average for 2021–2022)

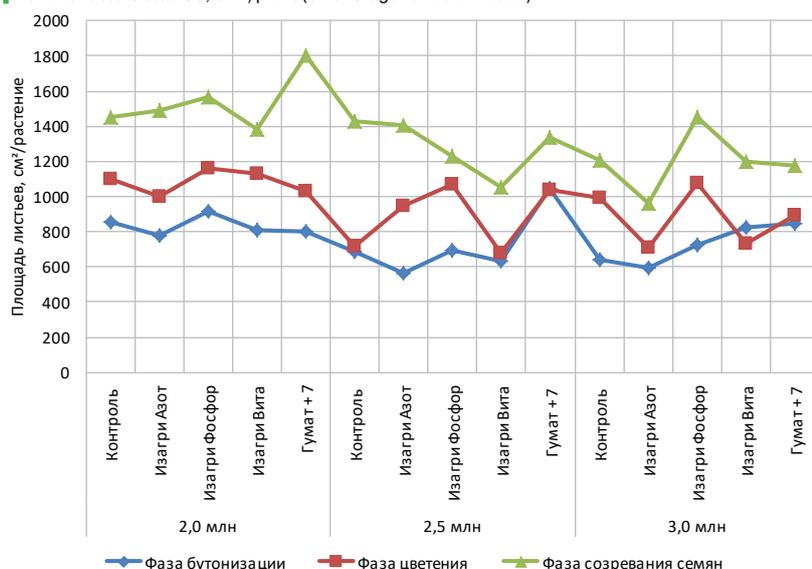


Рис. 3. Динамика накопления сухого вещества растений конопли посевной 1 г на 10 растений (в среднем за 2021–2022 гг.)

Fig. 3. Dynamics of accumulation of dry matter of cannabis plants 1 g per 10 plants (on average for 2021–2022)

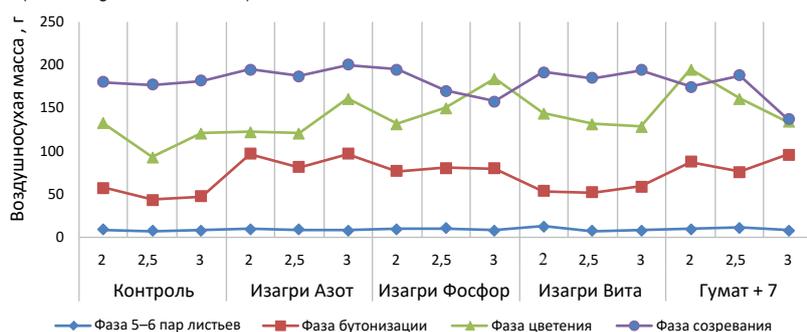


Рис. 4. Урожайность стеблей и семян конопли посевной при рядовом способе посева, т/га (в среднем за 2021–2022 гг.)

Fig. 4. The yield of stems and seeds of seeded hemp with an ordinary method of sowing, t/ha (on average for 2021–2022)



с загущением стеблестоя: от 831,0 до 726,4 см²/растение — в фазу бутонизации, от 1083,8 до 880,8 см²/растение — в фазу цветения, от 1539,0 до 1198,7 см²/растение — в фазу созревания. Наибольшие показатели площади листовой поверхности одного растения по всем фазам развития отмечены при опрыскивании растений Изагри Фосфор и Гумат +7 (рис. 2).

Важнейшим показателем роста растений конопли и его продуктивности является накопление сухого вещества. Темпы прироста этих признаков изменяются по фазам развития и зависят от условий среды в течение всего периода вегетации. В эксперименте содержание сухого вещества в граммах на 10 растений в фазу 5–6 пар листьев было примерно на одном уровне (в среднем 8,62 г), вес значительно увеличивался к фазе бутонизации на 63,01 г, начала цветения — на 130 г. Самое высокое накопление сухого вещества наблюдалось в период начала созревания, к фазе полного созревания из-за отмирания и опадения части нижних листьев изучаемый параметр несколько уменьшался. Прирост сухого вещества был выше на варианте с обработкой препаратами Изагри Азот, Изагри Фосфор и Гумат +7 (результаты отражены на рис. 3). Наиболее низкие темпы накопления сухого вещества в период вегетации наблюдались на контрольном варианте — при обработке растений препаратами Изагри Вита.

На урожайности как конечной равнодействующей отражается всё, что произошло в ходе онтогенеза растения, поэтому она больше всего подвержена воздействию со стороны факторов окружающей среды. Как представлено на рисунке 4, существенное влияние на урожайность культуры оказали изучаемые элементы технологии. Высокую урожайность стеблей получили при посеве с нормой высева 3 млн всхожих семян на 1 га — 15,67 т/га, при снижении нормы высева до 2,5 млн и 2,0 млн всхожих семян на 1 га урожайность стеблей снижалась до 14,48–12,98 т/га. Внекорневые обработки результативны, урожайность стеблей на обработанных вариантах выше контроля на 0,36–0,9 т/га. Наиболее высокую урожайность семян получили при посеве с нормой высева 2,5 млн/га (в среднем 0,98 т/га). Из числа испытываемых препаратов наиболее эффективным по влиянию на урожайность семян следует считать Гумат +7 — урожайность достоверно повышалась на 0,18 т/га, что на 20% выше варианта без обработки. Внекорневая подкормка препаратами Изагри Фосфор, Изагри Вита, Изагри Азот повышает урожайность семян только при посеве с нормой высева 2,0 млн всхожих семян на 1 га, загущение посева до 2,5–3,0 млн всхожих семян на 1 га не способствовало повышению урожайности семян — на этих вариантах внекорневая подкормка оказалась менее эффективной.

Выводы/Conclusion

На основании исследований получены предварительные результаты к разработке элементов технологии возделывания нового сорта конопли посевной Людмила. Изучаемые факторы положительно влияют на фотосинтетическую деятельность и продуктивность нового сорта конопли посевной Людмила в условиях Среднего Поволжья.

Увеличение фотосинтетической активности агрофитоценоза конопли путем вегетационных обработок

и изменения нормы высева способствует повышению урожайности стеблей и семян.

Наиболее высокая урожайность стеблей 15,64 т/га получена при норме высева 3 млн всхожих семян на 1 га. Применение некорневых подкормок способствовало повышению урожайности стеблей на 0,36–0,9 т/га (11,2–20,1%). Урожайность семян достоверно увеличилась при посеве с нормой высева 2,5 млн всхожих семян на 1 га и при внекорневой обработке гуминовым препаратом — на 0,18 т/га (20%).

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 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

FUNDING:

The work was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the State Task of the «Federal Scientific Center of Bast Crops» (topic No. FGSS-2022-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малкандуев Х.А., Шамурзаев Р.И., Малкандуева А.Х. Формирование урожая и качества зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и условий возделывания. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2022; (3): 40–50. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50>
2. Балакшина В.И., Шевыхова Е.А. Сорта — особое внимание. *Научно-агрономический журнал*. 2008; (2): 8–10.
3. Гайнуллин Ф.М. Сорт, агротехника и урожай зерновых и крупяных культур. *Современные методы адаптивной селекции зерновых и кормовых культур. Материалы Международной научно-практической конференции*. Самара. 2003; 27–31.
4. Игнатов В.Д., Ростовцев Р.А., Мкртчян С.Р., Попов Р.А., Пучков Е.М., Соловьев С.В. Способ уборки технической конопли на семена и тресту и multifunctional агрегат для его осуществления. Патент РФ № 2772915. Дата начала отсчета срока действия патента: 07.06.2021. Опубликовано: 27.05.2022.
5. Гущина В.А., Смирнов А.Д. Урожайность и масличность семян конопли в лесостепи Среднего Поволжья. *Нива Поволжья*. 2022; (2): 1004. <https://doi.org/10.36461/NP2022.62.2.007>
6. Плужникова И.И., Криушин Н.В., Бакулова И.В. Оптимизация защиты растений конопли от вредных организмов на ранних стадиях ее развития. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2022; (1): 69–74. https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_69
7. Серков В.А., Бакулова И.В., Плужникова И.И., Криушин Н.В. Новые направления селекции и совершенствование технологии семеноводства конопли посевной: Монография. Пенза: ПГАУ. 2019; 155. <https://www.elibrary.ru/qaamaz>
8. Гладков Д.В., Плотников А.М., Субботин И.А. Продуктивность конопли посевной в зависимости от норм высева и применения средств химизации. *Вестник Курганской ГСХА*. 2018; (1): 18–20. <https://www.elibrary.ru/xqrlhn>
9. Серков В.А., Хрянин В.Н., Климова Л.В. Влияние регуляторов роста растений на морфобиологические показатели и урожайности конопли посевной в лесостепи Среднего Поволжья. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016; (6): 73–85. <https://www.elibrary.ru/xruzil>
10. Плотников А.М., Гладков Д.В., Субботин И.А. Влияние норм высева на морфобиологические показатели конопли посевной. *Современные научно-практические решения в АПК. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции*. Тюмень. 2017; 1: 715–720. <https://www.elibrary.ru/yqqfbb>
11. Германцева Н.И., Селезнева Т.В. Новые сорта нута и технология их возделывания. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014; (2): 70–75. <https://www.elibrary.ru/sfmrnl>
12. Гущина В.А., Смирнов А.Д. Фотосинтетическая деятельность конопли посевной при некорневой подкормке микроэлементами удобрениями. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021; (1): 5–8. <https://www.elibrary.ru/mdpjpg>

REFERENCES

1. Malkanduev Kh.A., Shamurzaev R.I., Malkandueva A.Kh. Formation of yield and grain quality of winter wheat varieties depending on precursors and growing conditions. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022; (3): 40–50 (In Russian). <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-3-107-40-50>
2. Balakshina V.I., Shevykhova E.A. Special attention — to the variety. *Scientific Agronomy Journal*. 2008; (2): 8–10 (In Russian).
3. Gainullin F.M. Variety, agrotechnics and harvest of grain and cereal crops. *Modern methods of adaptive breeding of grain and fodder crops. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Samara. 2003; 27–31 (In Russian).
4. Ignatov V.D., Rostovtsev R.A., Mkrtychyan S.R., Popov R.A., Puchkov E.M., Solovjev S.V. Method for harvesting technical hemp for seeds and retted stalks and a multifunctional unit for its implementation. Patent Russian Federation No. 2772915. Starting date of the patent validity period: 07.06.2021. Published: 27.05.2022 (In Russian).
5. Gushchina V.A., Smirnov A.D. Hemp seed yield and oil content in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Niva Povolzhya*. 2022; (2): 1004 (In Russian). <https://doi.org/10.36461/NP2022.62.2.007>
6. Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V., Bakulova I.V. Optimizing hemp plant protection against harmful organisms in the early stages of its development. *Mezhdunarodnyi sel'skhozyaistvennyi zhurnal*. 2022; (1): 69–74 (In Russian). https://doi.org/10.55186/25876740_2022_65_1_69
7. Serkov V.A., Bakulova I.V., Pluzhnikova I.I., Kriushin N.V. New directions of breeding and improvement of seed production technology of hemp: Monograph. Penza: Penza State Agrarian University. 2019; 155 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/qaamaz>
8. Gladkov D.V., Plotnikov A.M., Subbotin I.A. Productivity of hemp depending on norms of seeding and application of chemicalization means. *Publishing House of Kurgan State Agricultural Academy*. 2018; (1): 18–20 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xqrlhn>
9. Serkov V.A., Khryanin V.N., Klimova L.V. Plant growth regulators influence on morphologic-physiological parameters and yield of hemp seed in the forest-steppe of the Middle Volga region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2016; (6): 73–85 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xruzil>
10. Plotnikov A.M., Gladkov D.V., Subbotin I.A. Influence of norms of seeding on morpho-physiological indicators of a sowing method. *Modern scientific and practical solutions in the agro-industrial complex. Collection of articles of the All-Russian scientific and practical conference*. Tyumen. 2017; 1: 715–720 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yqqfbb>
11. Germantsev N.I., Seleznev T.V. New varieties of chickpea and technologies of their cultivation. *Legumes and great crops*. 2014; (2): 70–75 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/sfmrnl>
12. Gushchina V.A., Smirnov A.D. Photosynthetic activity of seed hemp at full root feeding with micro-elemental fertilizers. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2021; (1): 5–8 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/mdpjpg>

ОБ АВТОРАХ:

Ирина Владимировна Бакулова, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия
i.bakulova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-1001>

Ирина Ивановна Плужникова, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия
i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9161-4803>

Николай Викторович Криушин, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия
n.kriushin.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6597-2543>

ABOUT THE AUTHORS:

Irina Vladimirovna Bakulova, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia
i.bakulova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-1001>

Irina Ivanovna Pluzhnikova, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia
i.pluzhnikova.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9161-4803>

Nikolay Viktorovich Kriushin, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Reserch Center for Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia
n.kriushin.pnz@fncl.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6597-254>

УДК 633.11:631.52:632.112

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91

А.П. Самофалов, ✉
С.В. Подгорный,
О.В. Скрипка,
С.Н. Громова,
В.Л. Чернова

Аграрный научный центр «Донской»,
Зерноград, Ростовская обл., Россия

✉ samofalova.1986@mail.ru

Поступила в редакцию:
10.03.2023

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91

Aleksandr P. Samofalov, ✉
Sergey V. Podgorny,
Olga V. Skripka,
Svetlana N. Gromova,
Valentina L. Chernova

Agricultural Research Center «Donskoy»,
Zernograd, Rostov region, Russia

✉ samofalova.1986@mail.ru

Received by the editorial office:
10.03.2023

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Исследования по изучению влияния отдельно взятых засушливых ситуаций на урожайность и элементы ее структуры для сортов озимой мягкой пшеницы, определению более надежных критериев отбора в селекции на засухоустойчивость, выяснению отличий в реакции генотипов, контрастных по продолжительности вегетационного периода, на условия засухи являются актуальными.

Методы. Исследования выполнены в 2017–2021 гг. на полях научного севооборота ФГБНУ «АНЦ «Донской» по предшественнику сидеральный пар по методикам ГСИ и полевого опыта. Объектом исследований послужили 25 современных сортов и перспективных селекционных линий собственной селекции.

Результаты. Рассмотрены типы засух и их влияние на урожайность и элементы структуры по годам исследований в сравнении с контрольным 2017 г., благоприятным по количеству осадков и температурному режиму во все периоды роста и развития озимой пшеницы с ГТК = 0,92–1,46. Снижение урожайности в 2019 г. к 2017-му составило 39,4% и было обусловлено снижением числа взошедших растений и продуктивных колосьев на 50,5% и 37,2%. В 2020 г. снижение урожайности составило 10,7% за счет уменьшения продуктивности колоса и растения на 31,8% и 12,1% и крупности зерна на 21,0%. В 2021 г. урожайность снизилась на 18,6% за счет уменьшения густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя на 41,7% и 18,6%, массы 1000 зерен на 15,0%. На основе корреляционного анализа определены структурные элементы, которые в зависимости от типа засухи вносят основной вклад в формирование урожайности: густота стояния растений ($r = 0,78$), продуктивный стеблестой ($r = 0,70$), озерненность колоса и растений ($r = 0,60$ и $r = 0,79$), высота растений ($r = 0,70$).

Ключевые слова: озимая пшеница, тип засухи, урожайность, элементы структуры, корреляция, депрессия, сорт, генотип

Для цитирования: Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Громова С.Н., Чернова В.Л. Изменение урожайности и составляющих ее элементов структуры мягкой озимой пшеницы в зависимости от условий влагообеспеченности и генотипа. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 85–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91>

© Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Громова С.Н., Чернова В.Л.

Changes in yield and its structure elements of winter bread wheat depending on the conditions of a moisture supply and a genotype

ABSTRACT

Relevance. In this regard, it is of great relevance to study influence of individual arid situations on the yield and its structure elements for winter bread wheat varieties; to identify more reliable selection criteria in breeding for drought resistance; to determine differences in the drought conditions' response among genotypes with contrasting length of a vegetation period.

Methods. The study was carried out in 2017–2021 on the fields of the research crop rotation of the FSBSI «ARC «Donskoy»», according to a green manure fallow due to the methods of SVT and a field trial. The objects of the research were 25 modern varieties and promising breeding lines of our own breeding.

Results. There have been considered the types of droughts and their influence on the yield and its structural elements through the years of research in comparison with the control year 2017, which was favorable in precipitation and temperature conditions in all vegetation and development periods of winter wheat with HThC = 0.92–1.46. The yield decrease amounted to 39.4% in 2019 vs. 2017 and was due to a decrease in the number of sprouted plants and productive heads on 50.5% and 37.2%. In 2020, the productivity reduced on 10.7% due to head and plant productivity decrease on 31.8% and 12.1% and a grain size on 21.0%. In 2021, the yield decreased on 18.6% due to a decrease in plant density and productive head stand on 41.7% and 18.6%, and 1000-grain weight on 15.0%. Based on the correlation analysis, there have been identified the structural elements which could make the main contribution to productivity formation depending on the type of drought, namely plant density ($r = 0.78$), productive head ($r = 0.70$), grain size of a head and a plant ($r = 0.60$ and $r = 0.79$), plant height ($r = 0.70$).

Key words: winter wheat, drought type, productivity, structure elements, correlation, depression, variety, genotype

For citation: Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L. Changes in yield and its structure elements of winter bread wheat depending on the conditions of a moisture supply and a genotype. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 85–91 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-85-91>

© Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V., Gromova S.N., Chernova V.L.

Введение/Introduction

Получение стабильно высоких урожаев зерна — основная цель возделывания озимой пшеницы, посевные площади которой в Ростовской области в последние годы составляют более 2,5 млн га [1]. Уровень урожайности определяется состоянием агрофитоценоза и зависит практически от всех хозяйственно-биологических признаков сорта, в том числе и от элементов структуры урожая, при изменении которых следует учитывать и степень их воздействия на результирующий признак.

В селекционной работе с любой культурой важно определить роль отдельных элементов и выявить их влияние, вклад в урожайность зерна с единицы площади [2, 3]. Вклад того или иного признака в формирование урожайности зависит от лимитирующего фактора условий выращивания, в частности от влагообеспеченности [4]. Следует также учитывать, что многие признаки находятся в отрицательной взаимосвязи и трудно совместимы между собой, особенно в условиях изменяющегося климата [5], поэтому анализ корреляционных связей широко используется в селекции.

Как абсолютные значения, так и корреляции между ними обусловлены особенностями климата и погодных условий, в которых проводится опыт, наличием селекционного материала, воздействием предшественников и других факторов [6], а также для оценки стабильности проявления признаков в изменяющихся условиях среды [7].

Поскольку те или иные признаки в различных условиях среды вносят неодинаковый вклад в урожайность, возникает вопрос, можно ли строить стратегию отборов, основываясь на постоянном наборе количественных признаков [8]. Данный вопрос вызывается еще и противоречивостью сведений о взаимосвязях урожайности и ее элементов в разных агроэкологических условиях. Так, по результатам исследований, проводившихся авторами ранее [9], на урожайность зерна озимой мягкой пшеницы на юге Ростовской области влияют три основных признака: масса 1000 зерен ($r = 0,63-0,65$), масса зерна с колоса ($r = 0,40-0,70$) и густота продуктивного стеблестоя ($r = 0,54-0,68$). В степной зоне севера Ростовской области на уровень урожайности большее влияние оказывали масса зерна с растения, масса зерна с колоса и его озерненность, чем масса 1000 зерен [10]. Различия в полученных результатах даже в пределах одной области объясняются (как указывалось выше) разными условиями проведения экспериментов, разными годами, особенностями генотипов и агроценозов, усиливающейся в последние годы аридностью климата, частотой повторяющихся засух.

Одним из способов снижения влияния засух на урожайность озимой мягкой пшеницы считается создание скороспелых сортов, способных уходить от засухи и болезней при наливе и созревании до наступления высоких температур и восточных суховеев, а также создание сортов разных групп спелости [11, 12]. Однако при этом нет четкого понимания взаимоотношений между элементами урожая и их компенсаторными изменениями при низком и неустойчивом увлажнении, которое затруднено из-за варьирования времени наступления, длительности и интенсивности воздействия засух [13].

В связи с этим исследования по влиянию отдельно взятых засушливых ситуаций на урожайность и элементы ее структуры для сортов озимой мягкой пшеницы с разной продолжительностью вегетационного периода, определению более надежных критериев отбора в селекции засухоустойчивых сортов являются актуальными.

Цели исследований — изучение изменений и взаимосвязь урожайности и элементов структуры в зависимости от влагообеспеченности в разные периоды вегетации и генотипа. При этом ставились следующие задачи: выявить изменения урожайности и ее структурных элементов под влиянием погодных условий, в первую очередь засух; определить корреляционные связи урожая с ее структурными слагаемыми при таких условиях; установить отличия в реакции генотипов контрастных по периоду вегетации на типы засухи.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования выполнены в 2017–2021 гг. в конкурсных испытаниях на полях научного севооборота отдела селекции озимой пшеницы ФГБНУ «АНЦ "Донской"» по предшественнику сидеральный пар.

Подготовка почвы, посев, уход за посевами осуществлялись согласно рекомендациям по зональным системам земледелия Ростовской области (2022 г.). Размещение делянок в опыте — систематическое, площадь делянки — 10 м², повторность — шестикратная, норма высева — 4,5 млн семян на 1 га. Посев проводился сеялкой Wintersteiger Plotseed S, уборка — комбайном Wintersteiger Classic в фазу полной спелости.

Учет урожая и структурный анализ по 50 растениям, отобранным из снопа, взятого в фазу полной спелости с площади 0,16 м² в трех несмежных повторениях, выполнялись по методике Государственного сортоиспытания¹.

Материалом для исследований послужили 25 сортов и перспективных селекционных линий мягкой озимой пшеницы, созданных в лаборатории селекции и семеноводства сортов интенсивного типа ФГБНУ «АНЦ "Донской"».

Для определения реакции генотипов, контрастных по продолжительности периода вегетации, на условия засухи использовали сорта озимой пшеницы, условно разделенные по дате колошения на три группы²: раннеспелую (Этюд, Аксинья) со средней за годы исследований датой колошения 13–14 мая, среднераннюю (Находка, Донская степь, Шеф, Юбилей Дона, Зодиак) — 16–18 мая, среднеспелую (Универ, Раздолье) — 21–22 мая.

Корреляционный анализ между урожайностью и элементами структуры проводили по Методике полевого опыта³.

Погодные условия в годы проведения опытов характеризовались чередованием очень жарких, засушливых в тот или иной период вегетации лет с оптимальными по условиям влагообеспеченности и температуре годами.

Максимально благоприятным по количеству осадков, их распределению в течение всего вегетационного периода, температурному режиму для формирования высокого урожая был 2016/17 сельскохозяйственный год с ГТК = 0,92–1,46, принятый в исследованиях в качестве контрольного.

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. М.: Колос. 2019; 329.

² Сорта озимой мягкой и твердой пшеницы. Каталог. ФГБНУ «АНЦ "Донской"». Саратов: Амрит. 2021; 70.

³ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стереотип. М.: Альянс. 2011; 352.

В 2017/18 сельскохозяйственном году наблюдалась жесткая засуха в период активной вегетации (апрель — июнь), сопровождаемая высокими температурами, суховеями и практически отсутствием осадков (ГТК = 0,15). За этот период выпало осадков: апрель — 9 мм, май — 12,7 мм, июнь — 4,2 мм при среднемноголетних показателях 42,7 мм, 51,3 мм, 71,3 мм соответственно. Среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетней нормы на 0,8 °С (апрель), на 2,7 °С (май), на 3,4 °С (июнь). В целом за период вегетации количество выпавших осадков составило 345,1 мм, за сельскохозяйственный год — 453,6 мм при норме 499,5 мм и 582,4 мм соответственно. Однако благодаря хорошим запасам влаги в почве за счет осадков октября — марта предыдущих лет урожайность получена на уровне 2017 г.

2018/19 сельскохозяйственный год оказался самым неблагоприятным для роста и развития озимой пшеницы из-за осенней засухи в предпосевной и посевной периоды (сумма осадков за август, сентябрь, двух декад октября — 25,8 мм при норме 114,1 мм), ГТК = 0,11, переноса срока посева на поздний в сухую и полусухую почву, неравномерности и изреженности всходов, низких температур ноября (0,5 °С при норме 3,3 °С), недостаточных для хорошего кущения. Количество осадков за сельскохозяйственный год было на 54,5 мм меньше среднемноголетних (582,4 мм). Период «колошение — созревание» проходил при низкой влажности воздуха и повышенных температурах (в мае — 19 °С (норма 16,4 °С), в июне — 25,2 °С (норма 20,5 °С). Недостаточная влагообеспеченность в июне (осадки 10,8 мм, норма — 71,3 мм) компенсировалась осадками мая (63,9 мм, норма — 51,3 мм).

2019/20 сельскохозяйственный год характеризовался большим количеством засушливых периодов за вегетацию озимой пшеницы: осенне-зимний (октябрь — декабрь — «всходы — кущение») с недобором осадков на 100,3 мм к среднемноголетней, весенний (март, апрель — «кущение — выход в трубку») на 61,5 мм, летний (июнь — «налив — созревание») на 32,5 мм. За период активной вегетации сумма выпавших осадков составила 136,0 мм, за вегетационный период — 358,3 мм, за сельскохозяйственный год — 463,7 мм, среднемноголетние значения — 165,3 мм, 479,5 мм и 582,4 мм соответственно. Температурный режим был повышенным в осенние и зимние месяцы, пониженным — в марте — апреле, что способствовало интенсивному кущению и образованию высокой плотности агроценоза (до 800–1000 продуктивных колосьев на 1 м²).

Для 2020/21 сельскохозяйственного года характерны затяжная засушливая осень (с сентября по декабрь) и хорошая влагообеспеченность в течение остальной вегетации. К моменту оптимальных сроков сева озимой пшеницы в сентябре выпало всего лишь 2,7 мм осадков (норма 42,3 мм), ГТК = 0,04, запасов продуктивной влаги

в почве было недостаточно как для появления дружных всходов, так и для дальнейшего их роста и развития. Количество осадков, выпавших в октябре — декабре, составило 43,2 мм (28,3% от среднемноголетней нормы). Всходы были изреженными, неравномерными, и только благодаря хорошим осадкам в январе — марте (183,0 мм при норме 139,4 мм), теплой зиме сохранившиеся растения хорошо раскустились, а в дальнейшем, с выпадением в апреле — июне большого количества осадков (264,6 мм при норме 165,3 мм), на фоне оптимального температурного режима сформировали достаточно высокую урожайность.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Отличия условий среды в годы исследований, обусловленные главным образом засухой в разные периоды вегетации озимой мягкой пшеницы, приводили к изменению урожайности и ее структурных элементов (табл. 1).

Самая низкая урожайность получена в 2019 году при засухе в предпосевной и посевной периоды — 6,74 т/га. Это на 39,4% меньше в сравнении с 2017 г., благоприятным для роста и развития озимой пшеницы в течение всей вегетации. Снижение урожайности сопровождалось уменьшением числа взошедших растений на 50,5%, плотности агроценоза (462 колоса на 1 м², 2017 г. — 736) на 37,2% и в меньшей степени массы зерна с колоса и растений (на 4,6% и 11,2% соответственно).

В условиях жесткой засухи в период активной вегетации (апрель — июнь) 2018 г. изменений урожайности и составляющих ее слагаемых не наблюдалось благодаря хорошим запасам влаги в почве за счет большого количества осенне-зимних осадков, а также осадков прошлых лет (2015 г. — 600,3 мм, 2016 г. — 659,3 мм, 2017 г. — 610 мм, среднемноголетняя норма — 582,4 мм).

Незначительным снижением урожая (10,7%) характеризовался 2020 г., и обусловлено оно было снижением: продуктивности колоса — на 31,8%, массы 1000 зерен — на 21%, продуктивности растения — на 12,1%.

Таблица 1. Урожайность озимой мягкой пшеницы, ее структурные элементы и их изменения в результате условий вегетации
Table 1. Yield of winter bread wheat, its structure elements, and their changes as a result of vegetation conditions

Признак	Год (тип засухи*)					± % к благоприятному 2017 г.			
	2017 (контроль)	2018 (2)	2019 (1)	2020 (3)	2021 (4)	2018	2019	2020	2021
Урожайность, т/га	11,05	11,25	6,74	9,87	8,99	+1,8	-39,4	-10,7	-18,6
Число растений на 1 м ² , шт.	477	339	236	330	278	-29	-50,5	-30,8	-41,7
Продуктивный стеблей, колосьев на 1 м ²	736	601	462	841	599	-18,4	-37,2	+14,3	-18,6
Число зерен в колосе, шт.	38,0	37,6	38,8	32,6	41,6	-1,1	+9,7	-14,2	+9,5
Масса зерна колоса, г	1,76	1,70	1,68	1,20	1,63	-3,4	-4,6	-31,8	-7,4
Число зерен с растения, шт.	77,0	79,6	79,3	84,9	93,6	+3,4	+3	+11,1	+21,5
Масса зерна с растения, г	3,57	3,63	3,27	3,14	3,67	+1,7	-11,2	-12,1	+2,7
Масса 1000 зерен, г	46,7	45,7	41,1	36,9	39,7	-2,2	-14,1	-21	-15
Высота растений, см	97,4	96,0	79,1	103,9	90,1	-1,4	-18,8	+6,7	-7,5
Длина колоса, см	8,6	8,4	8,2	8,4	9,2	-2,3	-4,6	-2,3	+6,7
Число колосков в колосе, шт.	19,1	18,4	18,3	18,6	19,7	-3,7	-4,2	-2,6	+3,1

Примечание: *1-й тип — в предпосевной и посевной периоды, 2-й тип — в период активной вегетации, 3-й тип — осенняя, ранневесенняя и летняя, 4-й тип — осенне-зимняя

При длительной осенне-зимней засухе (в сентябре — декабре 2020 г.) отмечалось слабое снижение продуктивности колоса (на 7,4%), а основное воздействие стресса отразилось на количестве взошедших растений (-41,7%), плотности продуктивного стеблестоя (-18,6%) и массе 1000 зерен (-15,0%). Снижение урожайности в 2021 г. к контрольному 2017-му составило 18,6%.

За годы проведения исследований не отмечалось больших изменений признаков: «длина колоса» и «число колосков в колосе», что свидетельствует об их высокой генетической стабильности и надежности отбора по ним в любые по погодным условиям годы.

Высота растений не является элементом структуры, но она оказывает существенное влияние на урожайность, так как служит генетически детерминированным признаком, определяющим состояние растений в зависимости от стрессовых факторов среды (засуха, низкая температура и технологии возделывания [9, 14]. Средняя высота растений изменялась в опытах от 79,1 см (2019 г.) до 103,9 см (2020 г.). Ее снижение было максимальным в 2019 г. (на 18,3 см), несколько меньше в 2021-м (на 7,3 см), а в 2021-м превышение над контрольным 2017 г. составило 6,5 см.

Полученные результаты исследований по влиянию засухи в разные периоды роста и развития растений на урожайность и элементы структуры подтверждаются рассчитанными коэффициентами корреляции (табл. 2).

Так, в 2018 г., как и в 2017-м, урожайность озимой мягкой пшеницы формировалась за счет равноценного вклада всех элементов структуры с некоторым преобладанием продуктивности растений (числа зерен в колосе). Коэффициенты корреляции между урожайностью и числом зерен с растения — $r = 0,48$, массой зерна с растения — $r = 0,34$. В 2019 г. урожайность в основном зависела от густоты стояния растений ($r = 0,39$) и продуктивного стеблестоя ($r = 0,37$). В 2020 г. урожайность складывалась за счет продуктивного стеблестоя ($r = 0,35$), продуктивности колоса и растения ($r = 0,40$ и $r = 0,41$). В 2021 г. она определялась продуктивностью колоса (число зерен в колосе — $r = 0,47$, масса зерна с колоса — $r = 0,33$).

Следует подчеркнуть, что сопряженность урожайности со слагающими ее элементами по годам не отличалась стабильностью и силой взаимосвязи, но в среднем за пять лет выявлена средняя и сильная связь с густотой стояния растений на единице площади ($r = 0,78$), продуктивным стеблестоем ($r = 0,70$), числом зерен с колоса и растения ($r = 0,64$ и $r = 0,79$ соответственно). Обращает на себя внимание и сильная взаимосвязь урожайности с высотой растения ($r = 0,70$), что будет затруднять отбор полукарликовых сортов в наших условиях. Следовательно, отбор на продуктивность в засушливых условиях нужно проводить с учетом этих признаков и типа засухи.

Сравнительное изучение генотипов, относящихся к разным группам спелости, по урожайности и структурным элементам показало их неоднозначную реакцию на условия засухи. Урожайность (как в отдельные годы, так и в среднем за все) была выше у генотипов средней группы спелости (табл. 3).

Однако и депрессия признака (урожайности) в сравнении с контрольным 2017 г. у нее была выше, чем у раннеспелых и среднеранних генотипов (2019 г. — 45,2%, 2018 г. — 6,5%, 2020 г. — 23,0%, 2021 г. — 26,4%, у раннеспелых и среднеранних, соответственно, 39,55% и 39,6%, 12,0% и 14,9%, 14,5% и 21,4%). Максимальное снижение урожайности отмечено при засухе в предпосевной и посевной периоды 2019 г. и отсутствием

Таблица 2. Коэффициенты корреляции* урожайности с элементами ее структуры в разные по засушливости годы
Table 2. Correlation coefficients* between a yield and its structure elements in the years of different aridity

Год	Число растений на 1 м ² , шт.	Продуктивный стеблестой, кол/м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Число зерен с растения, шт.	Масса зерна с растения, г	Масса 1000 зерен, г	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.
2017	0,13	0,35	0,17	0,15	0,28	0,23	0,06	0,63	0,19	0,35
2018	-0,04	-0,08	-0,14	-0,23	0,48	0,34	-0,32	0,20	0,68	0,56
2019	0,39	0,37	0,21	0,21	0,21	0,23	-0,17	0,33	0,05	-0,06
2020	-0,09	0,35	0,39	0,40	0,26	0,41	-0,13	0,56	0,72	0,52
2021	-0,11	-0,09	0,47	0,33	0,15	0,01	-0,02	0,26	0,40	0,47
среднее	0,78	0,70	0,64	-0,12	0,79	0,35	-0,28	0,70	0,30	0,27

Примечание: * все коэффициенты корреляции достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 3. Урожайность генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости в зависимости от погодных условий
Table 3. Productivity of winter bread wheat genotypes of different maturity groups depending on weather conditions

Группа спелости	Урожайность, т/га					Снижение к контролю, %				
	2017 г. (контроль)	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Раннеспелая	10,64	10,74	6,44	9,38	8,99	9,24	-	39,5	12,0	14,5
Среднеранняя	11,08	11,09	6,69	9,43	8,71	9,40	-	39,6	14,9	21,4
Среднеспелая	12,71	11,89	6,96	9,79	9,79	10,14	6,5	45,2	23,0	26,4

Таблица 4. Количество растений, продуктивных стеблей и их депрессия у генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости
Table 4. The number of plants, productive heads, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Количество растений на 1 м ² , шт.					Продуктивный стеблестой, колосьев на 1 м ²						
	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	464	183	342	379	285	330	770	405	601	898	613	657
Среднеранняя	440	227	367	327	260	324	809	465	646	782	601	660
Среднеспелая	473	249	390	324	248	336	725	515	618	920	554	666
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	-	60,6	26,3	18,3	38,7	35,9	-	47,4	22,0	0,0	20,4	22,4
Среднеранняя	-	48,4	16,4	25,7	40,9	32,8	-	42,5	20,2	0,0	25,7	22,1
Среднеспелая	-	47,0	17,0	31,1	47,2	35,5	-	29,0	14,8	0,0	23,6	16,8

Таблица 5. Масса зерна с растения, колоса и их депрессия у генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости
Table 5. Grain weight per plant, head, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Масса зерна с растения, г					Масса зерна с колоса, г						
	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2019 г.	2018 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	3,52	3,14	3,24	3,14	3,74	3,35	1,85	1,67	1,70	1,19	1,60	1,60
Среднеранняя	3,28	3,20	3,71	3,35	3,58	3,42	1,58	1,68	1,66	1,19	1,58	1,53
Среднеспелая	3,66	3,89	3,59	3,21	3,24	3,51	1,63	1,56	1,73	1,17	1,58	1,53
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	-	10,8	8,0	10,8	0,0	7,4	-	9,1	9,7	35,7	13,5	17,0
Среднеранняя	-	2,50	0,0	2,50	0,0	1,2	-	0,0	0,0	24,7	0,0	6,20
Средне-спелая	-	0,0	2,0	12,3	11,5	6,4	-	0,0	4,3	28,2	3,1	8,9

его при 2-м типе засухи (период активной вегетации в 2018 г.). 3-й и 4-й тип засухи (2020 г., 2021 г.) оказывали меньшее влияние на депрессию урожайности благодаря осадкам в месяцы, предшествующие этому стрессу.

Из двух основных составляющих элементов урожайности — густоты стояния растений и их продуктивности — более значимые изменения испытывает первый (табл. 1, 4, 5).

Связано это с тем, что параметры густоты у озимой мягкой пшеницы существенно зависят от влагообеспеченности в предпосевной и посевной периоды, начального роста растений, качества посевного материала. Как показывают данные таблиц, снижение показателей густоты стояния растений и продуктивного стеблестоя отмечалось во все годы исследований с максимальной выраженностью депрессии этих признаков в 2019 г. и 2021-м. Так, депрессия признака «густота стояния растений» в 2019 г. и 2021-м составила: по раннеспелой группе — 60,6% и 38,7%, среднеранней — 48,4% и 40,9%, среднеспелой — 47,0% и 47,2%, в 2018 г. и 2020-м, соответственно, 26,3% и 18,3%, 16,4% и 25,7%, 17,0% и 31,1%. Та же самая закономерность прослеживалась и по густоте продуктивного стеблестоя (табл. 4). В целом (как в отдельные годы, так и в среднем по показателям густоты растений и продуктивности стеблестоя) не выявлено значительных различий между группами спелости, в большей степени они отражаются в их депрессии. Более выраженной депрессией этих признаков характеризовались раннеспелые генотипы (60,6% и 26,3%) в 2019 г. и 2018-м (1-й и 2-й тип засухи). На засуху 2020 г. и 2021-го больше реагировали в порядке возрастания среднеранние и среднеспелые генотипы. По депрессии (ее отсутствию) продуктивного стеблестоя на 1 м² исключение составил 2020 г., когда погодные условия зимнего и ранневесеннего периодов (осадки, теплая зима, понижение температуры в марте — апреле) способствовали интенсивному кущению, количество продуктивных колосьев по раннеспелым генотипам было 898 на 1 м², среднеранним — 793, среднеспелым — 920; в 2017 г. — 770, 809 и 725 соответственно.

Масса зерна растения и колоса у мягкой озимой пшеницы находилась в прямой зависимости от влагообеспеченности в период вегетации «колошение — созревание». В годы исследований абсолютные значения этих признаков варьировали: от 3,14 г до 3,67 г — по массе зерна с растения, от 1,20 г до 1,76 г — по массе зерна с колоса. Самые низкие их показатели характерны для 2020 г. (3,14 г и 1,20 г) из-за недостаточной влагообеспеченности в период «кущение — выход в трубку» (март — апрель) и «колошение — созревание» (июнь).

Сравнение величины этих двух признаков у генотипов разных групп спелости показало, что в зависимости от погодных условий они могут меняться рангами по годам исследований, то есть нет четкой закономерности в превосходстве какой-то из групп. Более наглядно различия между ними по каждому из признаков прослеживаются по депрессии их к контрольному 2017 г. По массе зерна с растения снижение отмечалось по раннеспелой группе генотипов на 10,8% (2019 г.), на 8,0% (2018 г.), на 10,8% (2020 г.), по среднеспелой — на 12,3% (2020 г.), на 11,5% (2021 г.). Среднеранние генотипы оказались более устойчивыми к засухе в период «колошение — созревание».

Такая же закономерность по реакции генотипов трех групп спелости на условия засухи отмечена и по признаку «масса зерна с колоса». Депрессия признака во все годы исследований у раннеспелых генотипов была выше, чем у среднеранних и среднеспелых. Максимальное снижение по массе зерна с колоса характерно для засухи 2020 г. для всех изучаемых групп спелости: раннеспелой — на 35,7%, среднеранней — на 24,7%, среднеспелой — на 28,2% (табл. 5).

Элементы, слагающие продуктивность колоса (число зерен в колосе и крупность зерна), варьировали в широких пределах. Число зерен в колосе — от 32,7 шт.

Таблица 6. Число зерен в колосе, масса 1000 зерен и их депрессия у генотипов озимой мягкой пшеницы разных групп спелости
Table 6. Grain content per head, 1000-grain weight, and their depression in winter bread wheat genotypes of different maturity groups

Группа спелости	Число зерен в колосе, шт.						Масса 1000 зерен, г					
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Раннеспелая	41,9	35,5	39,0	30,7	37,0	36,8	46,2	46,9	43,3	39,2	43,8	43,9
Среднеранняя	34,3	42,8	40,7	32,7	40,2	38,1	45,4	46,1	40,7	37,4	38,1	41,5
Среднеспелая	36,2	35,2	49,8	34,7	43,4	39,9	43,6	44,8	35,7	33,9	37,4	39,1
Депрессия признаков при засухе, % к 2017 г.												
Раннеспелая	-	15,3	6,9	26,7	11,7	15,1	-	0,0	6,3	15,2	5,2	6,7
Среднеранняя	-	0,0	0,0	4,7	0,0	1,2	-	0,0	10,4	17,6	14,2	10,6
Среднеспелая	-	3,0	0,0	4,2	0,0	1,8	-	0,0	18,2	22,3	16,2	14,2

в 2020 г. до 41,6 шт. в 2021-м, масса 1000 зерен — от 33,9 г в 2020 г. до 46,9 г в 2018-м. Снижение показателей по отношению к благоприятному 2017 г. составило 14,2% (число зерен в колосе) и 21,0% (масса 1000 зерен). В остальные годы данные признаки снижали свои параметры значительно в меньшей степени (табл. 1, 6).

У раннеспелой группы сортов депрессия признака «число зерен в колосе» оказалась выше, чем у последующих двух: 2019 г. — 6,9%, 2018 г. — 15,3%, 2020 г. — 26,7%, 2021 г. — 11,7%. Это говорит о том, что раннеспелые генотипы сильнее реагировали на засуху в годы проведения опыта.

Реакция раннеспелых генотипов на засуху по признаку «крупность зерна» была менее выраженной, чем у среднеранних и среднеспелых. Снижение массы 1000 зерен к 2017 г. составило: 2019 г. — 6,3%, 2020 г. — 15,2%, 2021 г. — 5,2%, у среднеранних и среднеспелых — 10,4% и 17,6%, 14,2% и 18,2%, 22,3% и 16,2% соответственно. В абсолютных значениях генотипы раннеспелой группы спелости формировали самое крупное зерно, как по годам исследований, так и в среднем за пять лет (табл. 6).

Таким образом, выявленные особенности реакции генотипов разных групп спелости на проявление засухи в те или другие периоды вегетации по урожайности и элементам ее структуры свидетельствуют о том, что для юга Ростовской области необходимо вести селекцию на создание сортов, отличающихся по продолжительности вегетационного периода, которые позволяют получать высокую урожайность в меняющихся условиях среды и обеспечивать стабильное производство зерна, отдавая при этом приоритет сортам среднеспелой группы, показывающим в последние года более высокую урожайность.

Выводы/Conclusion

1. В результате исследований установлено, что засуха (в зависимости от времени ее проявления и длительности) оказывает разное влияние на уровень потенциальной продуктивности озимой пшеницы. В 2019 г. при раннеосенней засухе в предпосевной и посевной периоды снижение урожайности к благоприятному 2017 г. составило 39,4%, и связано оно было с уменьшением густоты стояния растений и густоты продуктивного стеблестоя на единице площади, в 2020 г. при осенней засухе (октябрь — декабрь, «всходы — кущение») на 10,7% за счет снижения продуктивности колоса и массы 1000 зерен, в 2021 г. при осенне-зимней засухе (сентябрь — декабрь, «всходы — кущение») на 18,6% за счет

уменьшения густоты стояния растений, плотности агроценоза и массы 1000 зерен. В 2018 г. при засухе в период активной вегетации не отмечалось изменения урожайности и элементов за счет запасов влаги в почве.

2. На основе корреляционного анализа урожайности с элементами ее структуры определены признаки, которые в засушливых условиях Ростовской области вносят основной вклад в формирование урожайности: густота стояния растений ($r = 0,78$), плотность агроценоза ($r = 0,70$), число зерен в колосе и растении ($r = 0,64$ и $r = 0,79$), высота растений ($r = 0,70$), поэтому отбор на продуктивность обязательно должен вестись с учетом этих признаков и типа засухи.

3. Выявлено, что реакция генотипов (разных по продолжительности вегетационного периода) на засуху была неоднозначной в годы исследований (даже в пределах одной группы спелости). При этом депрессия по урожайности самой высокой была у сортов среднеспелой группы по сравнению с более раннеспелыми. В то же время по большинству признаков структуры, наоборот, сорта этой группы меньше страдали от засухи, в отличие от раннеспелых и среднеранних. С учетом этого для уменьшения воздействия засушливых условий в нашей зоне необходимо вести селекцию на создание разных по продолжительности вегетационного периода сортов.

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

- Алабушев А.В., Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние сроков посева по различным предшественникам на урожайность и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в южной зоне Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2020; (1): 4–10. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10>
- Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Монография. Ростов-на-Дону: Юг. 2007; 600.
- Маслова Г.Я., Абдраев М.Р., Шарапов И.И., Шарапова Ю.А. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018; 20(2-4): 680–682. <https://www.elibrary.ru/zdfatl>
- Кривошеев Г.Я., Игнатьев А.С. Взаимосвязь между количественными признаками, определяющими урожайность зерна гибридов кукурузы. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (6): 27–32. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-78-6-27-32>
- Владимирова Е.С. Корреляционный анализ исходного материала для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Центральной Якутии. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (5): 31–37. <https://www.elibrary.ru/drsvyan>
- Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г., Краснова Ю.С., Каракоз И.И., Шаманин В.П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2018; (3): 26–35. <https://www.elibrary.ru/yarsbv>
- Коряковцева Л.А., Волкова Л.В., Харина А.В. Исходный материал яровой мягкой пшеницы для селекции на продуктивность в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2011; (5): 7–12. <https://www.elibrary.ru/occadd>
- Волкова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и ее связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016; (6): 9–15. <https://www.elibrary.ru/wzirlv>
- Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В. Оптимальные параметры элементов продуктивности модельного сорта мягкой озимой пшеницы интенсивного типа для условий юга Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (6): 59–63. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-64-68>
- Фоменко М.А., Грабовец А.И. Усиление аридности климата на Дону в динамике параметров модели сортов озимой мягкой пшеницы. *Земледелие, растениеводство, селекция: настоящее и будущее. Материалы Международной научно-практической конференции*. Жодино. 2012; 2: 210–215.
- Коледа К.В., Живлюк Е.К., Коледа И.И., Бородич Е.А. Раница — новый скороспелый сорт мягкой озимой пшеницы. *Сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Сборник научных трудов*. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. 2018; 42: 87–93. <https://www.elibrary.ru/zadlwh>
- Иванисов М.М., Марченко Д.М., Некрасов Е.И., Романиюкина И.В., Кравченко Н.С. Новый раннеспелый сорт озимой мягкой пшеницы Жаворонок. *Зерновое хозяйство России*. 2021; (2): 34–39. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39>
- Simane B., Struik P.C., Nacht M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
- Торбина И.В. Корреляция признаков урожайности озимой пшеницы в Среднем Предуралье. *Владимирский земледелец*. 2016; (4): 33–36. <https://www.elibrary.ru/xhufyp>

REFERENCES

- Alabushev A.V., Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A. The effect of sowing dates and forecrops on productivity and grain quality of the winter soft wheat variety Krasa Dona in the Southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2020; (1): 4–10 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-4-10>
- Grabovets A.I., Fomenko M.A. Winter wheat. Monograph. Rostov-on-Don: Yug. 2007; 600 (In Russian).
- Maslova G.Ya., Abdryayev M.R., Sharapov I.I., Sharapova Ju.A. Correlation analysis of yield and elements of productivity of winter soft wheat varieties in the arid conditions of steppe zone of Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2018; 20(2-4): 680–682 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zdfatl>
- Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S. Correlation between quantitative traits that affect grain yield of maize hybrids. *Grain Economy of Russia*. 2021; (6): 27–32 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-78-6-27-32>
- Vladimirova E.S. Correlation analysis of the basic material for spring soft wheat selection under conditions of Central Yakutia. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2020; (5): 31–37 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/drsvyan>
- Pushkarev D.V., Chursin A.S., Kuz'min O.G., Krasnova Yu.S., Karakoz I.I., Shamanin V.P. Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; (3): 26–35 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yarsbv>
- Korjakovtseva L.A., Volkova L.V., Kharina A.V. Initial material of spring mild wheat for selection on productivity under conditions of North-East of Non-Chernozem zone of Russia. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2011; (5): 7–12 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/occadd>
- Volkova L.V. Productivity of spring wheat and its relation to elements of yield structure in years differ by meteorological conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2016; (6): 9–15 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wzirlv>
- Samofalov A.P., Podgorny S.V., Skripka O.V. Optimal parameters of productivity elements of the model variety of winter wheat of intensive type for the Southern territories of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2018; (6): 59–63 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-64-68>
- Fomenko M.A., Grabovets A.I. Climate aridity increase on the Don in the dynamics of the parameters of the model of winter bread wheat varieties. *Agriculture, crop production, breeding: present and future. Proceedings of the International scientific and practical conference*. Zhodino. 2012; 2: 210–215. (In Russian).
- Koleda K.V., Zhyvlyuk E.K., Koleda I.I., Borodich E.A. Rаница is a new variety of soft winter wheat. *Agriculture: problems and prospects. Collection of scientific papers*. Grodno: Grodno State Agrarian University. 2018; 42: 87–93 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zadlwh>
- Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Nekrasov E.I., Rubas' I.A., Romanyukina I.V., Kravchenko N.S. The new early-maturing winter bread wheat variety Zhavoronok. *Grain Economy of Russia*. 2021; (2): 34–39 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-74-2-34-39>
- Simane B., Struik P.C., Nacht M.M., Peacock J.M. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*. 1993; 71(3): 211–219. <https://doi.org/10.1007/BF00040410>
- Torbina I.V. Correlation of yield characteristics of winter wheat in Middle Ural region. *Vladimir agriculturalist*. 2016; (4): 33–36 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xhufyp>

ОБ АВТОРАХ:**Александр Петрович Самофалов,**

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
samofalova.1986@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1709-2808>

Сергей Викторович Подгорный,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
podgorny128@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8438-1327>

Ольга Викторовна Скрипка,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-6183-8312>

Светлана Николаевна Громова,

кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-8627-279X>

Валентина Леонидовна Чернова,

агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок, 3, Зерноград, Ростовская обл., 347740, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-0451-2711>

ABOUT THE AUTHORS:**Aleksandr Petrovich Samofalov,**

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
samofalova.1986@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1709-2808>

Sergey Viktorovich Podgorny,

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
podgorny128@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8438-1327>

Olga Viktorovna Skripka,

Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-6183-8312>

Svetlana Nikolaevna Gromova,

Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-8627-279X>

Valentina Leonidovna Chernova,

agronomist of the laboratory for the breeding and seed production of winter bread wheat of intensive type, Agricultural Research Center «Donskoy», 3 Nauchny Gorodok, Zernograd, Rostov region, 347740, Russia
<https://orcid.org/0000-0002-0451-2711>

О.П. Кибальник, ✉
 Д.С. Семин,
 И.Г. Ефремова,
 С.В. Кибальник

Российский научно-исследовательский
 и проектно-технологический институт
 сорго и кукурузы, Саратов, Россия

✉ kibalnik79@yandex.ru

Поступила в редакцию:
 17.02.2023

Одобрена после рецензирования:
 02.06.2023

Принята к публикации:
 20.06.2023

Oksana P. Kibalnik, ✉
 Dmitry S. Semin,
 Irina G. Efremova,
 Stanislav V. Kibalnik

Russian Research and Design-Technological
 Institute of Sorghum and Corn, Saratov,
 Russia

✉ kibalnik79@yandex.ru

Received by the editorial office:
 17.02.2023

Accepted in revised:
 02.06.2023

Accepted for publication:
 20.06.2023

Корреляционные взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков образцов сахарного сорго в засушливых условиях Нижнего Поволжья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сахарное сорго является одной из ведущих кормовых культур в регионах засушливого земледелия. Всестороннее углубленное изучение и улучшение селекционно-ценных показателей, определение корреляций между признаками для выявления наиболее прочных зависимостей с целью ускорения селекционного процесса являются актуальными.

Методы. Полевая оценка 11 морфометрических показателей и элементов продуктивности исследуемых образцов (всего 43) проведена по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Оценка сопряженности признаков проведена согласно корреляционному анализу с помощью программы «Агрос 2.09».

Результаты. Выявлена разная степень сопряженности признаков. В среднем за 2020–2022 гг. урожайность биомассы сахарного сорго зависела от семенной продуктивности ($r = 0,70$), крупности семян ($r = 0,41$), площади наибольшего листа ($r = 0,39$). Вместе с тем урожайность семян коррелировала с массой 1000 зерен и площадью наибольшего листа ($r = 0,45–0,46$). Отмечена достоверная положительная корреляционная связь высоты растений при созревании с выдвинутостью ножки соцветия ($r = 0,58$). Установлено, что у сахарного сорго крупность семян коррелировала с площадью наибольшего листа ($r = 0,49$). В то же время длина и ширина соцветия имеют сопряженность, равную 0,46. Кроме того, в отличающиеся по метеорологическим условиям годы наблюдалась различная степень проявления взаимосвязей между рассматриваемыми признаками, что необходимо учитывать при проведении селекционного процесса. Знание особенностей корреляционных связей обеспечивает ускорение создания новых сортов с заданными параметрами.

Ключевые слова: сахарное сорго, сорт, линия, селекционно-ценные признаки, урожайность, корреляция

Для цитирования: Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Кибальник С.В. Корреляционные взаимосвязи хозяйственно-ценных признаков образцов сахарного сорго в засушливых условиях Нижнего Поволжья. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 92–96. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-92-96>

© Кибальник О.П., Семин Д.С., Ефремова И.Г., Кибальник С.В.

Correlation relationships of economically valuable characteristics of sugar sorghum samples in arid conditions of the Lower Volga region

ABSTRACT

Relevance. Sugar sorghum is one of the leading forage crops in the regions of arid agriculture. Comprehensive in-depth study and improvement of breeding-valuable indicators, determination of correlations between traits to identify the strongest dependencies in order to accelerate the breeding process is relevant.

Methods. The field assessment of 11 morphometric indicators and productivity elements of the studied samples (43 in total) was carried out according to the methodology of the state variety testing of agricultural cultures. The assessment of the conjugacy of features was carried out according to the correlation analysis using the «Agros 2.09» program.

Results. The different degree of conjugacy of the signs is revealed. On average, in 2020–2022, the yield of sugar sorghum biomass depended on seed productivity ($r = 0.70$), seed size ($r = 0.41$), the area of the largest leaf ($r = 0.39$). At the same time, the seed yield correlated with the mass of 1000 grains and the area of the largest leaf ($r = 0.45–0.46$). There was a significant positive correlation between the height of plants at maturity and the extension of the inflorescence stem ($r = 0.58$). It was found that in sugar sorghum, the seed size correlated with the area of the largest leaf ($r = 0.49$). At the same time, the length and width of the inflorescence have a conjugacy equal to 0.46. In addition, in years differing in meteorological conditions, there was a different degree of manifestation of the interrelationships between the considered signs, which must be taken into account when conducting the selection process. Knowledge of the features of correlations provides acceleration of the creation of new varieties with the specified parameters.

Key words: sugar sorghum, variety, line, breeding and valuable traits, yield, correlation

For citation: Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Kibalnik S.V. Correlation relationships of economically valuable characteristics of sugar sorghum samples in arid conditions of the Lower Volga region. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 92–96 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-92-96>

© Kibalnik O.P., Semin D.S., Efremova I.G., Kibalnik S.V.

Введение/Introduction

Сельскохозяйственное производство базируется на растениеводстве, основой которого является получение высоких урожаев качественной продукции полевых культур. В богарных условиях сахарное сорго отличается высокой продуктивностью, широкой адаптивностью, уникальной засухоустойчивостью, что привлекает большое внимание сельскохозяйственных производителей. Основное направление возделывания сахарного сорго в производстве кормов — в виде зеленой массы, сена, силоса, сенажа, зернофуража, моноорма, брикетов [1]. Способность растений сахарного сорго накапливать в соке стеблей сахара до 12–20% обуславливает многоцелевое использование этой культуры и расширяет потенциальные возможности ее как источника сырья для использования в различных областях перерабатывающей промышленности: пищевой — сорговый сироп и мед в производстве напитков, дрожжей, спирта, кондитерских изделий [2]; технической — стебли и зерна в получении биоэтанола [3]. В связи с разнонаправленностью применения сахарного сорго селекционеры широко привлекают исходный материал из мировой коллекции генетических ресурсов ВИР для создания новых высокопродуктивных сортов и гибридов с высоким содержанием сахаров в соке стебля [4].

Для оптимизации и ускорения процесса по созданию исходного материала и новых сортов культурных растений с нужными признаками особую роль играют изучение сопряженности хозяйственно-ценных показателей, установление их силы и направления с использованием корреляционного анализа, имеющих важное значение в селекционной работе с разными сельскохозяйственными растениями [5–9], в том числе и с сорговыми культурами [10–12].

В связи с этим сформировались цель исследований по изучению корреляционных связей между селекционными признаками образцов сахарного сорго, установление их силы и направления, выделение признаков, существенно связанных между собой.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проведены на опытном поле ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» в 2020–2022 гг. Материалом для изучения служили 43 образца сахарного сорго, в том числе 11 сортов и 32 селекционные линии питомников конкурсного и предварительного сортоизучения селекционного института (табл. 1).

Площадь делянок в питомниках составила: конкурсного сортоиспытания — 30,8 м², предварительного — 15,4 м². Повторность трехкратная. Густота стояния растений скорректирована вручную — 100–150 тыс. раст/га. Посев образцов сахарного сорго проведен в III декаде мая селекционной кассетной сеялкой СКС-6-10. Агротехника выращивания — зональная, разработанная научными учреждениями Нижнего Поволжья. Закладка делянок и оценка морфометрических признаков растений осуществлена согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹. Оценка содержания водорастворимых сахаров проведена в полевых условиях с использованием рефрактометра RL 2 (Польша). Результаты исследования подвергались статистической обработке в программе Agros версии 2.09

Таблица 1. Характеристика образцов сахарного сорго по хозяйственно-ценным признакам
Table 1. Characteristics of sugar sorghum samples according to economically valuable characteristics

Образцы		Хозяйственно-ценные признаки
Сорта и гибриды (всего 11)		
Волжское 51, Флагман, Капитал, Чайка, Сахара, Волонтер, Севилья, F1 Момент, F1 Калибр, Шахерезада, Изольтда		Образцы данной группы характеризуются высотой при созревании (в пределах 162,2–201,3 см). В соке стебля синтезируется от 11,7 до 18,3% водорастворимых сахаров. Формируют в богарных условиях урожайность биомассы от 20,30 до 32,15 т/га, в том числе семян 2,40–5,04 т/га. Масса 1000 семян: варьирование величины признака в пределах 19,6–26,3 г. Сорта и линии отличаются высокой устойчивостью к засухе и похолоданию, а также не полегают. Доступны к использованию на территории от Центрально-Черноземного до Уральского региона РФ
Селекционные линии (всего 32)		
Л-39/12, Л-42/13, Л-44/13, Л-52/13, Л-59/13, Л-62/17, Л-66/13, Л-80/12, Л-5, Л-1, Л-7, Л-10, Л-6, Л-87/13, Л-99/13, Л-65/17,	Л-3/14, Л-111/15, Л-111-а/15, Л-79, Л-104/14, Л-6/16, Л-5-1, Л-9/2, Л-16/18, Л-28, Л-34, Л-35, Л-75, Л-187, Л-105/14, Л-67/13	Высота растений при созревании линий варьирует в пределах 142,2–206,6 см. Новый исходный материал значительно различается по содержанию сахаров в соке стебля (наименьшее — 5,4%, максимальное — 18,4%), что позволяет расширить направление использования (кормовое и техническое). Данные урожайности свидетельствуют о потенциале селекционных линий: урожайность биомассы — от 15,02 до 37,65 т/га, урожайность семян — от 2,58 до 4,62 т/га. Масса 1000 семян варьировала в пределах 17,8–28,1 г

методом корреляционного анализа². Определялась взаимосвязь между наиболее важными показателями и элементами продуктивности (11 признаков) образцов сахарного сорго: высота растений при созревании, площадь наибольшего и флагового листа, длина и ширина соцветия, выдвинутость ножки соцветия, содержание суммы водорастворимых сахаров в соке стебля, урожайность биомассы и семян, масса 1000 семян, величина общей кустистости растений.

Годы исследования оказались различными по климатическим условиям: в 2020 году сумма активных температур составила 2530 °С, осадки — 195,8 мм, показатель ГТК — 0,77, в 2021-м сумма активных температур равнялась 2835 °С, осадки — 176,7 мм, показатель ГТК — 0,62 за период вегетации растений; 2022 год оказался более прохладным и влажным, сумма активных температур — 2516 °С, осадки достигли 198,2 мм, показатель ГТК — 0,75.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Результаты исследований обнаружили среднюю степень варьирования большинства показателей образцов в 2020–2022 гг. и в среднем за годы изучения. К числу признаков с наименьшей изменчивостью величины показателя отнесена высота растений при созревании: коэффициент вариации в 2020 году равнялся 10,8%, в 2021-м — 10,3%, в 2022-м — 8,5%. В среднем за годы исследований варьирование составило 7,8% (табл. 2).

Показатели площади наибольшего и флагового листа образцов сахарного сорго варьировали более значительно: в среднем за годы исследований $V = 17,2–18,8\%$ соответственно. Длина соцветия образцов колебалась от 18,5 до 26,8 см при среднем значении признака 22,8 см, варибельность составила 9,1% в среднем

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / ред. В.И. Голочаев, Е.В. Кириловская. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. 1989; 94.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 2011; 352.

за годы исследований. Выявлена более значительная изменчивость ширины соцветий образцов, достигающая 22,2% за три года. Высокое значение коэффициента вариации обнаружено у показателей «выдвинутость ножки метелки» (34,6%) и «содержание сахаров в соке стебля» (21,3%) в среднем за годы исследований.

Урожайность биомассы образцов сорго отличилась меньшим варьированием признака (17,6% за три года) при колебании показателя в пределах 15,02–37,65 т/га со средней по питомникам 25,20 т/га. Наряду с этим по урожайности семян сахарного сорго выявлено среднее варьирование в 2020–2022 гг. — 20,1%.

Элемент зерновой продуктивности — показатель «масса 1000 семян» — варьировал у образцов в меньшей степени: 15,0% — в 2020 году, 17,5% — в 2021-м,

Таблица 2. Оценка статистических параметров по морфометрическим показателям и элементам продуктивности сортов и линий сахарного сорго
Table 2. Evaluation of statistical parameters by morphometric indicators and elements of productivity of varieties and lines of sugar sorghum

Признак	Год	Значение признака (min-max)	Средняя	Ошибка ср.	Коэффициент вариации V, %
Высота растений при созревании, см	2020	145,5–224,7	182,6	3,0	10,8
	2021	145,7–212,7	174,1	2,7	10,3
	2022	121,0–218,6	184,7	2,4	8,5
	среднее	142,2–206,6	181,0	2,1	7,8
Площадь наибольшего листа, см ²	2020	127,7–393,1	216,1	8,2	25,0
	2021	127,9–266,6	197,5	5,6	18,7
	2022	151,8–270,7	202,3	4,9	16,0
	среднее	155,6–308,4	208,0	5,4	17,2
Площадь флагового листа, см ²	2020	64,4–163,0	104,8	4,6	29,1
	2021	42,9–124,8	70,0	3,1	29,6
	2022	62,4–133,6	94,9	3,2	22,2
	среднее	63,6–144,2	93,3	2,7	18,8
Длина соцветия, см	2020	17,8–29,6	23,3	0,4	12,6
	2021	14,0–26,5	21,1	0,4	14,0
	2022	18,2–31,3	23,8	0,5	13,6
	среднее	18,5–26,8	22,8	0,3	9,1
Ширина соцветия, см	2020	5,2–20,8	11,3	0,5	28,3
	2021	5,0–13,2	9,7	0,4	24,9
	2022	7,5–21,8	12,8	0,5	24,2
	среднее	7,0–16,2	11,3	0,4	22,2
Выдвинутость ножки метелки, см	2020	2,4–33,5	15,4	1,1	48,7
	2021	0,0–24,8	15,1	0,8	36,7
	2022	4,8–36,0	21,7	1,0	30,3
	среднее	6,8–26,8	16,9	0,9	34,6
Содержание сахаров в соке стебля, %	2020	7,1–20,3	15,8	0,5	21,9
	2021	7,1–20,9	13,8	0,5	22,5
	2022	0,0–17,7	11,2	0,6	33,3
	среднее	5,4–19,4	14,2	0,5	21,3
Урожайность биомассы, т/га	2020	15,01–49,35	28,33	1,12	26,0
	2021	15,52–28,68	21,66	0,54	16,2
	2022	14,50–30,90	22,47	0,66	19,2
	среднее	15,02–37,65	25,20	0,7	17,6
Урожайность семян, т/га	2020	2,25–6,30	3,99	0,2	30,1
	2021	2,30–3,88	2,65	0,05	12,5
	2022	2,24–5,10	3,29	0,13	25,6
	среднее	2,40–5,04	3,48	0,1	20,1
Масса 1000 семян, г	2020	17,6–29,8	22,9	0,5	15,0
	2021	14,6–27,4	20,8	0,6	17,5
	2022	17,2–27,3	22,2	0,4	13,4
	среднее	17,8–28,1	22,3	0,5	13,6
Кустистость общая, шт.	2020	1,21–2,29	1,55	0,05	20,2
	2021	1,58–3,47	2,83	0,49	14,2
	2022	1,00–1,76	1,30	0,03	14,3
	среднее	1,29–2,32	1,69	0,03	12,8

13,4% — в 2022-м, 13,6% — в среднем за годы исследований. Варьирование показателя «общая кустистость» у образцов сорго составило 14,2–20,2% в годы исследований, а в среднем равнялось 12,8%.

Получены различные данные о степени сопряженности рассмотренных признаков. Высота при созревании растений оказала существенное влияние на ряд хозяйственно-ценных признаков. Отмечена достоверная положительная корреляционная связь высоты растений с длиной соцветия: коэффициент корреляции в 2020 году составил 0,62, в 2021-м — 0,36, в 2022-м — 0,23, в среднем за три года — 0,35 (табл. 3).

Установлена связь высоты при созревании и выдвинутости ножки соцветия. Коэффициент корреляции: в 2020 году $r = 0,65$, в 2021-м $r = 0,20$, в 202-м $r = 0,69$. В среднем за три года $r = 0,58$. Обнаружена взаимосвязь между высотой растений при созревании и содержанием сахаров в соке стебля, коэффициент корреляции варьировал от 0,14 до 0,53 в 2020–2022 гг. Результаты корреляционного анализа данных за три года выявили также среднюю положительную корреляцию между признаками — 0,53.

Установлена средняя взаимосвязь показателей выдвинутости ножки соцветия с содержанием сахаров в соке стебля — от 0,28 до 0,51 за годы исследований при значении $r = 0,49$ в среднем за изучаемый период.

Выявлена средняя положительная связь площади наибольшего и флагового листа: в 2020 году $r = 0,39$, в 2021-м $r = 0,46$, в 2022-м $r = 0,52$. В среднем за 2020–2022 гг. — 0,32. Установлена также средняя взаимосвязь площади наибольшего листа с урожайностью биомассы. Коэффициент корреляции в 2020 году составил 0,39, в 2021-м — 0,10, в 2022-м — 0,30. В среднем за 2020–2022 гг. — 0,39. Эта взаимосвязь согласуется с результатами исследователей А.В. Алабушева и сотрудников [11], в которых установлена значительная связь между общей продуктивностью сахарного сорго, высотой растений и длиной листа. Достоверная взаимосвязь

Таблица 3. Существенные корреляционные связи между хозяйственно-ценными признаками образцов сахарного сорго, 2020–2022 гг.

Table 3. Significant correlations between economically valuable characteristics of sugar sorghum samples, 2020–2022

Коррелирующие признаки:	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее за 202–2022 гг.
урожайность биомассы — урожайность зерна	0,67**	0,47**	0,63**	0,70**
урожайность биомассы — масса 1000 семян	0,38**	0,25	0,38**	0,41**
урожайность биомассы — площадь наибольшего листа	0,39**	0,10	0,30*	0,39**
урожайность зерна — масса 1000 зерен	0,44**	0,36*	0,42**	0,46**
урожайность семян — площадь наибольшего листа	0,48**	0,01	0,28	0,45**
высота растений при созревании — длина соцветия	0,62**	0,36*	0,23	0,35*
высота растений при созревании — выдвинутость ножки соцветия	0,65**	0,20	0,69**	0,58**
высота растений при созревании — содержание сахаров в соке стебля	0,53**	0,29*	0,14	0,53**
выдвинутость ножки соцветия — содержание сахаров в соке стебля	0,51**	0,28	0,28	0,49**
площадь наибольшего листа — площадь флагового листа	0,39**	0,46**	0,52**	0,32*
площадь наибольшего листа — масса 1000 зерен	0,38**	0,18	0,39**	0,49**
площадь флагового листа — длина соцветия	0,42**	0,59**	0,42**	0,34*
длина соцветия — ширина соцветия	0,58**	0,55**	0,47**	0,46**

Примечание: * значимо на уровне 5%, ** значимо на уровне 1%

обнаружена в среднем за 2020–2022 гг. между площадью наибольшего листа с массой 1000 зерен ($r = 0,49$), а также с урожайностью семян ($r = 0,45$).

Отмечена средняя связь между площадью флагового листа и длиной соцветия, по годам исследований коэффициент корреляции варьировал в пределах 0,42–0,59. В среднем за изучаемый период — $r = 0,34$. Выявлена положительная взаимосвязь параметров соцветия ($r = 0,46$), а также тесная взаимосвязь урожайности биомассы и зерна ($r = 0,70$). Установлена средняя положительная корреляция массы 1000 семян с урожайностью биомассы ($r = 0,41$) и семян ($r = 0,46$), что согласуется с результатами других исследований [13]. У образцов сахарного сорго установлена отрицательная связь между общей кустистостью растений и площадью листьев ($r = -0,31...-0,25$), которая высоко проявилась при анализе трехлетних данных. В практической селекции эта взаимосвязь известна: на сильно кустящихся растениях, как правило, площадь листьев снижается.

Выводы/Conclusion

Оценено варьирование основных хозяйственно-ценных признаков у исходного материала сахарного сорго в среднем в 2020–2022 гг. Установлено слабое варьирование показателя высоты растений образцов — 7,8%. Средняя вариабельность признаков у изучаемой группы образцов выявлена по площади наибольшего и флагового листа, длине соцветий, урожайности биомассы и семян, массе 1000 зерен, общей кустистости (12,8–18,8%). Более широкая амплитуда

изменчивости показателей отмечена по ширине соцветий (22,2%), выдвинутости ножки соцветий (34,6%), содержанию сахаров в соке стебля (21,3%).

Проведенные полевые исследования показали, что степень корреляционных взаимосвязей основных хозяйственно-ценных признаков образцов сахарного сорго в засушливых условиях Нижнего Поволжья различается и изменяется от отрицательной до средней положительной. В селекции на повышение продуктивности следует учитывать параметры соцветия и наибольшего листа, массу 1000 зерен, о чем свидетельствуют выявленные корреляции. Отмечена достаточно тесная положительная взаимосвязь урожайности биомассы и зерна ($r = 0,70$), также средняя корреляция с массой 1000 семян ($r = 0,41$) и площадью наибольшего листа ($r = 0,39$). Вместе с тем увеличение семенной продуктивности зависит от крупности семян и площади фотосинтезирующей поверхности растений ($r = 0,45-0,46$).

Обнаружена средняя зависимость в среднем за три года между высотой растений и выдвинутостью ножки соцветия ($r = 0,58$), площадью листьев ($r = 0,32$), а также площадью наибольшего листа и массой 1000 семян ($r = 0,49$). Средняя корреляция наблюдается между площадью флагового листа и длиной соцветия ($r = 0,34$). Среди достоверных отрицательных корреляций выявлена связь общей кустистости растений с площадью наибольшего листа ($r = 0,31$). Эти взаимосвязи необходимо учитывать для более целенаправленного отбора исходного материала в программах скрещиваний для эффективности и ускорения селекционного процесса.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

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

All authors bear responsibility for the work and presented data.

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

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в рамках тематического плана ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы» согласно госзаданию № 123011200031-6 Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

FINANCING:

The work was carried out within the framework of the thematic plan of the Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn according to the state task No. 123011200031-6 of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Романиюкин А.Е., Сухенко Н.Н., Ермолина Г.М. Урожайность и качество зеленой массы новых сортов сорго сахарного в АНЦ «Донской». *Аграрная наука*. 2022; (12): 93–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-93-97>
- Володин А.Б., Капустин С.И., Саварцев М.А. Новые нетрадиционные источники сырья для производства пищевого и кормового сахара. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*. 2016; 12: 305–308. <https://www.elibrary.ru/webjii>
- Аскарбеков Э.Б., Байгазиева Г.И., Мамаева Л.А. Разработка технологии спирта из сахарного сорго отечественной селекции. *Новости науки в АПК*. 2018; (2-1): 32–43. <https://www.elibrary.ru/mdhtbc>
- Кибальник О.П., Ефремова И.Г., Семин Д.С., Старчак В.И., Степанченко Д.А., Куколева С.С. Использование мировой коллекции ВИР в селекции новых сортов и гибридов сахарного сорго для засушливых регионов РФ. *Аграрная наука*. 2023; (1): 78–82. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-78-82>
- Теличко О.Н. Показатели хозяйственно-ценных признаков гибридов (F_3-F_4) вики яровой и их корреляционные взаимосвязи. *Вестник ДВО РАН*. 2021; (3): 40–44. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_06
- Турбаев А.Ж., Сергалиев Н.Х., Соловьев А.А. Сравнительное изучение сортообразцов яровой тритикале по показателям качества зерна. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019; (1): 19–33. <https://www.elibrary.ru/lxqjma>
- Бобкова О.Н., Скорина В.В. Оценка взаимосвязи между основными хозяйственно-ценными признаками разновидностей салата латук. *Овощи России*. 2019; (2): 43–48. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-43-48>

REFERENCES

- Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Sukhenko N.N., Ermolina G.M. Green mass productivity and quality of new sweet sorghum varieties in the ARC "Donskoy". *Agrarian science*. 2022; (12): 93–97 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-365-12-93-97>
- Volodin A.B., Kapustin S.I. New non-traditional sources of raw materials for the production of food and feed sugar. *New and nontraditional plants and prospects of their utilization*. 2016; 12: 305–308 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/webjii>
- Askarbekov E.B., Baygazieva G.I., Mamaeva L.A. Development of ethyl alcohol technology from sweet sorghum of domestic selection. *Novosti nauki v APK*. 2018; (2-1): 32–43 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/mdhtbc>
- Kibalnik O.P., Efremova I.G., Semina D.S., Starchak V.I., Stepanchenko D.A., Kukoleva S.S. The use of the VIR world collection in the selection of new varieties and hybrids of sugar sorghum for arid regions of the Russian Federation. *Agrarian science*. 2023; (1): 78–82 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-78-82>
- Telichko O.N. Indicators of economically valuable traits of hybrids F_3-F_4 of spring vetch and their correlations. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2021; (3): 40–44 (In Russian). https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_06
- Turbayev A.Z., Sergaliev N.K., Soloviev A.A. Comparative study of some genotypes of spring triticale for grain qualities. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2019; (1): 19–33 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/lxqjma>
- Bobkova O.N., Skorina V.V. Assessment of the relationship between the main economically values of the variety of lettuces. *Vegetable crops of Russia*. 2019; (2): 43–48 (In Russian). <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-43-48>

8. Донгак М.М. Влияние климатических условий на продуктивность выделенных селекционных линий мягкой яровой пшеницы в Республике Тыва. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2017; (11-1): 107–111. <https://www.elibrary.ru/zsukul>
9. Толстопятова О.С., Голованова Е.В., Толстопятов С.Н. Зависимость урожайности основных сельскохозяйственных культур Белгородской области от климатических показателей. *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019; (1): 141–146. <https://www.elibrary.ru/zejyjl>
10. Алабушев А.В., Сухенко Н.Н., Лушпина О.А., Ковтунов В.В. Корреляционные связи количественных признаков сорго зернового. *Научный журнал КубГАУ*. 2017; 128: 932–941. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-128-062>
11. Алабушев А.В., Ковтунова Н.А., Романиюкин А.Е., Горпиниченко С.И., Ермолина Г.М. Основные факторы повышения урожайности и качества зеленой массы сорго. *Успехи современного естествознания*. 2017; (6): 50–55. <https://www.elibrary.ru/zbnfcif>
12. Старчак В.И., Жужукин В.И., Жук Е.А., Бычкова В.В. Оценка корреляционных взаимосвязей морфологических признаков зернового сорго селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». *Аграрный научный журнал*. 2020; (6): 38–42. <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i6pp38-42>
13. Ковтунов В.В., Горпиниченко С.И., Беседа Н.А. Исходный материал для селекции сорго зернового. *Вестник аграрной науки Дона*. 2010; (2): 76–80. <https://www.elibrary.ru/pydhhn>
8. Dongak M.M. Influence of climatic conditions on efficiency of the allocated selection lines of a soft spring wheat in Republic Tuva. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017; (11-2): 107–111 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zsukul>
9. Tolstopyatov O.S., Golovanova E.V., Tolstopyatov S.N. The dependence of the major crops of the Belgorod region from climatic indicators. *Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2019; (1): 141–146 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zejyjl>
10. Alabushev A.V., Sukhenko N.N., Lushpina O.A., Kovtunov V.V. Correlation among quantitative traits of sorghum grain. *Scientific Journal of KubSAU*. 2017; 128: 932–941 (In Russian). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-128-062>
11. Alabushev A.V., Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Gorpnichenko S.I., Ermolina G.M. The principal factors of improvement of productivity and quality of sorghum saccharatum green mass. *Advances in current natural sciences*. 2017; (6): 50–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zbnfcif>
12. Storchak V.I., Zhuzhukin V.I., Zhuk E.A., Bychkova V.V. Evaluation of correlation relationships of morphophysiological features of grain sorghum selection of RosNIISK "Rossorgo". *Agricultural Scientific Journal*. 2020; (6): 38–42 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2020i6pp38-42>
13. Kovtunov V.V., Gorpnichenko S.I., Beseda N.A. Initial material for grain sorghum selection. *Don agrarian science bulletin*. 2010; (2): 76–80 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/pydhhn>

ОБ АВТОРАХ:**Оксана Павловна Кибальник,**

кандидат биологических наук, главный научный сотрудник, Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, 1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия kibalnik79@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Дмитрий Сергеевич Семин,

кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела сорговых культур, Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, 1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия sds-balashov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0442-6933>

Ирина Григорьевна Ефремова,

кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела сорговых культур, Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, 1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия efremova-irina1946irina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7188-9332>

Станислав Викторович Кибальник,

младший научный сотрудник отдела сорговых культур, Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, 1-й Институтский проезд, 4, Саратов, 410050, Россия aksar70@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4683-3393>

ABOUT THE AUTHORS:**Oksana Pavlovna Kibalnik,**

Candidate of Biological Sciences, Chief Researcher, Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn, 4 1st Institutskiy proezd, Saratov, 410050, Russia kibalnik79@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1808-8974>

Dmitriy Sergeevich Semin,

Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Sorghum Crops, Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn, 4 1st Institutskiy proezd, Saratov, 410050, Russia sds-balashov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-0442-6933>

Irina Grigorevna Efremova,

Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Sorghum Crop, Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn,, 4 1st Institutskiy proezd, Saratov, 410050, Russia efremova-irina1946irina@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7188-9332>

Stanislav Viktorovich Kibalnik,

Junior Research of the Department of Sorghum cultures, Russian Research and Design and Technological Institute of Sorghum and Corn, 4 1st Institutskiy proezd, Saratov, 410050, Russia aksar70@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4683-3393>

УДК 631.521.11.)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-97-101

Е.Н. Федоренко, ✉
Ж.И. Лутченко,
А.Ю. Артыс*Северо-Казахстанская
сельскохозяйственная опытная станция,
с. Шагалалы, Республика Казахстан*

✉ 87153223511@mail.ru

Поступила в редакцию:
23.11.2022Одобрена после рецензирования:
02.06.2023Принята к публикации:
20.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-97-101

Elena N. Fedorenko, ✉
Zhanna I. Lutchenko,
Anzhelika Y. Artys*North Kazakhstan Agricultural Experimental
Station, Shagalaly village, Kazakhstan*

✉ 87153223511@mail.ru

Received by the editorial office:
23.11.2022Accepted in revised:
02.06.2023Accepted for publication:
20.06.2023

Оценка линий контрольного питомника яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях севера Казахстана

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Северный Казахстан — регион, где сосредоточено основное производство зерна яровой мягкой пшеницы. Создание и внедрение новых сортов, отвечающих требованиям современного производства, является актуальным.

Методы. Объекты исследования — 76 селекционных линий яровой мягкой пшеницы. Опыт был заложен в степной зоне Северо-Казахстанской области. Климат — засушливый, среднегодовое количество осадков — 240–330 мм. Почва — чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, гумус — 4,5–5,0%. Учеты и наблюдения проведены согласно Методике государственного испытания (2010 г.). Масса 1000 зерен определялась по ГОСТ 10842-89, содержание клейковины — по СТ РК 1046-2008, натуру зерна определяли на лабораторном приборе Wile 200.

Результаты. Оценка селекционного материала проведена в жестких засушливых условиях по нескольким хозяйственно-ценным признакам: продолжительности вегетационного периода, продуктивности и качеству зерна. Выделено шесть наиболее перспективных линий для дальнейшего изучения в условиях Северного Казахстана: 433 СП-2/20, 438 СП-2/20, 446 СП-2/20, 448 СП-2/20, 619 СП-2/20, 769 СП-2/20 с урожайностью 24,0–27,7 ц/га, массой 1000 зерен — 37,2–42,8 г, натуры — 771–789 г/л, содержанием клейковины — 32,32–36,32%.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, линия, контрольный питомник, опыт, исследования, урожайность, качественные показатели

Для цитирования: Федоренко Е.Н., Лутченко Ж.И., Артыс А.Ю. Оценка линий контрольного питомника яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях севера Казахстана. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 97–101. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-97-101>

© Федоренко Е.Н., Лутченко Ж.И., Артыс А.Ю.

Evaluation of the lines of the control nursery of spring soft wheat in arid conditions North of Kazakhstan

ABSTRACT

Relevance. Northern Kazakhstan is a region where the main production of spring soft wheat grain is concentrated. The creation and introduction of new varieties that meet the requirements of modern production are relevant.

Methods. The objects of research are 76 breeding lines of spring soft wheat. The experience was laid in the steppe zone of the North Kazakhstan region. The climate is arid, the average annual precipitation is 240–330 mm. The soil is ordinary carbonate heavy loamy chernozem, humus — 4.5–5.0%. Records and observations were carried out according to the Methodology of the state test (2010). The mass of 1000 grains was determined according to GOST 10842-89, the gluten content — according to ST RK 1046-2008, the nature of the grain was determined on a laboratory device Wile 200.

Results. The evaluation of the breeding material was carried out in harsh arid conditions according to several economically valuable characteristics: the duration of the growing season, productivity and grain quality. Six most promising lines have been identified for further study in the conditions of Northern Kazakhstan: 433 SP-2/20, 438 SP-2/20, 446 SP-2/20, 448 SP-2/20, 619 SP-2/20, 769 SP-2/20 with a yield of 24.0–27.7 kg/ha, weighing 1000 grains — 37.2–42.8 g, in kind — 771–789 g/l, gluten content — 32.32–36.32%.

Key words: spring soft wheat, variety, line, control nursery, experience, research, yield, quality indicators

For citation: Fedorenko E.N., Lutchenko Z.I., Artys A.Y. Evaluation of the lines of the control nursery of spring soft wheat in arid conditions North of Kazakhstan. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 97–101 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-97-101>

© Fedorenko E.N., Lutchenko Z.I., Artys A.Y.

Введение / Introduction

Северный Казахстан — один из наиболее экономически важных регионов агропромышленного комплекса республики. Здесь сосредоточено основное товарное производство зерна яровой мягкой пшеницы. Эта культура ежегодно высевается на площади около 10 млн га и занимает 80–85% всех посевных площадей [1]. Показатель урожайности культуры является основным критерием хозяйственной ценности и эффективности создаваемого сорта, критерием эффективности селекционной работы [2]. Повышение данного показателя и ее стабильности обусловлено достижениями селекции, созданием сортов, обладающих адаптивностью к агроклиматическим условиям региона возделывания, генетической защитой от неблагоприятных факторов, высоким потенциалом хозяйственно ценных признаков, способностью экономичного использования элементов питания при их реализации [3]. Современные рыночные условия предъявляют жесткие требования к вновь создаваемым сортам зерновых культур. Новый сорт должен быть высоко рентабельным и окупать затраты на свое производство стабильной урожайностью и высоким качеством зерна. Успешное решение задачи повышения качества зерна пшеницы стало возможным за счет использования ценного исходного материала [4]. Селекция на качество зерна и другие хозяйственные признаки — непрерывный процесс. Рынок и производство постоянно ставят перед селекционной наукой новые задачи. Важно, чтобы в условиях рыночной экономики вновь создаваемые сорта пшеницы при минимальных затратах на их производство приносили максимальную прибыль. Новые сорта должны быть адаптированы к местным условиям. [5]. Создаваемые сорта должны успешно противостоять внешним факторам, с максимальной эффективностью использовать благоприятные условия среды, иметь высокую потенциальную продуктивность и сохранять ее в производственных посевах. Поэтому наибольший интерес представляют сорта, урожайность которых в наименьшей степени подвержена влиянию складывающихся погодных условий и действию других факторов [6].

Селекция на увеличение продуктивности представляет одну из самых трудных задач, что связано с необычной сложностью, комплексностью этого признака, на который оказывают влияние огромное число факторов внешней среды. Приходится затрачивать огромный труд, чтобы достигнуть значительного повышения уровня урожайности вновь создаваемых сортов. Но вместе с тем внедрение новых высокопродуктивных сортов пшеницы (в комплексе с улучшением технологии их возделывания) позволяет за короткое время увеличить производство зерна в отдельных регионах в два-три раза [7].

Цели исследования — изучение селекционного материала яровой мягкой пшеницы и отбор высокопродуктивных и высококачественных линий с устойчивостью к полеганию для создания сортов, адаптированных к условиям севера Казахстана.

Материал и методы исследования / Material and methods

Экспериментальные работы проводились на поле селекционном стационаре Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции. Научное

учреждение расположено в степной зоне Северо-Казахстанской области. Климат зоны — засушливый, среднеобеспеченный теплом. Среднегодовое количество осадков — 240–330 мм. Период вегетации колеблется в диапазоне 136–137 дней, ГТК (гидротермический коэффициент) — 0,8–0,7. Рельеф — равнинный с большим количеством неглубоких впадин, занятых озерами. Ландшафты характеризуются отсутствием лесов.

Почва опытного участка — чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый с нейтральной и слабощелочной реакцией, pH водной вытяжки — 7,8–8,1. Содержание гумуса — 4,5–5,0%.

Объекты исследования — 76 линий яровой мягкой пшеницы контрольного питомника.

Весенние работы заключались в закрытии влаги боронами БИГ-3, промежуточной и предпосевной культивации СЗС-2,1 на глубину 6–8 см. Посев селекционного материала проводился в оптимальные для пшеницы сроки (15 мая) малогабаритной селекционной сеялкой ССН-7 по паровому предшественнику, норма высева, рекомендованная для зоны исследований, — 3,5 млн всхожих семян на 1 га. Опыт заложен в двукратной повторности, площадь делянки — 8 м². Как стандарт были приняты районированные в области сорта пшеницы разных групп спелости — среднеранний Астана и среднепоздний Айна. Расположение стандартов проведено через 20 изучаемых линий. Учеты и наблюдения проведены согласно Методике государственного испытания¹.

Уборка контрольного питомника проводилась в фазу полной спелости зерна ручным способом с последующим обмолотом в лабораторных условиях на сноповой молотилке МПС-1М (с пересчетом урожайных данных на стандартную 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту зерна²).

Масса 1000 зерен определялась по ГОСТ 10842-89³, содержание клейковины — по СТ РК 1046-2008⁴, натура зерна — на влагонатуромере Wile 200 (Farmcomp, Финляндия).

Математическая обработка полученных данных выполнена дисперсионным методом Б.А. Доспехова⁵ с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Продолжительность вегетационного периода — важнейшая хозяйственно-биологическая характеристика селекционных образцов, и отбор линий по данному показателю показывает пригодность их для возделывания в области.

Общеизвестно, что в целях стабилизации производства зерновой продукции рекомендуется в хозяйствах использовать разнотипные по созреванию сорта пшеницы: среднеранние, среднеспелые и в небольших объемах среднепоздние. Наиболее универсальными и востребованными для нашей зоны являются среднеранние и среднеспелые генотипы, доля которых по области должна быть 40–50%, доля среднепоздних сортов — 5–15% [8]. Возделывание сортов среднепозднего типа созревания на больших площадях может привести к негативным последствиям. В случае с запаздыванием посева и неблагоприятными условиями осени такие

¹ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Алматы. 2010; 178.

² Основы опытного дела в растениеводстве. Под ред. В.Е. Ещенко. М.: Колос. 2009; 171.

³ ГОСТ 10842-89 Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.

⁴ СТ РК 1046-2008 Пшеница. Технические условия.

⁵ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по требованию. 2013; 349.

Таблица 1. Продолжительность вегетационного периода линий пшеницы

Table 1. Duration of the growing season of wheat lines

Группа спелости	Вегетационный период, дней	Количество линий пшеницы, шт.	Доля в питомнике, %
Среднеранние	76–79	42	55
Среднеспелые	80–85	27	36
Среднепоздние	86–89	7	9

сорта с продолжительностью вегетации 94–96 дней переходят в группу позднеспелых с продолжительностью вегетации 100 и более дней, в связи с этим происходят затягивание уборочных работ, увеличение потерь, резкое снижение продовольственной ценности зерна.

Период вегетации изучаемых линий пшеницы варьировал от 76 до 89 дней, при этом у стандартов Астана и Айна, соответственно, 76 дней и 83 дня. По результатам исследований 42 линии питомника отнесены к среднеранней группе спелости (период вегетации 75–79 дней), 27 линий — к среднеспелой (80–85 дней), 7 линий — к среднепоздней (86–89 дней) (табл. 1).

Наиболее весомым фактором, характеризующим ценность селекционных образцов, считается урожайность. Важно, что оценка проводилась в жестких, экстремально засушливых климатических условиях 2021 года, когда начало вегетационного периода (май и июнь) характеризовалось крайне засушливыми условиями. ГТК мая составил 0,18, ГТК июня — 0,43, что соответствует катастрофически жесткой засухе. В мае выпало всего 36% осадков от нормы, в июне — 50%. Наблюдалось длительное отсутствие осадков на фоне высоких температур. Это обстоятельство негативно отразилось на начальном росте и развитии растений пшеницы. В июле проявился характерный для региона максимум осадков — выпало 69,8 мм при норме 71,0 мм. Температурный фон месяца был немногим выше среднелетней нормы (+0,8 °С). В августе также отмечен существенный дефицит осадков, что ускорило созревание пшеницы. Сумма положительных температур на конец августа достигла 2429 °С с превышением нормы на 245 °С.

Согласно полученным экспериментальным данным, урожайность в контрольном питомнике варьировала в пределах 13,1–27,7 ц/га, при этом урожайность стандартов Астана и Айна составила 17,6 ц/га и 24,8 ц/га. Достоверную прибавку урожая в размере 3,8–10,1 ц/га относительно сорта Астана сформировали 17 линий. Это говорит о том, что данные линии способны в засушливых условиях резко не снижать урожайность, что важно для условий северного региона Казахстана. Относительно второго стандарта ни одна линия его не превысила по урожайности, рассматриваемые линии имели значения урожайности в пределах допустимых погрешностей или достоверно ниже. Наибольшая урожайность в группе среднеранних образцов отмечена у 433 СП-2/20 (26,3 ц/га), 438 СП-2/20 (27,7 ц/га), 619 СП-2/20 (24,0 ц/га), 711 СП-2/20 (26,4 ц/га), 780 СП-2/20 (24,2 ц/га) (табл. 2). Из среднеспелых генотипов максимальную урожайность в опыте сформировали линии 348 СП-2/20 (25,1 ц/га), 700 СП-2/20 (24,3 ц/га). В среднепоздней группе лучшие — 256 СП-2/20 (25,1 ц/га), 446 СП-2/20 (24,5 ц/га), 448 СП-2/20 (24,6 ц/га), 769 СП-2/20 (24,6 ц/га).

В процессе изучения проведен качественный анализ зерна образцов контрольного питомника (табл. 3). Образцы оценены по массе 1000 зерен, натуре,

Таблица 2. Урожайность лучших селекционных линий контрольного питомника, 2021 г.

Table 2. Yield of the best breeding lines of the control nursery, 2021

Линия	Урожайность, ц/га	Отклонение от стандарта Астана	Отклонение от стандарта Айна	Период вегетации, дней	Тип спелости
Астана St.	17,6	–	-7,2	76	среднеранний
Айна St.	24,8	7,2	–	83	среднепоздний
55 СП-2/20	22,2	4,6	-2,6	81	среднеспелый
252 СП-2/20	23,8	6,2	-1,0	89	среднепоздний
256 СП-2/20	25,1	7,5	0,3	89	среднепоздний
348 СП-2/20	25,1	7,5	0,3	80	среднеспелый
433 СП-2/20	26,3	8,7	1,5	78	среднеранний
438 СП-2/20	27,7	10,1	2,9	78	среднеранний
446 СП-2/20	24,5	6,9	-0,3	89	среднепоздний
448 СП-2/20	24,6	7,0	-0,2	89	среднепоздний
619 СП-2/20	24,0	6,4	-0,8	76	среднеранний
700 СП-2/20	24,3	6,7	-0,5	80	среднеспелый
711 СП-2/20	26,4	8,8	1,6	79	среднеранний
769 СП-2/20	24,6	7,0	-0,2	87	среднепоздний
780 СП-2/20	24,2	6,6	-0,6	78	среднеранний
НСР ₀₅ ц/га	3,7				

Таблица 3. Качественные показатели лучших линий контрольного питомника в 2021 году

Table 3. Quality indicators of the best lines of the control nursery in 2021

Линия	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Клейковина, %
Астана St.	33,8	785	36,94
Айна St.	39,9	794	31,64
55 СП-2/20	35,8	757	31,88
252 СП-2/20	40,4	775	29,74
256 СП-2/20	39,6	765	30,48
348 СП-2/20	38,6	774	30,44
433 СП-2/20	37,4	770	32,32
438 СП-2/20	37,2	782	32,52
446 СП-2/20	38,4	789	35,76
448 СП-2/20	38,8	788	36,32
619 СП-2/20	37,2	778	34,08
700 СП-2/20	36,4	768	32,16
711 СП-2/20	40,0	776	29,36
769 СП-2/20	42,8	780	32,72
780 СП-2/20	38,4	777	31,92
НСР ₀₅	2,3	10,9	2,78

содержанию в зерне клейковины. Масса 1000 зерен является сортовым признаком, который имеет высокую корреляционную зависимость с урожаем [9]. Масса 1000 зерен зависит как от факторов среды, так и от генетических особенностей сорта [10].

Сорта, которые в засушливых условиях формируют выполненное и крупное зерно, имеют повышенную засухоустойчивость. Чем меньше изменяется масса 1000 зерен у сортов, тем выше их приспособленность к местным условиям возделывания [11].

Данный показатель варьировал в пределах 32,6–43,4 г, при этом у стандартных сортов масса 1000 зерен составляла: Астана — 33,8 г, Айна — 39,9 г. Определены 17 наиболее крупнозерных линий питомника с массой 1000 зерен свыше 39,0 г: 252 СП-2/20 (40,4 г), 256 СП-2/20 (39,6 г), 494 СП-2/20 (43,4 г), 303 СП-2/20 (40,1 г), 568 СП-2/20 (41,8 г), 618 СП-2/20 (43,0 г), 711 СП-2/20 (40,0 г), 769 СП-2/20 (42,8 г) и др. Полученные данные дают возможность предполагать, что линии с высокой массой 1000 зерен в любых метеоусловиях вегетации, даже в крайне засушливых, могут содержать сортовую специфику данного показателя и иметь большую урожайность.

Селекция яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Казахстана ориентирована на создание сортов с высокими технологическими показателями, сортов-улучшителей, стабильно формирующих высокое качество зерна [12]. Климатические условия региона способствуют получению высококачественного зерна, что неоднократно отмечалось в научных публикациях.

Натура — один из важных показателей качества зерна, характеризует пищевую ценность. Она зависит от многих факторов: метеоусловий, уровня плодородия почвы и сорта. Величина натуры изучаемых образцов изменялась в пределах 739–804 г/л. Большинство образцов в засушливых условиях года имели среднюю

и высокую натуру в размере 757–804 г/л. Один образец отнесен к низконатурной группе с значением показателя 739 г/л. У стандартов сформировано высоконатурное зерно: Астана — 785 г/л, Айна — 796 г/л.

В засушливых условиях года в целом по питомнику получено высококачественное зерно с содержанием сырой клейковины в пределах 26,4–38,8%. У стандартов Астана и Айна показатель на уровне 36,94% и 31,64% соответственно. Почти все изучаемые линии (кроме семи) имеют содержание клейковины, соответствующее первому и высшему классу стандарта. С содержанием более 32% клейковины выделены 26 образцов: 27 СП-2/20 (32,32%), 291 СП-2/20 (36,84%), 295 СП-2/20 (35,14%), 298 СП-2/20 (32,24%), 310 СП-2/20 (32,66%), 319 СП-2/20 (35,72%), 343 СП-2/20 (32,9%), 364 СП-2/20 (33,32%), 433 СП-2/20 (32,32%), 438 СП-2/20 (32,52%), 443 СП-2/20 (34,08%), 446 СП-2/20 (35,76%), 448 СП-2/20 (36,32%), 490 СП-2/20 (33,44%), 494 СП-2/20 (33,08%) и другие.

Выводы / Conclusion

Таким образом, по результатам исследований линий пшеницы контрольного питомника по нескольким хозяйственно ценным признакам (продолжительности вегетационного периода, продуктивности и качеству зерна) в жестких климатических условиях вегетации выделены шесть лучших, сочетающих в себе высокие показатели урожайности и качества зерна: 433 СП-2/20, 438 СП-2/20, 446 СП-2/20, 448 СП-2/20, 619 СП-2/20, 769 СП-2/20, у которых урожайность составила 24,0–27,7 ц/га, масса 1000 зерен — 37,2–42,8 г, натура — 771–789 г/л, содержание клейковины — 32,32–36,32%. Данные линии проявили себя как наиболее адаптированные, устойчивые к засухе и ценные для дальнейшего селекционного использования в условиях севера Казахстана.

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

Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы BR10765056 «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов зерновых культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана»

FUNDING:

The materials were prepared as part of the scientific and technical program BR10765056 «Creation of highly productive varieties and hybrids of grain crops based on the achievements of biotechnology, genetics, physiology, biochemistry of plants for their sustainable production in various soil and climatic zones of Kazakhstan»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullayev K.K., Kairzhanov Ye.K. Breeding Spring Soft Wheat for Productivity, Grain Quality, and Resistance to Adverse External Factors in Northern Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*. 2020; 21(6): 8–12. <https://doi.org/10.12911/22998993/123160>
2. Муслимов М.Г., Куркиев К.У., Таймазова Н.С., Ковтунова Н.А., Горпиниченко С.И. Оценка продуктивности некоторых интродуцированных и местных сортов зерновых культур в условиях Республики Дагестан. *Зерновое хозяйство России*. 2018; (6): 25–29. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29>
3. Логвинова Е.В., Емельянова А.А., Новикова В.Т. Оценка сортов и линий озимой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания. *Вестник Курской государственной академии*. 2019; (3): 60–64. <https://www.elibrary.ru/bzpgby>

REFERENCES

1. Babkenov A.T., Babkenova S.A., Abdullayev K.K., Kairzhanov Ye.K. Breeding Spring Soft Wheat for Productivity, Grain Quality, and Resistance to Adverse External Factors in Northern Kazakhstan. *Journal of Ecological Engineering*. 2020; 21(6): 8–12. <https://doi.org/10.12911/22998993/123160>
2. Muslimov M.G., Kurkiev K.U., Taymazova N.S., Kovtunova N.A., Gorpichenko S.I. The estimation of productivity of some introduced and local varieties of grain crops in the Republic of Dagestan. *Grain Economy of Russia*. 2018; (6): 25–29 (In Russian). <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29>
3. Logvinova E.V., Emelyanova A.A., Novikova V.T. Evaluation of winter wheat varieties and lines in the nursery of competitive variety testing. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2019; (3): 60–64 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/bzpgby>

4. Лихенко И.Е., Салина Е.А., Артемова Г.В., Советов В.В. Перспективы развития селекции сельскохозяйственных культур в Сибири. *Адаптивность сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Центрально-и Восточно-Азиатского макрорегиона. Материалы симпозиума с международным участием*. Красноярск: Изд-во КрасГАУ. 2018; 25–34. <https://www.elibrary.ru/yjzpjpm>
5. Казак А.А., Логинов Ю.П. Генфонд яровой мягкой пшеницы сибирской селекции как исходный материал для создания новых сортов в регионе. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (8): 48–56. <https://www.elibrary.ru/vqhnpw>
6. Самофалов А.П., Подгорный С.В. Исходный материал в селекции озимой пшеницы на продуктивность. *Аграрный вестник Урала*. 2014; (5): 13–16. <https://www.elibrary.ru/sqnyrl>
7. Ковтун В.И., Ковтун Л.Н. Новый сорт озимой мягкой пшеницы универсального типа Партнер. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018; (3): 63–65. <https://doi.org/10.25930/efhh-0q44>
8. Канафин Б.К., Соловьев О.Ю. (ред.) Особенности проведения весенне-полевых работ и возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Казахстанской области в 2019 году. Рекомендации. Шагалалы. 2019; 34. ISBN: 978-601-7942-27-4
9. Коваль С.Ф., Шаманин В.П. Растения в опыте. Омск: ОмГАУ. 1999; 201. ISBN: 5-80-42-0009-7
10. Кинчаров А.И., Таранова Т.Ю., Демина Е.А., Чекмасова К.Ю. Селекционная оценка признака массы 1000 зерен в засушливых условиях. *Успехи современного естествознания*. 2020; (5): 7–12. <https://doi.org/10.17513/USE.37384>
11. Кузьмин В.П. Вопросы селекции сельскохозяйственных культур. Избранные научные труды. Алма-Ата: Кайнар. 1978; 432.
12. Дашкевич С.М., Бабкенов А.Т., Утебаев М.У., Чилимова И.В., Крадетская О.О. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы селекции ТОО «НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева». *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*. 2018; (3): 47–56. <https://elibrary.ru/gkiuik>
4. Likhenko I.E., Salina E.A., Artemova G.V., Sovetov V.V. Prospects of development of selection of agricultural crops in Siberia. *Adaptability of agricultural crops in extreme conditions of the Central and East Asian macroregion. Proceedings of the symposium with international participation*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018; 25–34 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/yjzpjpm>
5. Kazak A.A., Loginov Yu.P. Gene pool of spring-sown soft field of the siberian selection as initial material for creation of new grades in the region. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018; (8): 48–56 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vqhnpw>
6. Samofalov A.P., Podgorny S.V. The initial material in a winter wheat selection on productivity. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014; (5): 13–16 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/sqnyrl>
7. Koftun V.I., Koftun L.N. New variety of winter soft wheat of the universal Partner type. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; (3): 63–65 (In Russian). <https://doi.org/10.25930/efhh-0q44>
8. Kanafin B.K., Solov'ev O.Yu. (eds.) Features of spring field work and cultivation of agricultural crops in the North Kazakhstan region in 2019. Recommendations. Shagalaly. 2019; 34 (In Russian). ISBN: 978-601-7942-27-4
9. Koval' S.F., Shamanin V.P. Plants in experience. Omsk: Omsk State Agrarian University. 1999; 201 (In Russian). ISBN: 5-80-42-0009-7
10. Kincharov A.I., Taranova T.Yu., Demina E.A., Chekmasova K.Yu. Breeding evaluation of the trait mass of 1000 grains in arid conditions. *Advances in current natural sciences*. 2020; (5): 7–12 (In Russian). <https://doi.org/10.17513/USE.37384>
11. Kuz'min V.P. Issues of crop breeding. Selected scientific works. Alma-Ata: Kaynar. 1978; 432 (In Russian).
12. Dashkevich S.M., Babkenov A.T., Utebayev M.U., Chilimova I.V., Kradetskaya O.O. Grain quality of spring soft wheat varieties of selection of LLP «SPC ZH named after A.I. Baraev». *Bulletin of Science of the Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin*. 2018; (3): 47–56 (In Russian). <https://elibrary.ru/gkiuik>

ОБ АВТОРАХ:**Елена Николаевна Федоренко,**

научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н, Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
mefedorenko2015@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4117-5259>

Жанна Игоревна Лутченко,

научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н, Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
zhannal1990@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0431-5398>

Анжелика Юрьевна Артыс,

научный сотрудник,
Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция,
ул. Центральная, 19, с. Шагалалы, Аккайынский р-н, Северо-Казахстанская обл., 150311, Казахстан
angelika-goc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1945-0787>

ABOUT THE AUTHORS:**Elena Nikolaevna Fedorenko,**

Research Associate,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district, North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
efedorenko2015@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4117-5259>

Zhanna Igorevna Lutchenko,

Research Associate,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district, North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
zhannal1990@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0431-5398>

Anzhelika Yurevna Artys,

Research Associate,
North Kazakhstan Agricultural Experimental Station,
19 Tsentralnaya Str., Shagalaly village, Akkayyn district, North Kazakhstan region, 150311, Kazakhstan
angelika-goc@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1945-0787>

Т.С. Байбулатов¹, ✉
Б.И. Хамхоев²,
М.Т. Цуров³

¹ Дагестанский институт повышения квалификации кадров АПК, Махачкала, Россия

² Ингушский государственный университет, Магас, Россия

³ Северо-Кавказский топливно-энергетический колледж им. Т.К. Цурова, Магас, Россия

✉ baitaslim@yanex.ru

Поступила в редакцию:
05.07.2022

Одобрена после рецензирования:
02.06.2023

Принята к публикации:
20.06.2023

Taslim S. Baibulatov¹, ✉
Batyr I. Khamkhoev²,
Mustafa T. Tsurov³

¹ Dagestan Institute for Advanced Training of Personnel for Agro-Industrial Complex, Makhachkala, Russia

² Ingush State University, Magas, Russia

³ North Caucasus Fuel and Energy College named after T.K. Tsurov, Magas, Russia

✉ baitaslim@yanex.ru

Received by the editorial office:
05.07.2022

Accepted in revised:
02.06.2023

Accepted for publication:
20.06.2023

Обработка клубней картофеля стимуляторами роста при посадке способствует получению раннего урожая

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Картофель в Республике Ингушетия занимает доминирующее место (наравне с зерновыми культурами и производством кормов), а применение стимуляторов роста дает возможность как более направленно регулировать процесс роста и развития, так и более полно использовать потенциальные возможности сортов картофеля.

Методы. Исследования проводили в 2018–2020 гг. на южных черноземах в условиях крестьянско-фермерского хозяйства «Хашагульгов А.Т.» с. п. Яндаре Республики Ингушетия. Объект исследований. Изучались сорта картофеля Джувел и Рамона, которые обрабатывались стимуляторами роста одновременно с посадкой.

Результаты. Обработка клубней стимуляторами роста при посадке картофеля способствовала увеличению количества как стеблей, так и клубней. Наибольшее количество стеблей сорта Джувел отмечено при обработке стимуляторами роста Biodux и настоем крапивы, соответственно, 5,2 шт. и 5,0 шт. на одно растение, что на 20% выше, чем в контрольном варианте. У сорта Рамона наблюдались значения: при контрольном варианте количество стеблей — 4,2, количество клубней — 10,8 шт., что, соответственно, на 1,2 шт. и 5,5 шт. меньше, чем при применении стимулятора роста Biodux, и на 1,0 шт. и 4,8 шт. меньше, чем при использовании настоя крапивы. Наибольшее значение среднего значения массы ботвы сорта Джувел отмечено также при использовании стимуляторов роста Biodux (15,7 т/га) и настоя крапивы — 16,2 т/га. Такое значение массы ботвы при использовании настоя крапивы можно объяснить кустистостью сорта Джувел. Обработка клубней стимуляторами роста при посадке картофеля оказала благоприятное влияние на высоту, число основных стеблей и надземную массу растений, в конечном итоге и на урожайность во всех вариантах опыта, особенно обработанных Настоем крапивы и Biodux.

Ключевые слова: обработка клубней, картофель, стимуляторы роста, рост, развитие

Для цитирования: Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Цуров М.Т. Обработка клубней картофеля стимуляторами роста при посадке способствует получению раннего урожая. *Аграрная наука.* 2023; 372(7): 102–106. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-102-106>

© Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Цуров М.Т.

The treatment of potato tubers with growth stimulants during planting contributes to an early harvest

ABSTRACT

Relevance. Potatoes occupy a dominant place in the Republic of Ingushetia, along with grain crops and feed production. And the use of growth stimulators makes it possible to regulate the process of growth and development in a more targeted way, as well as to use the potentials of potato varieties more fully.

Methods. The studies were carried out in 2018–2020. on the southern chernozems in the conditions of the peasant farm «Khashagulgov A.T.» (Yandare, Republic of Ingushetia). The object of research: potato varieties Juvel and Ramona were studied, which were treated with growth stimulants simultaneously with planting.

Results. The treatment of tubers with growth stimulants during potato planting contributed to an increase in the number of both stems and tubers. The largest number of stems of the Juvel variety was noted when treated with Biodux growth stimulants and nettle infusion, respectively, 5.2 pcs. and 5.0 pcs. per plant, which is 20% higher than in the control variant. The Ramona variety had the following values: in the control variant, the number of stems was 4.2, the number of tubers was 10.8 pcs., which, respectively, was 1.2 pcs. and 5.5 pcs. less than when using the Biodux growth stimulator, and by 1.0 pcs. and 4.8 pcs. less than when using nettle infusion. The highest value of the average weight of the tops of the Juvel variety was also noted when using Biodux growth stimulants (15.7 t/ha) and nettle infusion — 16.2 t/ha. Such a value of the mass of the tops when using nettle infusion can be explained by the bushiness of the Juvel variety. The treatment of tubers with growth stimulants during potato planting had a beneficial effect on the height, the number of main stems and the aboveground mass of plants, and ultimately on the yield in all variants of the experiment, especially those treated with nettle Infusion and Biodux.

Key words: tuber treatment, potatoes, growth stimulants, growth, development

For citation: Baibulatov T.S., Khamkhoev B.I., Tsurov M.T. The treatment of potato tubers with growth stimulants during planting contributes to an early harvest. *Agrarian science.* 2023; 372(7): 102–106 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-102-106>

© Baibulatov T.S., Khamkhoev B.I., Tsurov M.T.

Введение/Introduction

В агропромышленном комплексе Республики Ингушетия доминирующее место занимает картофель (наравне с зерновыми культурами и производством коров) [1, 2].

В Республике Ингушетия особое значение приобретают разработка и внедрение экологически безопасных, ресурсосберегающих технологий или агротехнических приемов возделывания картофеля. При этом важнейшими задачами при разработке зональных агротехнических приемов возделывания культуры являются поиск и научное обоснование оптимальных способов подготовки семенных клубней, способов посадки и ухода за посадками и качественной уборкой полученной продукции [3, 4].

Не менее важно при ограниченном наличии энергоресурсов сокращать расходы при возделывании культур, сохранять и повышать почвенное плодородие. В перспективе основным направлением развития картофелеводства остается разработка оптимальной высокопродуктивной ресурсо- и энергосберегающей технологии возделывания картофеля, обеспечивающей высокую эффективность и экологичность применительно к условиям Республики Ингушетия [3].

В связи с этим особенно остро возникает потребность в совершенствовании имеющихся технологий возделывания различных сортов картофеля, а именно совмещение технологических операций, соответствующих конкретным условиям.

Применение регуляторов роста [5–9] дает возможность как более направленно регулировать процесс роста и развития картофеля, так и более полно использовать потенциальные возможности сорта [10–14].

Таким образом, сорта в различных условиях возделывания по-разному реагируют на те или иные регуляторы роста, поэтому изучение эффективности их применения в условиях Республики Ингушетия является актуальной задачей и имеет большую практическую значимость.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Полевые опыты по программе исследования проводили в 2018–2020 гг. на южных черноземах в условиях крестьянско-фермерского хозяйства «Хашагульгов А.Т.» (с. п. Яндаре, Республика Ингушетия, Россия). В исследовании изучались сорта картофеля Джувел и Рамона, которые обрабатывались стимуляторами роста при посадке (одной технологической операцией).

Природно-климатические условия благоприятны для выращивания картофеля. Почвы — черноземные, плодородные. Климат — континентальный. За период активной вегетации в республике накапливается до 3400 °С тепла на севере, а в высокогорье количество его уменьшается до 800 °С. Безморозный период на севере длится до 200 дней, с поднятием в горы он постепенно уменьшается. В период проведения экспериментальных опытов средняя температура составила: в январе — от -3 °С до -10 °С, в июле — 21–23 °С, среднее количество выпавших осадков — 1000–1200 мм в год.

Схема опыта:

контроль (без применения стимуляторов роста); опыт (обработка клубнем стимуляторами роста): 1-й опыт — Biodux (1–3 мл / 10 л воды, расход рабочей жидкости —

1 л / 100 кг), производитель — Bionovatik (г. Воронеж); 2-й опыт — «Циркон» (2 мл / 10 л воды, расход рабочей жидкости — 1 л / 100 кг), производитель — АНО «НЭСТ М» (г. Москва); 3-й опыт — «Эпин-Экстра» (1 мл / 5 л воды, расход рабочей жидкости — 1 л / 100 кг), производитель — АНО «НЭСТ М» (г. Москва); 4-й опыт — настоем крапивы (водный раствор — 3–5 кг / 10 л воды, расход рабочей жидкости — 1 л / 100 кг), изготовлен в условиях хозяйства.

Предшественником картофеля во все годы исследований была озимая пшеница, размещенная по чистому пару. Общая площадь одной делянки — 100 × 4 м (400 м²), длина участка — по размеру поля, ширина соответствовала ширине захвата картофелесажалки. Систематическое расположение вариантов. Трехкратная повторность опыта. Используемые сорта картофеля Джувел и Рамона — самые распространенные в хозяйствах республики. Выбор стимуляторов роста основывался их широким распространением в хозяйствах и отечественным производством.

Картофель Джувел является ранним сортом, выращивают его в южных и юго-западных регионах с мягкими климатическими условиями. Высаживают его в конце марта или начале апреля, а через 60–65 дней собирают урожай. Имеет следующую характеристику: кусты — густые, средней высоты, слабо склонные к полеганию; цветки — темно-фиолетовые; клубни образуются быстро, имеют овальную или удлиненно-овальную форму; глазки поверхностные, незаглубленные; кожура гладкая, без шероховатости, цвет — светло-желтый, внутри мякоть — на тон светлее; устойчивость к болезням — парше, фитофторозу и гниению клубней — хорошая, к нематоде — средняя; урожайность: при ранних сроках сбора урожая можно получить в среднем до 400 ц картофеля с 1 га, при более поздних (обычных) — до 750 ц/г; нерассыпчатый, вкусный, крахмал — от 10 до 13%, корнеплоды ровные, одного размера (в большинстве своем), процент выхода некондиционных клубней незначительный.

Сорт картофеля Рамона — среднеспелый, выход товарной продукции можно получить через 80–100 дней после посадки, полное увядание ботвы наступает на 115–130-й день. Сроки созревания зависят от климатических условий зоны возделывания и качества посадочного материала. Кусты — быстро формируются, прямостоячие, раскидистые, высокие; облиственность — высокая; стебли — средневысокие; цветки — красно- или светло-фиолетовые; венчик — красновато-фиолетовый, некрупный; клубни — светло-розовые, правильной округло-овальной формы, крупные и средние (по размеру). Средняя масса клубня — 70–90 г. Один куст приносит 16–20 картофелин общей массой 7–8 кг. Товарный выход — 90–94%; урожайность — стабильно средняя (10–15 т/га), урожай гарантирован даже в районах с засушливым климатом; универсален в приготовлении (мякоть рассыпчатая, не темнеющая после запекания, варки, обжарки). Содержание крахмала превышает норму — 14–17%. Высокая степень лежкости.

Оценку всходов, фенологические наблюдения, учет урожая семян гороха проводили по методике Государственно-государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур¹.

Математическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову².

¹ Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур при Министерстве сельского хозяйства СССР. 1985; 269.

² Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат. 1985; 356.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Очень важный период растений картофеля — время цветения. К этому моменту у большинства сортов заканчивается формирование количества клубней. Наблюдаются наибольшая масса ботвы и площадь листовой поверхности листьев. По этим показателям можно судить о величине будущего урожая.

Изучаемые регуляторы роста растений по-разному воздействовали на растения картофеля (табл. 1).

Наибольшая высота куста картофеля сорта Джувел за годы исследований отмечена в варианте при обработке клубней стимулятором роста Biodux (48 см), это выше, чем на контрольном варианте, на 7 см, а при использовании настоя крапивы среднее значение высоты куста картофеля составило 46 см. Аналогичная тенденция развития наблюдалась и у сорта Рамона. Средняя высота куста картофеля при обработке клубней картофеля стимулятором роста Biodux составила 52 см, а при применении настоя крапивы — 51 см, что, соответственно, на 13% и 10% больше контроля (табл. 1).

Обработка клубней исследуемых сортов картофеля стимуляторами роста во все годы исследований увеличивала количество стеблей и клубней. Наибольшее количество стеблей сорта Джувел отмечено при обработке стимуляторами роста Biodux и настоя крапивы, соответственно, 5,2 шт. и 5,0 шт. на одно растение, что на 20% выше, чем в контрольном варианте. У сорта Рамона наблюдались значения: при контрольном варианте количество стеблей — 4,2, клубней — 10,8 шт., что, соответственно, на 1,2 шт. и 5,5 шт. меньше, чем при применении стимулятора роста Biodux, и на 1,0 шт. и 4,8 шт. меньше, чем при использовании настоя крапивы (табл. 1).

Наибольшая масса клубней сорта Джувел через 10 дней после цветения была отмечена в варианте при обработке клубней стимулятором роста Biodux (501 г), что на 171 г превышает значение контрольного варианта.

Наибольшее количество клубней картофеля отмечено в вариантах при обработке клубней стимуляторами роста Biodux (18,2 шт.) и настоя крапивы (17,6 шт.), что, соответственно, на 34% и 31,8% выше контроля.

Проведен учет массы ботвы исследуемых сортов картофеля в зависимости от применения стимуляторов роста (табл. 2).

Колебания массы ботвы в среднем (контрольный вариант) у сорта Джувел составили от 9,2 т/га до максимального значения (более 76% (настоя крапивы) или 70,6% (Biodux), а у сорта Рамона — от 9,6 т/га (до 71,5% при использовании настоя крапивы и 63,6% при предпосадочной обработке клубней стимулятором роста Biodux).

Анализируя продуктивность надземной массы, видно, что наибольшее значение среднего у массы ботвы сорта Джувел отмечено также при использовании стимуляторов роста Biodux (15,7 т/га) и настоя крапивы (16,2 т/га). Такое значение массы ботвы при использовании настоя крапивы можно объяснить кустистостью сорта Джувел.

Аналогичные значения получены и на сорте Рамона. Если среднее значение при контрольном варианте составило 9,6 т/га, то при использовании стимуляторов роста этот показатель улучшился на 56,8–71,5%.

Однако из-за неблагоприятных погодных условий в 2019 году этот потенциал ботвы не всегда был реализован в достаточной степени. Среднее значение массы ботвы с 1 га у сорта Джувел в контрольном варианте в 2019 году составило 7,9 т/га, когда этот же показатель

Таблица 1. Рост и развитие растений картофеля через 10 дней после цветения (на одно растение) (среднее за 2018–2020 гг.)

Table 1. Growth and development of potato plants 10 days after flowering (per plant) (average for 2018–2020)

Варианты (стимулятор)	Длина стеблей, см		Количество стеблей, шт.		Масса ботвы, г		Количество клубней, шт.		Масса клубней, г	
	среднее	+/- к контролю	среднее	+/- к контролю	среднее	+/- к контролю	среднее	+/- к контролю	среднее	+/- к контролю
Сорт Джувел										
Контроль	41	-	4,4	-	168	-	12,0	-	330	-
Biodux	48	+7	5,2	+0,8	288	+120	18,2	+6,2	501	+171
Циркон	45	+4	4,8	+0,4	262	+94	16,4	+4,4	225	+121
Эпин-Экстра	44	+3	4,8	+0,4	258	+90	16,3	+4,3	448	+118
Настой крапивы	46	+5	5,0	+0,6	296	+72	17,6	+5,6	484	+154
Сорт Рамона										
Контроль	46	-	4,2	-	176	-	10,8	-	356	-
Biodux	52	+6	5,4	+1,2	288	+118	16,3	+5,5	528	+182
Циркон	50	+4	4,6	+0,4	276	+94	13,4	+2,6	442	+86
Эпин-Экстра	48	+2	4,7	+0,5	278	+90	13,5	+2,7	446	+90
Настой крапивы	51	+5	5,2	+1	302	+94	15,6	+4,8	115	+159

Таблица 2. Продуктивность надземной массы картофеля (ботва), т/га

Table 2. Productivity of the above-ground mass of potatoes (tops), t/ha

№ п/п	Вариант (стимулятор)	Годы исследований			Среднее за три года	% к контролю
		2018 г.	2019 г.	2020 г.		
Сорт Джувел						
1	Контроль	10,4	7,9	9,3	9,2	-
2	Biodux	16,2	14,3	16,5	15,7	+70,2
3	Циркон	15,2	13,8	14,1	14,4	+55,9
4	Эпин-Экстра	14,8	13,6	13,9	14,1	+53,5
5	Настой крапивы	17,2	15,2	15,7	16,2	+76,1
Сорт Рамона						
1	Контроль	10,8	8,2	9,8	9,6	-
2	Biodux	16,4	14,8	16,2	15,8	+63,6
3	Циркон	16,2	14,5	14,7	15,1	+56,8
4	Эпин-Экстра	15,9	14,6	15,1	15,2	+57,9
5	Настой крапивы	17,8	15,3	16,6	16,6	+71,5

в благополучном 2018-м (при использовании настоя крапивы) составил у сорта Джувел 17,2, а у сорта Рамона — 17,8 т/га, что по сравнению с контролем больше, соответственно, на 217–225%. Таким образом, обработка клубней стимуляторами роста при посадке картофеля оказывает благоприятное влияние на высоту, число основных стеблей и надземную массу растений во всех вариантах опыта, особенно обработанных настоем крапивы и Biodux.

Исследования показали, что стимуляторы роста оказывают влияние на появление всходов растений картофеля, прохождение фенологических фаз, величину ассимиляционной поверхности листового аппарата и продуктивность фотосинтеза. Применение стимулятора роста Biodux способствовало ускоренному созреванию исследуемых сортов картофеля: Джувел — на 6–8 дней, Рамона — на 4–7 дней. В целом это определило уровень урожайности картофеля.

Наибольшая урожайность сорта Джувел по опыту получена: в 2018 году — 29,8, в 2019-м — 26,8, в 2020-м — 28,6 т/га клубней картофеля при применении регулятора роста Biodux.

Рис. 1. Урожайность картофеля сорта Джувел в зависимости от применения стимуляторов роста, т/га

Fig. 1. Yield of potatoes of the Juvel variety depending on the use of growth stimulants, t/ha

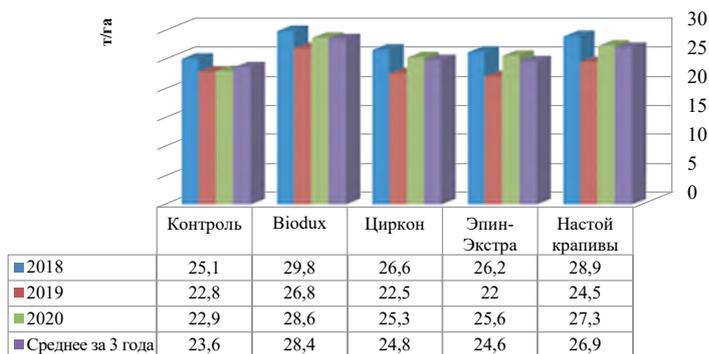
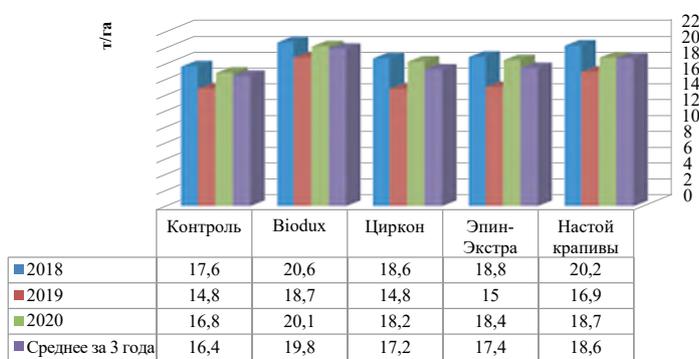


Рис. 2. Урожайность картофеля сорта Рамона в зависимости от применения стимуляторов роста, т/га

Fig. 2. Yield of Ramona potatoes depending on the use of growth stimulants, t/ha



Анализ данных по урожайности сорта картофеля Джувел за годы исследований в зависимости от применения стимуляторов роста показывает, что использование регулятора роста Циркон обеспечивало получение урожая 22,5–26,6 т/га, Эпин-Экстра — 22,0–26,6 т/га, настоем крапивы — 24,5–28,9 т/га (рис. 1). Самые низкие сборы клубней отмечены в контрольном варианте (среднее значение — 23,6 т/га).

В среднем за годы исследований (2018–2020 гг.) при предпосадочной обработке клубней картофеля сорта Джувел регуляторами роста наблюдалось увеличение урожайности, которое составило 1,0–3,3 т/га, а наибольшая урожайность получена при обработке клубней стимулятором роста Biodux (28,4 т/га), что на 4,8 т/га выше контрольного варианта (рис. 1). Исследования за формированием урожая картофеля сорта Рамона дали аналогичные показатели. Наибольшие значения урожайности получены при предпосадочной обработке клубней картофеля стимуляторами роста Biodux и настоем крапивы, что составило в благополучном 2018 году, соответственно, 20,6 т/га и 20,2 т/га по сравнению с контролем (рис. 2).

Среднее значение урожайности картофеля у сорта Рамона в контрольном варианте — 16,4 т/га, это на 20,7% меньше, чем при использовании стимулятора роста Biodux, и на 13,4% меньше, чем при обработке клубней картофеля настоем крапивы (рис. 2).

Выводы / Conclusion

Обработка клубней исследуемых сортов картофеля (Рамона, Джувел) стимуляторами роста (Biodux, Циркон, Эпин-Экстра, настоем крапивы) способствовала увеличению количества стеблей и клубней. Наибольшее количество стеблей сорта Джувел отмечено при обработке стимуляторами роста Biodux и настоем крапивы.

При предпосадочной обработке клубней картофеля сорта Джувел стимуляторами роста наблюдалось увеличение урожайности на 1,0–3,3 т/га, а наибольшая урожайность получена при обработке клубней стимулятором роста Biodux (28,4 т/га), что на 4,8 т/га выше контрольного варианта. Среднее значение урожайности картофеля у сорта Рамона в контрольном варианте — 16,4 т/га, это на 20,7% меньше, чем при использовании стимулятора роста Biodux, и на 13,4% меньше, чем при обработке клубней картофеля настоем крапивы.

t/ha

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. Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Албаков А.Б. Рост и развитие картофеля в зависимости от применения стимуляторов роста в условиях Республики Ингушетия. *Известия Дагестанского ГАУ*. 2020; (2): 31–34. <https://elibrary.ru/oiboht>
2. Хамхоев Б.И. Исследования роста и развития картофеля в клубнях для обоснования параметров картофелеуборочных машин. *Перспектива-2009. Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых*. Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова. 2009; IV: 81–83.
3. Байбулатов Т.С., Судзеровская Е.А., Исламов М.Г., Убайсов А.М., Судзеровская Н.А. Обоснование и результаты исследований технологии внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений. *Проблемы развития АПК региона*. 2018; (1): 109–113. <https://elibrary.ru/ytuhdu>
4. Байрамбеков Ш.Б. и др. Методические указания по применению регуляторов роста растений на овощных, бахчевых культурах и картофеле. Астрахань. 2009; 79.

REFERENCES

1. Baibulatov T.S., Khamkhoev B.I., Albakov A.B. Growth and development of potatoes depending on the application of growth stimulants in the conditions of the Republic of Ingushetia. *Dagestan GAU Proceedings*. 2020; (2): 31–34 (In Russian). <https://elibrary.ru/oiboht>
2. Khamkhoev B.I. Studies of the growth and development of potatoes in tubers for determination of the parameters of potato harvesters. *Perspective-2009. Proceedings of the International scientific conference of students, graduate students and young scientists*. Nalchik: Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov. 2009; IV: 81–83 (In Russian).
3. Baibulatov T.S., Suzerovskaya E.A., Islamov M.G., Ubaysev A.M., Suzerovskaya N.A. Justification and results of investigation of technology of subsurface application of liquid organic fertilizers. *Development Problems of Regional Agro-Industrial Complex*. 2018; (1): 109–113 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytuhdu>
4. Bayrambekov Sh.B. et al. Guidelines for the use of plant growth regulators on vegetables, melons and potatoes. Astrakhan. 2009; 79 (In Russian).

5. Галеев Р.Р., Порядина Е.А. Эффективность использования регуляторов роста на картофеле. *Анализ современных аграрных проблем. Тезисы докладов научно-практической конференции ученых НГАУ и Гумбольдтского университета (г. Берлин)*. Новосибирск. 1995; 13, 14.
6. Горынцев А.В., Бондарева И.Н. Эффективность применения стимуляторов роста при возделывании картофеля. *Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия 2. Физико-математические и естественные науки*. 2017; (2): 27–33. <https://elibrary.ru/gacrcs>
7. Жукова П.С. Использование регуляторов роста для повышения продуктивности картофеля. *Регуляторы роста и развития растений. Тезисы докладов V Международной конференции*. Москва: Издательство МСХА. 1999; 185.
8. Ханиева И.М., Ворокова М.З., Езиев А.Х., Альмова М.С. Эффективность применения регуляторов роста на посевах картофеля в степной зоне КБР. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012; (3): 3, 4. <https://elibrary.ru/tgzmmz>
9. Сердеров В.К. Применение регуляторов роста на картофеле. *Актуальные вопросы картофелеводства. Материалы конференции молодых ученых ВНИРЖХ*. Москва: ВНИИХХ. 1985; 181–191.
10. Дударевич В.Д., Бобрик А.О., Романовский Ч.А., Сукманюк Е.А. Влияние обработки клубней и вегетирующих растений картофеля регуляторами роста на урожайность и качество семенного материала. *Картофельводство*. 2011; 19: 414–421.
11. Астанакүлов Т.Э. Стимуляторы роста, урожайность и качество картофеля. *Химизация сельского хозяйства*. 1991; (7): 79–81.
12. Латыпова Д.А., Чулкова В.В., Чапалда Т.Л. Влияние стимуляторов роста на урожайность картофеля. *Молодежь и наука*. 2022; (9): 40. <https://elibrary.ru/grtrtc>
13. Байбулатов Т.С., Хамхоев Б.И., Хамхоева З.Х. Влияние стимуляторов роста на урожайность и товарность клубней картофеля. *Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности. Сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций, посвященный 30-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса*. Казань. 2022; XVI: 244–248. <https://elibrary.ru/xbjdgm>
14. Икеева Л.П. Зависимость урожайности и качества клубней картофеля от действия регулятора роста в предгорной зоне РСО-Алания. *Аграрный вестник Урала*. 2023; (3): 13–21. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-232-03-13-21>

ОБ АВТОРАХ

Таслим Султанбекович Байбулатов,

доктор технических наук, профессор
Дагестанский институт повышения квалификации кадров АПК,
ул. Юго-Восточная, 45, Махачкала, Республика Дагестан, 367032,
Россия
baitaslim@yanex.ru

Батыр Израилевич Хамхоев,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель,
Ингушский государственный университет,
пр-т И.Б. Зязикова, 7, Магас, Республика Ингушетия, 386001,
Россия
smusri@mail.ru

Мустафа Туганович Цуров,

директор,
Северо-Кавказский топливно-энергетический колледж
им. Т.К. Цурова,
ул. Т.Х. Цурова, 1, с. Нижние Ачалуки, Республика Ингушетия,
386001, Россия
smusri@mail.ru

5. Galeev P.P., Poryadina E.A. The effectiveness of using growth regulators on potatoes. *Analysis of modern agrarian problems. Abstracts of reports of the scientific and practical conference of scientists of NSAU and Humboldt University of Berlin*. Novosibirsk. 1995; 13, 14 (In Russian).

6. Goryntsev A.V., Bondareva I.N. The effectiveness of applying growth promoters in the cultivation of potatoes. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo humanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya 2. Fiziko-matematicheskie i estestvennye nauki*. 2017; (2): 27–33 (In Russian). <https://elibrary.ru/gacrcs>

7. Zhukova P.S. The use of growth regulators to increase potato productivity. *Regulators of plant growth and development. Abstracts of the V International Conference*. Moscow: Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 1999; 185 (In Russian).

8. Khanieva I.M., Vorokova M.Z., Eziev A.Kh., Al'mova M.S. The effectiveness of the use of growth regulators on potato crops in the steppe zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2012; (3): 3, 4 (In Russian). <https://elibrary.ru/tgzmmz>

9. Serderov V.K. The use of growth regulators in potatoes. *Topical issues of potato growing. Proceedings of the conference of young scientists of VNIIRZhKh*. Moscow: All-Russian Research Institute of Potato Farming. 1985; 181–191 (In Russian).

10. Dudarevich V.D., Bobrik A.O., Romanovsky Ch.A., Sukmanyuk E.A. Influence of treatment of tubers and vegetative potato plants with growth regulators on the yield and quality of seed material. *Potato Growing*. 2011; 19: 414–421 (In Russian).

11. Astanakulov T.E. Growth stimulants, yield and quality of potatoes. *Khimizatsiya sel'skogo khozyaystva*. 1991; (7): 79–81 (In Russian).

12. Latypova D.A., Chulkova V.V., Chapalda T.L. Influence of growth stimulants on yield of potato. *Youth and science*. 2022; (9): 40 (In Russian). <https://elibrary.ru/grtrtc>

13. Baybulatov T.S., Khamkoev B.I., Khamkoeva Z.Kh. Influence of growth stimulants on yield and quality of potato tubers. *Digital technologies in the training of agricultural personnel as a key factor in improving its efficiency. Actual problems of combating corruption in the system of ensuring economic security. Collection of scientific and practical materials of international scientific and practical conferences dedicated to the 30th anniversary of the Tatar Institute for the Retraining of Agribusiness Personnel*. Kazan. 2022; XVI: 244–248 (In Russian). <https://elibrary.ru/xbjdgm>

14. Ikoeva L.P. Dependence of yield and quality of potato tubers on the action of a growth regulator in the foothill zone of the Republic of North Ossetia — Alania. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; (3): 13–21 (In Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-232-03-13-21>

ABOUT THE AUTHORS:

Taslim Sultanbekovich Baibulatov,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Dagestan Institute for Advanced Training of Agricultural Personnel,
45 Yugo-Vostochnaya Str., Makhachkala, Republic of Dagestan,
367032, Russia
baitaslim@yanex.ru

Batyr Israilovich Khamkoev,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer,
Ingush State University,
7 Zyazikov Ave., Magas, Republic of Ingushetia, 386001, Russia
smusri@mail.ru

Mustafa Tuganovich Turov,

Director,
North Caucasian Fuel and Energy College named after T.K. Turova,
1 T.K. Turova Str., Nizhniye Achaluki village, Republic of Ingushetia,
386001, Russia
smusri@mail.ru

УДК 634.74: 631.961: 631.559

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-107-111

В.М. Зарипова

Уфимский федеральный
исследовательский центр, Уфа, Россия

✉ kush_oph@mail.ru

Поступила в редакцию:
27.12.2022Одобрена после рецензирования:
02.06.2023Принята к публикации:
20.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-107-111

Venera M. Zaripova

Ufa Federal Research Center, Ufa, Russia

✉ kush_oph@mail.ru

Received by the editorial office:
27.12.2022Accepted in revised:
02.06.2023Accepted for publication:
20.06.2023

Оценка характера плодоношения жимолости в условиях южной лесостепной зоны Башкортостана

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Оценить сорта жимолости, обладающие стабильностью плодоношения в климатических условиях южной лесостепной зоны Башкортостана с устойчивостью биотических и абиотических стрессоров

Материалы и методика. Объектами исследований являются восемь интродуцированных сортов жимолости синей, находящихся в Кушнаренковском селекционном центре по плодово-ягодным культурам и винограду Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН. Исследования проводятся согласно программе и методике селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур.

Результаты. Все изученные сорта жимолости имели высокий уровень адаптации к условиям южной лесостепной зоны Башкортостана. За весь период исследований жимолость показала хорошую зимостойкость. В результате 15-летнего изучения выявлено: на 4-й год после посадки вступает в плодоношение, до 6–8-го года урожайность возрастает, с 9-го по 12-й год стабилизируется, с 13-го года снижается. Средней скороплодностью отличались сорта Бакчарская, Челябинка, Золушка, Берель, Памяти Гидзюка. Урожайность сортов Бакчарская, Челябинка, Берель на 11-й год плодоношения превышала контроль на 13–20%. Черничка и Галочка характеризовались стабильным плодоношением и урожайностью — 1,32–4,5 кг/куст, у контрольного сорта Голубое веретено урожай 1,5 кг/куст отмечен на 11-й и 12-й год после посадки. Омолаживающая обрезка с удалением многолетних ветвей на высоте 30 см от уровня почвы показала, что у большинства сортов на третий-четвертый год отмечалось возрастание урожайности, в дальнейшем — снижение. При обрезке сортов Бакчарская, Галочка, Черничка урожайность снизилась на 27–60% контрольного варианта (до обрезки).

Ключевые слова: жимолость, сорта, интродукция, зимостойкость, скороплодность, урожайность, обрезка

Для цитирования: Зарипова В.М. Оценка характера плодоношения жимолости в условиях южной лесостепной зоны Башкортостана. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 107–111. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-107-111>

© Зарипова В.М.

Evaluation of the nature of honeysuckle fruiting in the conditions of the southern forest-steppe zone of Bashkortostan

ABSTRACT

Relevance. Evaluate varieties of honeysuckle with stability of fruiting in the climatic conditions of the southern forest-steppe zone of Bashkortostan with the stability of biotic and abiotic stressors.

Materials and methodology. The objects of research are 8 introduced varieties of blue honeysuckle, located in the Kushnarenkovskiy breeding center for fruit and berry crops and grapes of the Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture of the Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Research is carried out in accordance with the program and methodology of selection and variety study of fruit, berry and nut crops.

Results. All studied varieties of honeysuckle had a high level of adaptation to the conditions of the southern forest-steppe zone of Bashkortostan. Over the entire period of research, honeysuckle showed good winter hardiness. As a result of a 15-year study, it was revealed: in the 4th year after planting, it enters fruiting, until the 6th–8th year, the yield increases, from the 9th to the 12th year it stabilizes, from the 13th year it decreases. Varieties Bakcharskaya, Chelyabinka, Cinderella, Berel, Pamiati Gidzyuka differed in average precocity. The yield of varieties Bakcharskaya, Chelyabinka, Berel in the 11th year of fruiting exceeded the control by 13–20%. Blueberry and Tick were characterized by stable fruiting and yield — 1.32–4.5 kg/bush, in the control variety Blue spindle yield of 1.5 kg/bush was noted on the 11th and 12th year after planting. Rejuvenating pruning with the removal of perennial branches at a height of 30 cm from the soil level showed that most varieties had an increase in yield in the third or fourth year, and a decrease in the future. When pruning the varieties Bakcharskaya, Galochka, Chernichka, the yield decreased by 27–60% of the control variant (before pruning).

Key words: honeysuckle, varieties, introduction, winter hardiness, precocity, productivity, pruning

For citation: Zaripova V.M. Evaluation of the nature of honeysuckle fruiting in the conditions of the southern forest-steppe zone of Bashkortostan. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 107–111 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-107-111>

© Zaripova V.M.

Введение/Introduction

Введение в практику новых ягодных культур направлено на увеличение производства плодов и ягод. Из ягодных культур особое место занимает жимолость голубая (*Lonicera caerulea* L.) из-за уникального сочетания хозяйственно-биологических свойств. Ее ягоды позволяют увеличить сезон свежих витаминизированных продуктов садоводства в зоне умеренного климата [1, 2].

Жимолость обладает высокой экологической пластичностью, большинство сортов способны сохранять свои качества в различных почвенно-климатических условиях [3, 4]. Потенциальные возможности культуры могут быть наиболее полно реализованы только в благоприятных условиях. В естественных условиях произрастания динамика роста побегов и формирования направлена на создание оптимальной вегетативной массы, способной реализовать репродуктивную функцию растительного организма [5]. Продуктивность растений находится в прямой зависимости от суммарной длины годовых приростов, числа почек на них, количества цветков, образующихся в каждой почке, процента полезной завязи, массы одного соплодия [6, 7].

Плодоносит жимолость преимущественно на приростах предыдущего года, то есть на однолетней древесине. На этих приростах формируются более крупные ягоды, чем на слабых укороченных побегах. Урожайность ее возрастает при ежегодном образовании сильных годовых приростов, на которых закладываются генеративные почки [8, 9]. Ежегодное пробуждение большого количества спящих вегетативных почек, что приводит к быстрому загущению кроны, плохой освещенности центра куста, снижению урожая. Активная жизнь жимолости продолжается 15–20 лет [10]. Обрезка стимулирует рост новых, более сильных побегов и способствует продолжительности активного плодоношения [11].

Цель работы — оценка стабильности плодоношения сортов жимолости и роли омолаживающей обрезки в климатических условиях южной лесостепной зоны Башкортостана.

Фото 1. Сорт Голубое веретено (2003 г. посадки), 3-й год плодоношения. Фото автора

Photo 1. Variety Goluboye vereteno (planted in 2003), the 3rd year of fruiting. Author's photo



Материал и методы исследования / Material and methods

Объектами исследования служили восемь сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.) разных селекционных центров РФ: сорта селекции Научно-исследовательского института садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко ФГБНУ ФАНЦА (НИИСС им. М.А. Лисавенко, Барнаул, Россия) — Голубое веретено, Золушка, Галочка, Берель; сорта Южно-Уральского научно-исследовательского института садоводства и картофелеводства — филиал ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук». (ЮУНИИСС, Челябинск, Россия) — Челябинка, Черничка; сорта Бакчарской опытной станции садоводства — Бакчарская, Памяти Гидзюка.

В качестве контроля взят сорт Голубое веретено в 2003–2022 гг. Исследования проводили согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур¹. Математический анализ результатов опыта — по Б.А. Доспехову².

Место проведения исследований — Кушнаренковский селекционный центр «Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — обособленное структурное подразделение ФГБНУ УФИЦ РАН» (с. Кушнаренково, Россия).

Опыт заложен осенью 2003 г. в трехкратной повторности. Схема посадки — 1,5 x 3,0 м для механизированной обработки междурядий. Омолаживающая обрезка проведена осенью 2017 г. на 15-летних плодоносящих растениях с целью повышения продуктивности. Высота обрезки — 30 см от поверхности почвы. Почва опытного участка — чернозем карбонатный среднесуглинистый по гранулометрическому составу с содержанием гумуса (по Тюрину) 6,4%, фосфора и калия (по Чирикову) — 8,7 мг / 100 г и 11 мг / 100 г почвы соответственно, реакция почвенного раствора — нейтральная (по Флоринскому) (6,8 ед. рН).

Фото 2. Сорт Голубое веретено (2003 г. посадки), 8-й год плодоношения. Фото автора

Photo 2. Variety Goluboye vereteno (planted in 2003), the 8th year of fruiting. Author's photo



¹ Шокаева Д.Б., Зубов А.А. Земляника, клубника, земклуника. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: издательство ВНИИСПК. 1999; 417–444.

² Доспехов Б.А. Методика опытного дела. М. Агропромиздат. 1985; 352.

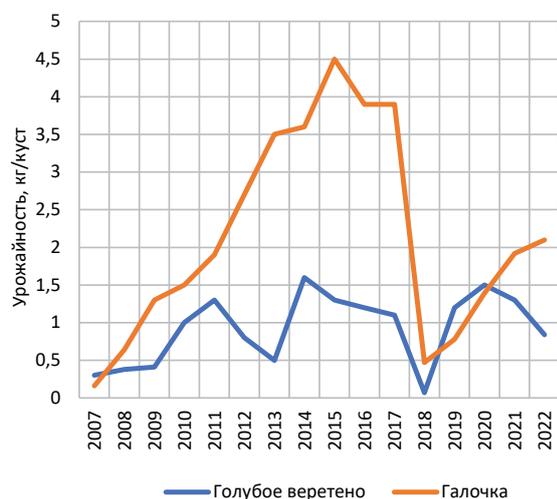
Таблица 1. Урожайность сортов жимолости (2007–2017 гг.), кг/куст
Table 1. Yield of honeysuckle varieties (2007–2017), kg/bush

Сорт	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016	2017	сред
Голубое веретено (контроль)	0,30	0,38	0,41	1,00	1,30	0,80	1,50	1,50	1,30	1,20	1,10	0,98
Золушка	0,24	0,35	0,83	1,00	0,60	0,70	0,80	0,70	0,60	0,60	0,50	0,63
Челябинка	0,41	0,60	0,91	1,10	1,00	1,00	1,80	1,40	1,20	1,00	0,80	0,86
Бакчарская	0,26	0,51	0,62	0,73	0,90	1,40	1,50	1,90	1,20	1,20	1,10	1,03
Берель	0,29	0,36	0,40	0,50	0,60	1,00	1,70	1,20	0,90	0,90	0,80	0,79
Памяти Гидзюка	0,17	0,35	0,50	0,70	0,80	0,90	1,20	1,00	0,70	0,70	0,60	0,70
Галочка	0,16	0,64	1,32	1,50	1,90	2,70	3,50	3,60	4,50	3,90	3,20	2,45
Черничка	0,43	0,90	1,49	1,70	1,50	1,30	3,50	3,40	4,20	4,10	3,60	2,37
НСР ₀₅	0,02	0,04	0,06	0,03	0,20	0,15	0,17	0,12	0,05	0,02	0,01	

Республика Башкортостан расположена в глубине Евразии. Удаленность от морей и океанов определяет климат как континентальный, характеризующийся теплым (часто жарким) летом и продолжительной холодной зимой. Частая смена воздушных масс над территорией республики вызывает резкую изменчивость погоды. Воздушные массы Атлантического океана приносят осадки, потепление зимой и смягчение жары летом. Азиатские антициклоны вызывают летом жаркую и сухую погоду. Арктический воздух усиливает мороз зимой и ослабляет жару летом. Устойчивый снежный покров образуется во II декаде ноября. Абсолютный минимум температуры воздуха в суровые зимы достигает 40–42 °С. Средняя высота снежного покрова — 35 см. К концу II декады апреля снег полностью тает. Безморозный период — 140 дней. Максимальная температура зафиксирована на отметке 38–40 °С. Сумма положительных температур — 2321 °С. Среднегодовая температура воздуха — +3,0 °С. Число дней с положительной температурой воздуха — 200–205. Среднегодовое количество осадков за год — 450 мм. Осадки распределяются неравномерно и нередко, в самый ответственный период вегетации (май — июнь) бывает засуха, сопровождающаяся ветрами — южным и юго-западным. В последние годы в республике (начиная с 2000 г.) всё чаще отмечаются продолжительная засуха при высоких температурах (от +30 °С до +39 °С) и резкие перепады дневных и ночных температур, являющиеся стрессовыми для растений.

Рис. 1. Динамика изменения урожайности сортов жимолости Голубое веретено и Галочка

Fig. 1. Dynamics of changes in the yield of honeysuckle varieties Goluboe vereteno and Galochka



Результаты и обсуждение / Results and discussion

Критических температур, приводящих к повреждению почек в зимние месяцы, за 20 лет изучения не отмечено. Низкие температуры зимних периодов были непродолжительными, часто оттепели контрастировали с морозами и даже незначительным снежным покровом, осадки в виде дождя не повлияли на зимостойкость. Все изучаемые сорта показали хорошую зимостойкость.

В условиях южной лесостепной зоны Башкортостана у исследуемых сортов не наблюдалось раннего вступления в плодоношение. Средний срок вступления в плодоношение — на четвертый-пятый год после посадки. С шестилетнего возраста урожайность нарастала. Наиболее продуктивное плодоношение приходилось только на седьмой-девятый год. В последующем (10–12 лет) биологические возможности плодоношения убывали, происходило загущение кроны, закладка генеративных почек локализовалась в верхушечных и боковых почках. На побегах ветвления пробуждались только две-три пары почек, длина побегов сокращалась, а плодоношение перемещалось на периферию кроны, происходило заметное снижение урожайности.

Учеты урожайности проводили с 2007 г., когда изучаемые сорта вступили в плодоношение. Урожайность интродуцированных сортов жимолости во все годы изучения оказалась неравномерной. Урожайность сорта Галочка, у которой в 2007 г. отмечалась наименьшая урожайность (0,16 кг/куст), в 2015 г. составила наибольшую урожайность — до 4,5 кг/куст (табл. 1).

На четвертый-шестой год после посадки вступление в плодоношение отмечалось у сортов Берель, Бакчарская, Золушка, Челябинка, Памяти Гидзюка. Урожайность возрастала (до 2010 г.) у сортов Золушка, Памяти Гидзюка, Голубое веретено (контроль) и стабилизировалась; у сортов Бакчарская, Челябинка, Берель, Галочка и Черничка продолжила возрастать до 2013–2015 гг. К седьмому году (2009 г.) после посадки урожай сортов Челябинка, Галочка и Черничка составлял 0,91 кг/куст, 1,32 кг/куст и 1,49 кг/куст соответственно. Сорта Голубое веретено и Золушка вышли к этому показателю на 8-й год после посадки (2010 г.). Сорта Бакчарская, Берель и Памяти Гидзюка вышли на этот порог только на девятый-десятый год после посадки (2011–2012 гг.).

Наибольшая урожайность на 11-летних растениях после посадки отмечалась у сортов Золушка, Памяти Гидзюка, Голубое веретено (контроль), Берель, Челябинка — 0,8 кг/куст, 1,2 кг/куст, 1,5 кг/куст, 1,7 кг/куст, 1,8 кг/куст соответственно. На 12-й год после посадки сорт Бакчарская при 1,9 кг/куст показал максимум, превышая контроль на 20%. Сорта Галочка и Черничка

Таблица 2. Урожайность сортов жимолости после обрезки, 2018–2022 гг. (2003 г. посадки)
Table 2. Yield of honeysuckle varieties after pruning, 2018–2022 (planted in 2003)

Сорт	До обрезки (контроль) 2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Голубое веретено	1,10	0,73	1,20	1,60	1,73	0,84
Золушка	0,50	0,02	0,08	1,16	0,54	0,30
Челябинка	0,80	0,22	0,59	0,75	1,12	0,92
Бакчарская	1,10	0,14	0,37	0,53	0,86	0,75
Берель	0,80	0,19	0,43	0,62	0,95	0,79
Память Гидзюка	0,60	0,11	0,42	0,71	0,83	0,67
Галочка	3,20	0,47	0,78	1,39	1,92	2,10
Черничка	3,60	0,28	0,64	0,82	0,96	1,77
НСР ₀₅	0,64	0,29	0,33	0,13	0,12	0,17

отличились только на 13-й год плодоношения (4,5 кг/куст и 4,2 кг/куст соответственно), существенно превышая контроль.

У большинства сортов период самой высокой продуктивности продолжался два года. С 14-го года плодоношения урожай у большинства изученных сортов снизился на 10–34% (табл. 1). Для восстановления продуктивности 15-летних растений жимолости была проведена омолаживающая обрезка с удалением многолетних ветвей на высоте 30 см от уровня почвы.

В результате исследований установлены различные отношения сортов жимолости к обрезке. В 1-й год после омолаживающей обрезки наблюдалась восстановительная активность ростовых процессов. У всех сортов выросли мощные побеги формирования длиной 30–45 см. У большинства сортов только на 3-й год после обрезки урожайность достигла контроля (до обрезки), на 4-й год урожайность сортов превысила

контроль на 19–45%, а с 5-го года отмечалось снижение, не достигая урожайности уровня контроля (до обрезки). Обрезка не привела к восстановлению урожайности у сортов Бакчарская, Галочка и Черничка в течение последующих пяти лет и оказала снижение показателя на 27–60% относительно контрольного варианта (табл. 2).

Обнаружена различная сортовая реакция жимолости на обрезку. Сорта Голубое веретено (фото 1, 2), Берель, Бакчарская в результате обрезки имели более высокие показатели длины приростов и урожайности кустов по сравнению с сортами Золушка, Челябинка, Памяти Гидзюка, которые формировали в результате обрезки большее количество однолетних приростов.

Выводы/Conclusion

1. В почвенно-климатических условиях южной лесостепной зоны Башкортостана активное плодоношение у сортов жимолости приходится примерно с 7-го по 13-й год при максимальной урожайности от 0,83 кг/куст у сорта Золушка до 4,5 кг/куст у сорта Галочка, у контрольного сорта Голубое веретено — 1,5 кг/куст.

2. Проведение омолаживающей обрезки на 30 см от уровня почвы с удалением многолетних ветвей для восстановления продуктивности 15-летних растений показало различную сортовую реакцию сортов жимолости на обрезку. Только на 3-й год после обрезки урожайность 0,53–1,6 кг/куст достигла контроля (до обрезки), на 4-й год урожайность сортов Челябинка, Память Гидзюка, Берель превышала Голубое веретено (контроль) на 19–45%, с 5-го года после обрезки отмечалось снижение у всех изучаемых сортов к уровню контроля (до обрезки). Обрезка 15-летних сортов Бакчарская, Черничка, Галочка не привела к восстановлению урожайности в течение последующих пяти лет.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author is responsible for the work and the submitted data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Латков Н.Ю., Видякин А.В., Коржун А.Б., Латкова Е.В. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ. *International agricultural journal*. 2020; (6): 47–58. <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10231>
- Grigorieva O. et al. Evaluation of *Lonicera caerulea* L. genotypes based on morphological characteristics of fruits germplasm collection. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2021; 45(6): 850–860. <https://doi.org/10.3906/tar-2002-14>
- Сазонов Ф.Ф. Формирование отечественного сортимента смородины черной в условиях нечерноземного региона России. *Садоводство и виноградарство*. 2021; (1): 23–31. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-1-23-31>
- Брыксин Д.М., Колесников С.А. Результаты селекции жимолости в северо-восточной части Центрального Черноземья. *Вестник КрасГАУ*. 2017; (1): 9–13. <https://elibrary.ru/xstyyl>
- Gerbrandt E.M., Bors R.H., Chibbar R.N., Baumann Th.E. Spring phonological adaptation of improved blue hoheysuckle (*Lonicera caerulea* L.) gerplasm to a temperate climate. *Euphytica*. 2017; 213: 172. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1958-5>
- Прищепина Г.А., Сорокопудов В.Н. Использование сорта Провинциалка как донора хозяйственно-ценных признаков в селекции жимолости синей. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (6): 16–20. <https://elibrary.ru/ymhpij>
- Зарипова В.М., Давлетов А.М., Хасанова Г.Р., Шакирзянов А.Х. Сравнительная оценка продуктивности сортов жимолости в условиях Предуралья Республики Башкортостан. *Достижения науки и техники АПК*. 2021; 35(11): 20–24. https://doi.org/10.53859/02352451_2021_35_11_20

REFERENCES

- Latkov N.Yu., Vidyakin A.V., Korzhun A.B., Latkova E.V. Analysis and prospects of berry crop production development in the Russian Federation. *International agricultural journal*. 2020; (6): 47–58 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/2588-0209-2020-10231>
- Grigorieva O. et al. Evaluation of *Lonicera caerulea* L. genotypes based on morphological characteristics of fruits germplasm collection. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2021; 45(6): 850–860. <https://doi.org/10.3906/tar-2002-14>
- Sazonov F.F. Forming of domestic blackcurrant stock in Non-Chernozem Region of Russia. *Horticulture and viticulture*. 2021; (1): 23–31 (In Russian). <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2021-1-23-31>
- Bryksin D.M., Kolesnikov C.A. The results of the selection of honeysuckle in the North-Eastern part of Central Chernozom region. *Bulletin of KSAU*. 2017; (1): 9–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/xstyyl>
- Gerbrandt E.M., Bors R.H., Chibbar R.N., Baumann Th.E. Spring phonological adaptation of improved blue hoheysuckle (*Lonicera caerulea* L.) gerplasm to a temperate climate. *Euphytica*. 2017; 213: 172. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1958-5>
- Prishchepina G.A., Sorokopudov V.N. The use of Provincial varieties as donors of agronomic traits in breeding of blue honeysuckle. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2018; (6): 16–20 (In Russian). <https://elibrary.ru/ymhpij>
- Zaripova V.M., Davletov A.M., Hasanova G.R., Shakirzjanov A.H. Comparative assessment of the productivity of honeysuckle varieties in the conditions of the Urals of the Republic of Bashkortostan. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2021; 35(11): 20–24. (In Russian) https://doi.org/10.53859/02352451_2021_35_11_20

8. Боярских И.Г. Особенности репродуктивной биологии жимолости синей *Lonicera caerulea* L. *Сельскохозяйственная биология*. 2017; 52(1): 200–210. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.1.200rus>

9. Софронов А.П., Фирсова С.В., Русинов А.А. Изучение роста побегов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) в условиях северо-востока европейской части России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021; 22(4): 551–560. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.551-560>

10. De Silva A.B.K.H., Rupasinghe H.P.V. Polyphenols composition and anti-diabetic properties *in vitro* of haskap (*Lonicera caerulea* L.) berries in relation to cultivar and harvesting date. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020; 88: 103402. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103402>

11. Ашимов Р.Р., Лапшин Д.А. Полевая зимостойкость гибридов жимолости селекции Нижегородской сельскохозяйственной академии. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017; 51: 63–66. <https://elibrary.ru/yntmsi>

8. Boyarskikh I.G. Features of *Lonicera caerulea* L. reproductive biology. *Agricultural biology*. 2017; 52(1): 200–210 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.1.200ru>

9. Sofronov A.P., Firsova S.V., Rusinov A.A. The study of growth of blue honeysuckle sprouts (*Lonicera caerulea* L.) in the conditions of North-East of the European Russia. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2021; 22(4): 551–560. (In Russian) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.4.551-560>

10. De Silva A.B.K.H., Rupasinghe H.P.V. Polyphenols composition and anti-diabetic properties *in vitro* of haskap (*Lonicera caerulea* L.) berries in relation to cultivar and harvesting date. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2020; 88: 103402. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103402>

11. Ashimov R.R., Lapshin D.A. Field winter hardiness of the hybrids of honeysuckle breeding in Nizhny Novgorod Agricultural Academy. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2017; 51: 63–66 (In Russian). <https://elibrary.ru/yntmsi>

ОБ АВТОРЕ

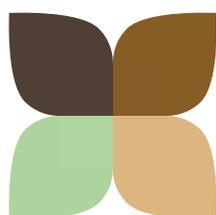
Венера Мирхатовна Зарипова,

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Уфимский федеральный исследовательский центр
пр-т Октября, 71, Уфа, Республика Башкортостан, 450054, Россия
kush_oph@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5498-9594>

ABOUT THE AUTHOR

Venera Mirkhatovna Zaripova,

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Ufa Federal Research Center,
71 October Ave., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450054, Russia
kush_oph@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-5498-9594>



ПроПротеин

Форум и экспо

+7 (495) 585-5167 | info@proprotein.org | www.proprotein.org

Форум и выставка по производству и использованию новых пищевых протеинов: растительные заменители мяса, культивируемое мясо, насекомые как еда.

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 21 сентября 2023 в отеле Холидей Инн Лесная в Москве

Возможности для рекламы:

Выбор одного из спонсорских пакетов Форума позволит Вам заявить о своей компании, продукции и услугах, и стать лидером быстрорастущего рынка.



Реклама

АГРОНОМИЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТРАВИТЕЛЕЙ В БОРЬБЕ С СЕМЕННОЙ И ПОЧВЕННЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ

Получение дружных и здоровых всходов, обеспечивающих оптимальную густоту стояния растений, и, как следствие, реализация потенциальной урожайности современных сортов зерновых колосовых являются важнейшими элементами технологии их возделывания. Основными препятствиями к созданию оптимальной густоты стояния на первых этапах развития растений являются инфицированность семян внешней и внутренней инфекцией и наличие большого инфекционного начала в почве.

Службой ФГБУ «Россельхозцентр» в Краснодарском крае сообщается о высокой инфицированности семян возбудителями грибов родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* в пределах от 22 до 88%. Добиться нормализации фитосанитарной ситуации на начальных этапах развития растений возможно посевом высококачественных семян с соответствующей массой 1000 зерен, характерной для каждого сорта, и правильно проведенным протравливанием семян, основанным на результатах фитоэкспертизы. Знание видового состава фитопатогенов на семенах и в почве позволяет определить доминирующие компоненты микоценоза и подобрать протравители с необходимым спектром действия. При этом очень важен выбор протравителя семян с контактно-системным действием. Это позволит не только уничтожить запасы внутренней и внешней инфекции семян, но и создать зону, свободную от почвенной инфекции вокруг семенного ложа, тем самым снизить поражение проростков почвенными микромицетами. В связи с этим величина зоны токсического воздействия фунгицида на патогенную микофлору является важнейшим показателем эффективности протравителя.

Цель исследований — определение эффективности различных протравителей по величине зоны подавления роста мицелия грибов.

Объектами испытания были тест-культуры: *Bipolaris sorokiniana* 130 — гельминтоспориозная корневая гниль; *Fusarium oxysporum* 104803 — фузариозная корневая гниль; *Fusarium avenaceum* ВКМ F-133 — фузариозная корневая гниль; *Microdochium nivale* — снежная плесень; *Alternaria tenuissima* — альтернариозное плесневение семян; *Penicillium sp.* 126900 — плесневение семян.

В исследованиях представлены результаты по фунгицидной активности протравителей семян согласно государственной регистрации в соответствии с «Каталогом пестицидов и агрохимикатов...».

Для проведения анализа был использован метод лунки. Стерильный и остывший до 45 °С картофельно-сахарозный агар (КСА) разливали в чашки Петри диаметром 87 мм. Для посева фитопатогенов готовили споровые суспензии методом смыва мицелия с поверхности агара. На поверхность застывшего агара наносили 100 мкл суспензии и равномерно распределяли по поверхности агара. Готовили рабочие растворы препаратов в соответствии со схемой опыта (табл. 1).

После подсыхания агара в центре чашек Петри делали лунки диаметром 10 мм, в которые раскапывали 100 мкл рабочих растворов. В контрольные варианты вносили 100 мкл стерильной дистиллированной воды. Опыт проводили в трехкратной повторности, культивирование посевов — при 25 °С в течение шести

суток, диаметр зон подавления роста грибов измеряли по трем направлениям. Чем больше зона подавления роста мицелия, тем выше чувствительность фитопатогена к препарату.

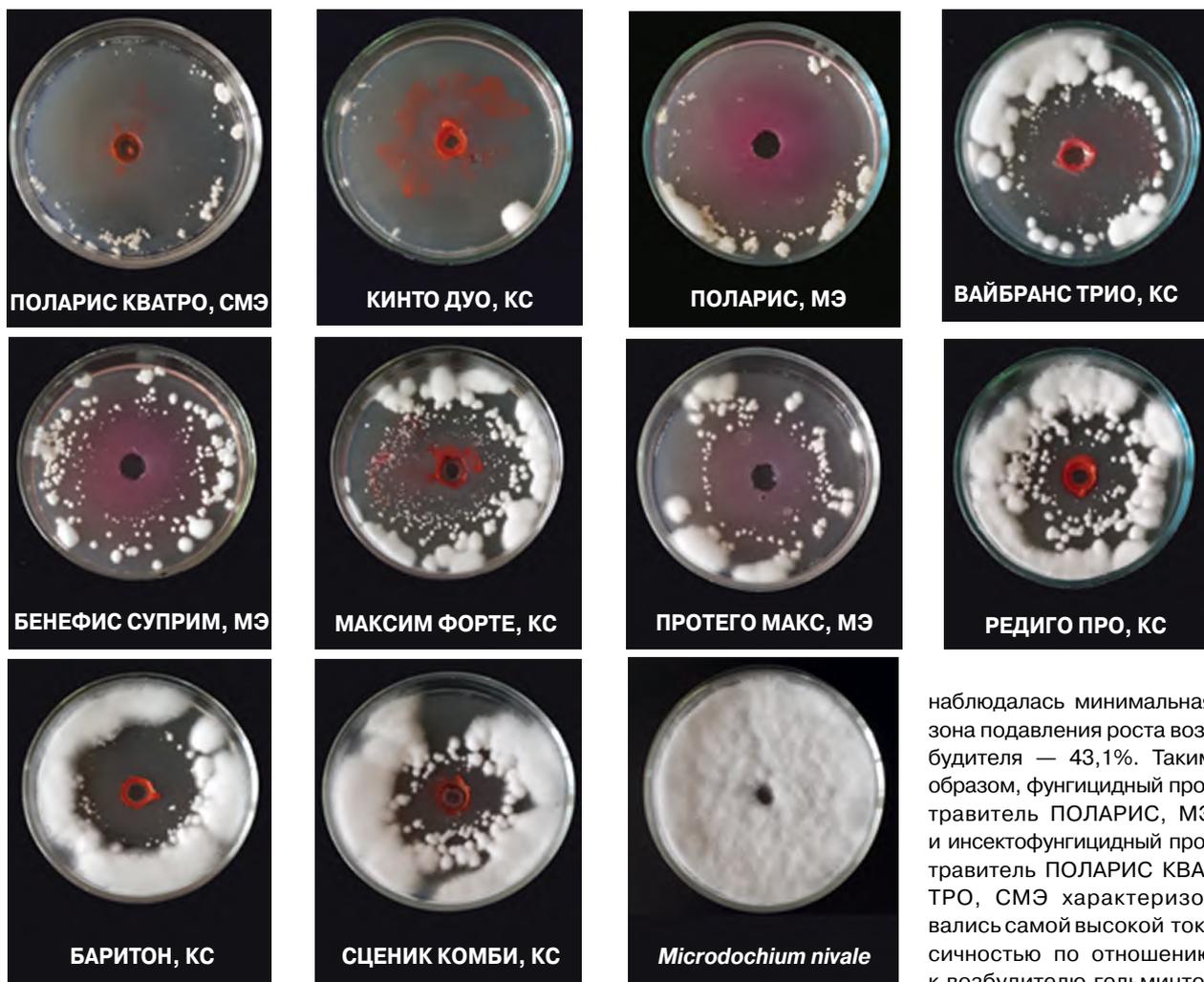
В зависимости от зоны возделывания культуры, предшественника, насыщенности севооборота зерновыми культурами и других причин патогенный комплекс может быть представлен тем или иным составом.

Гриб *Bipolaris sorokiniana* является наиболее вредоносным почвенным патогеном во многих регионах, вызывая обыкновенную корневую гниль. Распространен

Таблица 1. Схема лабораторного опыта по определению эффективности протравителей в борьбе с возбудителями болезней зерновых культур *in vitro*

№ варианта	Препарат	Состав препарата, г/л	Максимальная норма расхода, л/т
1	ПОЛАРИС, МЭ	100 прохлораза + + 25 имазалила + + 15 тебуконазола	1,5
2	ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ	150 ацетамиприда + + 100 прохлораза + + 20 тебуконазола + + 15 пираклостробина	1,5
3	ПРОТЕГО МАКС, МЭ	75 протиоконазола + + 25 пираклостробина + + 25 тебуконазола	1,0
4	БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ	50 имазалила + + 30 тебуконазола + + 20 мефеноксама	0,8
5	МАКСИМ ФОРТЕ, КС	10 азоксистробина + + 15 тебуконазола + + 25 флудиоксонила	1,75
6	ВАЙБРАНС ИНТЕГРАЛ, КС	25 седаксана + + 10 тебуконазола + + 175 тиаметоксама + + 25 флудиоксонила	2,0
7	ВАЙБРАНС ТРИО, КС	25 седаксана + + 10 тебуконазола + + 25 флудиоксонила	2,0
8	СЕЛЕСТ МАКС, КС	15 тебуконазола + + 125 тиаметоксама + + 25 флудиоксонила	1,75
9	КИНТО ДУО, КС	60 прохлораза + + 20 тритиконозола	2,5
10	ЛАМАДОР ПРО, КС	100 протиоконазола + + 60 тебуконазола + + 20 флуопирама	0,5
11	БАРИТОН, КС	37,5 протиоконазола + + 37,5 флуоксастробина	1,5
12	РЕДИГО ПРО, КС	150 протиоконазола + + 20 тебуконазола	0,55
13	СЦЕНИК КОМБИ, КС	250 клотианидина + + 37,5 протиоконазола + + 5 тебуконазола + + 37,5 флуоксастробина	1,5

Расход воды — 10 л/т.



наблюдалась минимальная зона подавления роста возбудителя — 43,1%. Таким образом, фунгицидный протравитель ПОЛАРИС, МЭ и инсектофунгицидный протравитель ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ характеризовались самой высокой токсичностью по отношению к возбудителю гельминтоспориозной обыкновенной

в зонах выращивания зерновых культур. Поражаются все зерновые культуры (менее всего устойчивы пшеница и ячмень). Наиболее вредоносна гельминтоспориозная корневая гниль в восточных районах Российской Федерации. Практически все испытываемые препараты в опыте в инновационной формуляции МЭ и СМЭ проявили высокую фунгицидную активность по отношению к возбудителю. В контрольном варианте мицелий гриба разрастался по всему диаметру чашки Петри. Максимальную зону подавления роста мицелия возбудителя в пределах 92,5% обеспечил препарат ПОЛАРИС, МЭ с нормой расхода 1,5 л/т. Сильное подавление разрастания мицелия отмечено у инсектофунгицидного протравителя ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ. Зона подавления роста мицелия была всего лишь на 2,9% меньше, чем у ПОЛАРИСА, МЭ. Высокую эффективность в борьбе с гельминтоспориозной инфекцией с зоной задержки роста патогена в пределах 84,4–85,6% обеспечили препараты БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ и КИНТО ДУО, КС. Эффективность препаратов МАКСИМ ФОРТЕ, КС, ЛАМАДОР ПРО, КС, СЦЕНИК КОМБИ, КС и ВАЙБРАНС ИНТЕГРАЛ, КС была ниже, зона подавления роста мицелия возбудителя у этих препаратов колебалась от 57 до 66,6% по отношению к контролю (рис. 1).

Минимальная токсичность по отношению к возбудителю с зоной подавления роста мицелия 54–56,8% наблюдалась у протравителей: БАРИТОН, КС; СЕЛЕСТ МАКС, КС; РЕДИГО ПРО, КС; ПРОТЕГО МАКС, МЭ.

Наименьшую эффективность в борьбе с обыкновенной корневой гнилью обеспечил фунгицидный протравитель ВАЙБРАНС ТРИО, КС. У этого препарата

наблюдалась минимальная зона подавления роста возбудителя — 43,1%. Следует отметить, что оба препарата содержали действующие вещества прохлораз и тебуконазол.

На сегодняшний день доминирующими в патогенном комплексе семенной и почвенной инфекции в Северо-Кавказском регионе являются грибы из рода *Fusarium*. Среди грибов из рода *Fusarium* к числу

Рис. 1. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Bipolaris sorokiniana* 130

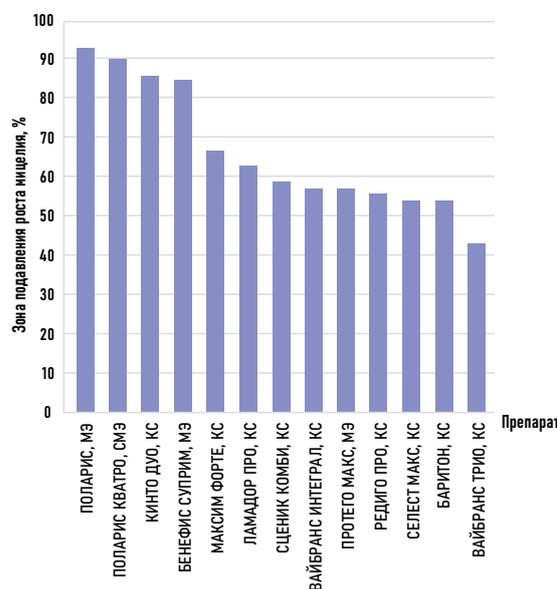
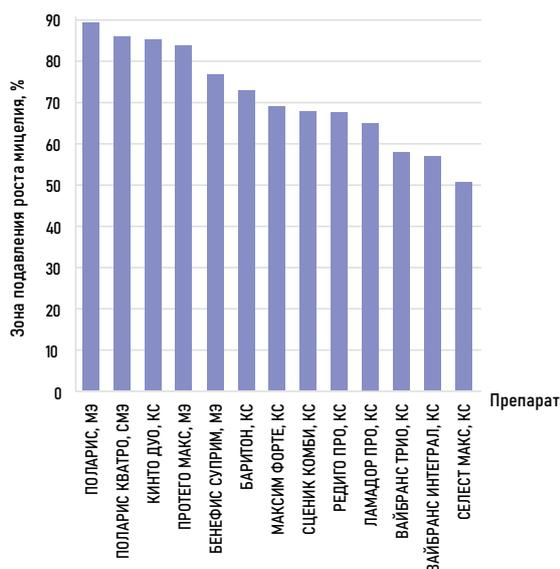


Рис. 2. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Fusarium oxysporum* 10480



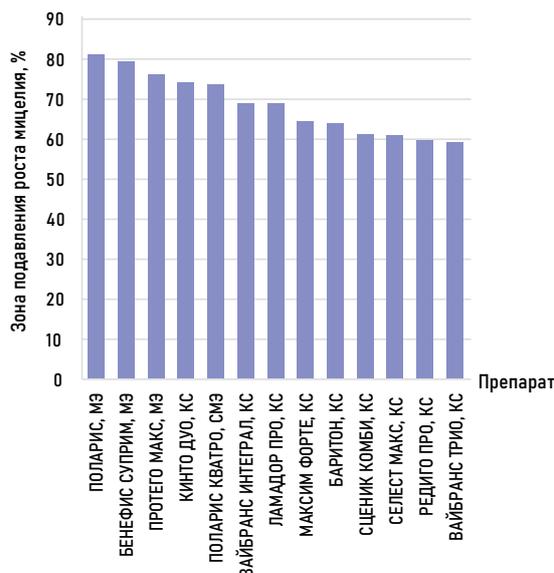
наиболее часто встречаемых относятся возбудители *Fusarium oxysporum* и *Fusarium avenaceum*. Установлено, что все фунгициды, представленные инновационными препаративными формами ПОЛАРИС, МЭ, ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ, ПРОТЕГО МАКС, МЭ и БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ, характеризовались высокой эффективностью по отношению к грибу *Fusarium oxysporum* (рис. 2).

После шести суток инкубирования зона подавления роста мицелия возбудителя колебалась от 76,4 до 89%. Из концентратов суспензий максимальной токсичностью по отношению к возбудителю характеризовался препарат КИНТО ДУО, КС с зоной подавления роста мицелия 85% по отношению к контролю. На втором месте по эффективности в борьбе с этим возбудителем был препарат БАРИТОН, КС, обеспечивающий зону подавления роста мицелия *Fusarium oxysporum*, равную 72,4%. Практически на таком же уровне ингибировали рост мицелия возбудителя фунгициды МАКСИМ ФОРТЕ, КС, РЕДИГО ПРО, КС, инсектофунгицидный протравитель СЦЕНИК КОМБИ, КС. Эффективность подавления роста мицелия патогена у этих препаратов была от 67,2 до 68,9%.

Возбудитель *Fusarium avenaceum* характеризуется высокой частотой встречаемости в умеренном климате. Особенно актуален в условиях северо-запада европейской части Российской Федерации. Вызывает фузариозные корневые гнили, фузариоз колоса, плесневение семян зерновых. Наблюдения за развитием данного тест-объекта показали, что к концу инкубации сильное ингибирование мицелия наблюдалось в опыте с применением фунгицида ПОЛАРИС, МЭ. В этом варианте зона подавления роста мицелия составила 81%. Практически на таком же уровне подавлял рост мицелия возбудителя системный протравитель БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ. Зона задержки роста мицелия у этого препарата составила 79,3% (рис. 3).

Третьим препаратом, по отношению к которому возбудитель проявлял высокую чувствительность, был фунгицид ПРОТЕГО МАКС, МЭ с зоной задержки роста мицелия 75,8%. Препарат КИНТО ДУО, КС показал высокую биологическую активность по отношению к *Fusarium avenaceum*. Зона подавления роста мицелия у этого препарата составила 74,1%.

Рис. 3. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Fusarium avenaceum* ВКМ F-133

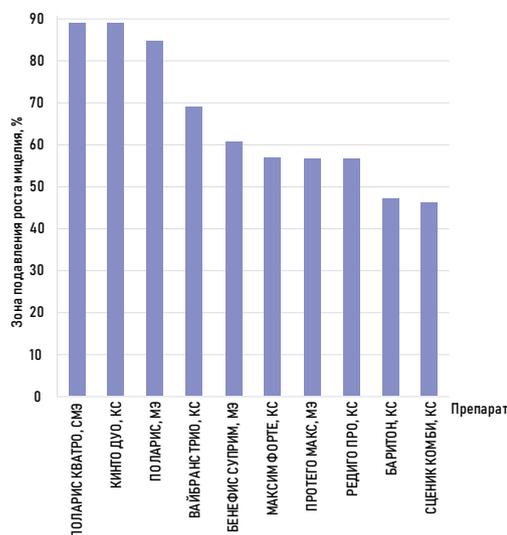


Действие всех остальных испытываемых препаратов на рост мицелия гриба было ниже, чем в вариантах с вышеперечисленными четырьмя протравителями. Из протравителей с инсектофунгицидным действием максимальное ингибирование мицелия возбудителя обеспечивали ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ (73,5%) и ВАЙБРАНС ИНТЕГРАЛ, КС (68,9%).

Установлено, что все испытываемые препараты проявили высокую биологическую активность по отношению к возбудителю снежной плесени *Microdochium nivale* (рис. 4).

При этом инсектофунгицидный протравитель ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ и фунгицид КИНТО ДУО, КС одинаково подавляли рост мицелия возбудителя. Зона подавления роста мицелия у этих препаратов составила 88,5%. Препарат ПОЛАРИС, МЭ проявил меньшую токсичность к возбудителю *Microdochium nivale*. Ко второй группе препаратов, по отношению к которым возбудитель *Microdochium nivale* проявил достаточно высокую чувствительность, можно отнести ВАЙБРАНС ТРИО, КС и БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ. Зона подавления роста

Рис. 4. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Microdochium nivale*



мицелия изолята по отношению к этим препаратам к концу инкубации составляла 60,3–68,9%. Протравители МАКСИМ ФОРТЕ, КС, ПРОТЕГО МАКС, МЭ, РЕДИГО ПРО, КС проявляли среднюю степень активности к возбудителю, зона подавления роста мицелия у них колебалась от 55,7 до 56,8%. Минимальной степенью активности с зоной подавления роста мицелия 45,9–47,1% по отношению к возбудителю *Microdochium nivale* обладали препараты СЦЕНИК КОМБИ, КС и БАРИТОН, КС.

Выявлена различная фунгицидная активность испытуемых фунгицидов к возбудителю *Alternaria tenuissima* с площадью зоны подавления от 47,4 до 86,2% (рис. 5).

Все четыре препарата с инновационными препаративными формами сформировали наибольшую зону подавления роста мицелия возбудителя. Среди них высокое подавление роста мицелия изолята наблюдалось у инсектофунгицидного протравителя с инновационной наноформуляцией суспомикроэмульсия ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ. Высокое эффективное действие показали препараты МАКСИМ ФОРТЕ, КС и ВАЙБРАНС ИНТЕГРАЛ, КС.

Возбудитель плесневения семян зерновых культур *Penicillium sp.* распространен повсеместно. На первых этапах роста и развития растений эти грибы вызывают сильную изреженность всходов, а при их большом количестве в почве — почвоутомление.

Результаты испытаний показали наиболее высокую чувствительность возбудителя рода *Penicillium sp.* к протравителям КИНТО ДУО, КС и ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ. Зона подавления роста возбудителя вокруг лунок была в пределах 81–82,1% (рис. 6).

Почти такую же защитную зону вокруг лунок сформировал препарат ПОЛАРИС, МЭ. БЕНЕФИС СУПРИМ, МЭ, содержащий в своем составе, как и ПОЛАРИС, МЭ, имазалил, сформировал гораздо меньшую защитную зону — на 14,4% меньше, чем у ПОЛАРИСА, МЭ. Достаточно высокую зону подавления роста мицелия возбудителя от 58,6 до 60,9% обеспечили препараты МАКСИМ ФОРТЕ, КС и ПРОТЕГО МАКС, МЭ. Низкую биологическую активность по отношению к возбудителю рода *Penicillium sp.* показали фунгициды СЦЕНИК КОМБИ, КС и РЕДИГО ПРО, КС. Минимальная чувствительность грибов рода *Penicillium sp.* с зоной подавления роста мицелия 11,4% установлена к системному фунгициду БАРИТОН, КС.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о дифференцированной активности протравителей против различных таксономических групп патогенных микромицетов. В связи с этим выбор протравителей по отношению к различным видам патогенной семенной и почвенной инфекции должен основываться на результатах фитоэкспертизы семян и почвенных микологических анализов. Именно знание видового состава фитопатогенов на семенах и в почве позволяет определить доминирующие компоненты микоценоза и подобрать протравители с необходимым спектром действия. При этом эффективность протравителей определяется как действующим веществом, так и препаративной формой. В частности, инновационные формуляции микроэмульсия и суспомикроэмульсия обеспечивали наилучшие результаты. Все четыре испытуемых препарата с инновационными формуляциями МЭ и СМЭ (ПОЛАРИС, ПОЛАРИС КВАТРО, БЕНЕФИС СУПРИМ, ПРОТЕГО МАКС) проявляли наибольшую биологическую активность ко всем видам возбудителей. Из концентратов суспензий высокую биологическую активность по отношению ко всем возбудителям проявил препарат

Рис. 5. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Alternaria tenuissima* 48-10.

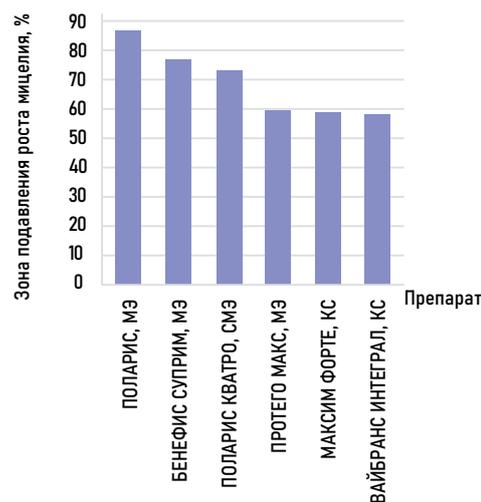
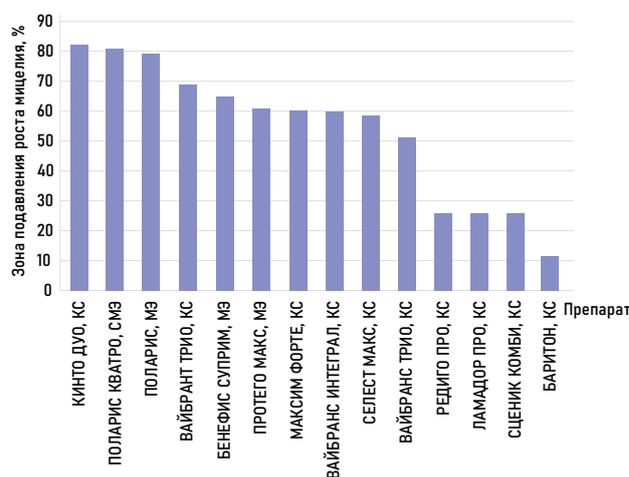


Рис. 6. Фунгицидная активность препаратов в отношении *Penicillium sp.* 126900



КИНТО ДУО, КС. Высокую начальную токсичность по отношению к *Microdochium nivale* обеспечивали препараты ВАЙБРАНС ТРИО, КС и ВАЙБРАНС ИНТЕГРАЛ, КС, которые формировали зону подавления роста мицелия в пределах 68,9% и 62,6%. БАРИТОН, КС и МАКСИМ ФОРТЕ, КС были высокоэффективны в борьбе с возбудителем *Fusarium oxysporum*.

Из препаратов инсектофунгицидного действия максимальной биологической активностью в отношении всех возбудителей обеспечил препарат фирмы АО «Щелково Агрохим» ПОЛАРИС КВАТРО, СМЭ, который задерживал рост мицелия (в зависимости от тестируемого объекта) на 72,9–89,6%. Остальные инсектофунгицидные протравители обладали разным спектром действия и различной биологической активностью по отношению к изучаемым возбудителям. Следовательно, при необходимости защиты всходов озимых колосовых культур от вредителей (хлебная жужелица, пшеничная муха, хлебные блошки) в осенний период выбор инсектофунгицидного протравителя зависит от видового состава патогенных микромицетов на семенах и в почве.

Л.А. Шадрина, доцент, канд. биол. наук,
А.А. Жаравина, магистрант
Кубанский государственный аграрный университет

УДК 631.95: 591.044

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120

И.М. Довлатов,
С.С. Юрочка,
Д.А. Благов ✉

Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Россия

✉ aspirantya2013@gmail.com

Поступила в редакцию:
20.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120

Igor M. Dovlatov,
Sergey S. Yurochka,
Dmitry A. Blagov ✉

Federal Scientific Agroengineering
Center VIM, Moscow, Russia

✉ aspirantya2013@gmail.com

Received by the editorial office:
20.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Анализ экспериментальных данных газового состава воздуха на животноводческой ферме

РЕЗЮМЕ

В статье приводятся исследования по концентрации вредных газов и движению воздушных потоков в животноводческом помещении. В связи с тем что сероводород крайне летуч, он хорошо подвержен удалению с помощью вентиляции, из-за этого в районе вытяжки можно наблюдать максимальные пики его концентрации. Для высоты 0,5 м она составила 1,66 мг/м³, для 1,5 м — 1,92 мг/м³, а на высоте 2 м концентрация достигла 1,8 мг/м³. Наибольшее количество углекислого газа локализуется в кормовом проходе. Это обусловлено тем, что животные большую часть времени располагаются по направлению в его сторону, а поскольку скот является главным источником диоксида углерода, так как большее количество выделяется при дыхании, то и основная локализация газа будет непосредственно в кормовом проходе. В области нахождения вентиляции концентрации CO₂ равны 1054 ppm, а в области без вентиляции — 1178 ppm. Установлены максимальные пики локализации аммиака, большинство из них располагаются в районе помещения, в котором находится вентиляционная система. Для высоты 0,5 м она составила 45,4 мг/м³, для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м концентрация достигла 44,4 мг/м³. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлены концентрации аммиака, равные 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно. Исследования показали, что пиковые значения газов находятся в области коровника, в которой располагается вентиляционная система. Также это зависит от свойства газов (более легкий будет быстрее достигать вентиляции).

Ключевые слова: коровы, аммиак, углекислый газ, газоанализатор, воздухообмен, концентрация

Для цитирования: Довлатов И.М., Юрочка С.С., Благов Д.А. Анализ экспериментальных данных газового состава воздуха на животноводческой ферме. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 116–120. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120>

© Довлатов И.М., Юрочка С.С., Благов Д.А.

Analysis of experimental data on the gas composition of air on a livestock farm

ABSTRACT

The article presents studies on the concentration of harmful gases and the movement of air flows in the livestock room. Due to the fact that hydrogen sulfide is extremely volatile, it is well susceptible to removal by ventilation, because of this, maximum peaks of its concentration can be observed in the exhaust area. For a height of 0.5 m, it was 1.66 mg/m³, for 1.5 m — 1.92 mg/m³, and at a height of 2 m, the concentration reached 1.8 mg/m³. The largest amount of carbon dioxide is localized in the feed passage. This is due to the fact that animals most of the time are located in the direction in his direction, and since cattle are the main source of carbon dioxide, since a larger amount is released during respiration, then the main localization of the gas will be directly in the feed passage. In the area of ventilation, CO₂ concentrations are equal to 1054 ppm, and in the area without ventilation — 1178 ppm. The maximum peaks of ammonia localization have been established, most of them are located in the area of the room in which the ventilation system is located. For a height of 0.5 m, it was 45.4 mg/m³, for 1.5 m — 43.6 mg/m³, and at a height of 2 m, the concentration reached 44.4 mg/m³. Ammonia concentrations equal to 27.3 mg/m³, 24.8 mg/m³ and 28.6 mg/m³, respectively, were detected at the aft passage, which is closer to the hood, at heights of 0.5 m, 1.5 m and 2 m. Above the feed table, which is located in the part of the cowshed without ventilation, indicators equal to 41.2 mg/m³, 48.7 mg/m³, 22 mg/m³ were found for a height of 0.5 m, 1.5 m and 2 m, respectively. Studies have shown that the peak values of gases are in the area of the cowshed, in which the ventilation system is located. It also depends on the properties of gases (lighter will reach ventilation faster).

Key words: cows, ammonia, carbon dioxide, gas analyzer, air exchange, concentration

For citation: Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Blagov D.A. Analysis of experimental data on the gas composition of air on a livestock farm. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 116–120 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-116-120>

© Dovlatov I.M., Yurochka S.S., Blagov D.A.

Введение/Introduction

Важнейшими аспектами животноводства (и скотоводства, в частности) являются мониторинг и контроль показателей параметров микроклимата [1]. Для осуществления данного процесса определены концентрации веществ (ПДК), которые при повседневном контакте¹ в течение длительного времени не вызывают патологических изменений в организме животных [2–4].

На сегодняшний день не существует универсальной методики по определению максимальных точек загазованности, а также отсутствуют методики по определению воздушных потоков. В связи с тем что при большой концентрации того или иного газа у коровы повышается стресс, ухудшается физиологическое состояние (вплоть до летального исхода). Известно, что при отсутствии нормирования потоков в зимний период значительно повышается риск заболеваний у крупного рогатого скота в связи с воздействием низких температур. В летний период не стоит пренебрегать данным аспектом, так как в жару увеличивается риск теплового удара и сухого воздуха в коровнике. Всё это значительно увеличивает стресс у животного и приводит к снижению молочной продуктивности до 35%. Падеж молодняка при несоблюдении вышеизложенных условий может достигать до 35% [5–8].

Цели исследований — разработка методики проведения эксперимента и апробация его на реальном животноводческом объекте с фуражным стадом.

Задачи, решаемые в исследовании:

- анализ современных методик проведения эксперимента по чистоте воздуха в животноводческих помещениях;
- разработка методики проведения исследования с сопроводительно-отчетной документацией;
- проведение исследования и выявление основных концентраций места скопления рассматриваемых газов.

Научная новизна исследования заключается в выявлении мест и высот максимальных величин скопления газов внутри животноводческого помещения. Установлены причины появления таких скопления и даны объяснения наблюдаемых явлений.

Материал и методы исследования / Material and methods

Период проведения исследования — ноябрь 2022 года.

В качестве площадки для проведения исследований по сбору натуральных данных был выбран типовой коровник привязного содержания ФГБУ «Опытная станция "Григорьевское"» (Ярославская обл., Ярославский р-н, с. Григорьевское) (рис. 1).

Изучались концентрация газа и движении воздушных потоков вдоль животного и у кормового стола, а также следующие параметры: H_2S (сероводород), mg/m^3 ; NH_3 (аммиак), mg/m^3 ; CO_2 (углекислый газ), mg/m^3 ; скорость движения воздуха, м/с; влажность, %. Для проведения замеров использовалась следующая приборная база: газоанализатор «Геолан-1П» (ООО «Сэфитем», г. Москва, Россия), Testo 400 (Testo SE&Co. KGaA, Германия), включающего комплект с зондом CO_2 , наличие зонда с крыльчаткой и анемометром — анализ скорости движения воздуха и анализ уровня CO_2 . Полученные значения внесены в таблицу 1.

На рисунке 1 представлена трехмерная модель области интереса исследования, а именно часть типового коровника с привязной технологией содержания.

Особенностью области замеров является построенная сеть, которая состоит из 3 высот, 6 точек ширины и 21 точки длины коровника. Данная сеть позволяет выявить области для проведения необходимых замеров. Применение сети облегчает процесс сбора показателей микроклимата в помещении. Анализируя данную сеть, можно предположить, что при разделении всей площади коровника характер протекания тех или иных явлений будет справедлив как в одной его части, так и в другой, что в свою очередь значительно экономит средства, затрачиваемые на сбор данных.

Фото фермы, где проходили исследования по проведению замеров газов, представлены на рисунке 2.

Таблица 1. Форма таблицы для внесения натуральных измерений

№ точки, время	Высота точки замера, м	H_2S (сероводород), mg/m^3	NH_3 (аммиак), mg/m^3	CO_2 (углекислый газ), mg/m^3	Скорость движения воздуха, м/с	Влажность, %
1	0,5					
	1,2					
	2,0					
2	0,5					
	1,2					
	2,0					

Рис. 1. Модель молочной фермы: 1 — коровы, 2 — вытяжка, 3 — точки измерений (сетка измерений)

Fig. 1. Dairy farm model: 1 — cows, 2 — hood, 3 — measurement points (measurement grid)

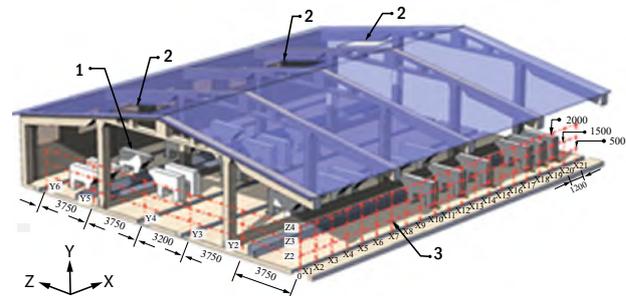


Рис. 2. Общий вид молочной фермы: А — со стороны прохода удаления навоза, Б — со стороны кормового стола

Fig. 2. General view of the dairy farm: А — from the side of the manure removal passage, В — from the side of the feed



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». <https://doi.org/10.37788/2020-4/143-151>

Полученные значения — в таблице 1, далее результаты сверили с допустимыми нормами газов в помещениях сельскохозяйственного назначения, где содержится крупный рогатый скот, по данным СНиП 2.10.03-84², СНиП 41-01-2003³, СНиП II⁴ и СНиП 2.04.05-91⁵.

Проверка параметров микроклимата осуществлялась в три временных промежутка: утром — с 5:00 до 7:00, вечером — с 16:00 до 18:00, ночью — с 23:00 до 1:00.

Сбор числовых параметров (массива данных) микроклимата осуществлялся в указанные временные промежутки (10 измерений), из которых впоследствии выдилось среднее значение по точке и регистрировалось в таблицу.

В соответствии с рекомендациями⁶ был выбран прямой метод измерения, который подразумевает сбор массива данных с помощью измеряемых величин, полученных со шкалы прибора, проградуированного в соответствующих единицах измерения. Повторность и время выдержки замера выбраны в соответствии с источником в части нахождения доверительного интервала.

Задача эксперимента — нахождение истинного значения X_0 физической величины, которое может быть найдено, если имеется генеральная совокупность всех значений искомой величины X . Однако в связи с тем, что количество наблюдений в выборке конечно, в опыте находят некоторое приближенное к X_0 значение X , называемое оценкой истинного значения, и указывают интервал, в который истинное значение X_0 попадает с заданной вероятностью P .

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum N_k x_k = \sum P_k x_k, \quad (1)$$

В качестве оценки истинного значения выбрано среднее арифметическое результатов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

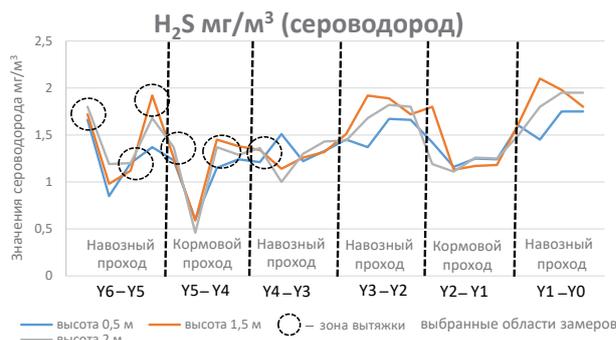
Результаты по газовому составу и скоростному напору воздуха подробно отражены на графиках (рис. 3–6). Стоит отметить, что во время эксперимента влажность и температура были условно одинаковыми. Это способствует качественному сбору данных в помещении, что повышает достоверность результатов.

График (рис. 3) построен по средним значениям замеров, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм.

Рис. 3. Содержание сероводорода
Fig. 3. Hydrogen sulfide content



Рис. 4. Содержание углекислого газа
Fig. 4. Carbon dioxide content



Исходя из данных, представленных на графике, можно утверждать, что основная концентрация сероводорода находится над навозным каналом. Явление обуславливается тем, что данный газ образуется в результате гниения и разложения, а среда, формирующаяся в навозном канале, этому способствует крайне благоприятно. В связи с тем что H₂S крайне летуч, он хорошо подвержен удалению с помощью вентиляции, из-за этого в районе вытяжки можно наблюдать максимальные пики его концентрации: для высоты 0,5 м — 1,66 мг/м³, для 1,5 м — 1,92 мг/м³, а на высоте 2 м достигла 1,8 мг/м³. На графике видна еще одна область с пиком максимальной концентрации сероводорода. В данной области не располагается вентиляционная система, вследствие чего наблюдаются скопление и застой газов, что пагубно влияет на физиологическое состояние и молочную продуктивность крупного рогатого скота. Для высоты 0,5 м концентрация составила 1,75 мг/м³, для 1,5 м — 2,1 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 1,95 мг/м³. Также наблюдается его наименьшая концентрация в кормовом проходе, это свидетельствует о том, что корма не залеживаются и не подвергаются гнилостным процессам. Это может говорить о высоком качестве кормов. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 1,24 мг/м³, 1,45 мг/м³ и 1,37 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, установлены значения, равные 1,42 мг/м³, 1,8 мг/м³, 1,26 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

График (рис. 4) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Основываясь на данных графика, можно сделать вывод, что наибольшее количество углекислого газа локализуется в кормовом проходе. Это обусловлено тем, что животные большую часть времени располагаются по направлению в его сторону, а поскольку скот является главным источником диоксида углерода, так как большее количество выделяется при дыхании, то и основная локализация газа будет непосредственно в кормовом проходе. Из-за того что вентиляционная система располагается только в одной части здания, существует проблема повышенного содержания CO₂ в районе кормового стола, находящегося в области с отсутствующей вентиляцией. В области нахождения вентиляции концентрация

² СНиП 2.10.03-84 Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения.

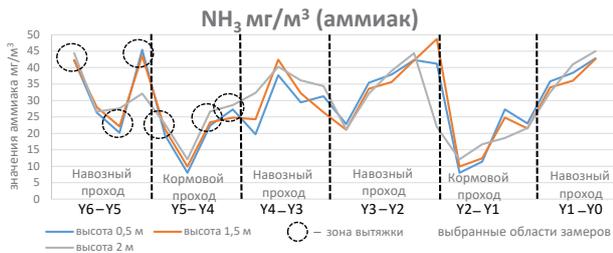
³ СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Разработаны Федеральным государственным унитарным предприятием «СантехНИИпроект» при участии Федерального государственного предприятия «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» / Приняты и введены в действие 01.01.2004 Постановлением Госстроя России от 26 июня 2003 г. № 115. Москва. 2004; 71.

⁴ СНиП II Генеральные планы сельскохозяйственных предприятий. Утверждены постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по делам строительства от 21 декабря 1976 г. № 219. Москва. 2005; 15.

⁵ СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

⁶ Морозов В.В. Методы обработки результатов физического эксперимента / В.В. Морозов, Б.Е. Сobotковский, И.Л. Шейнман. Учебное пособие. СПб.: Издательство СПбГЭТУ. «ЛЭТИ». 2004; 64.

Рис. 5. Содержание аммиака
Fig. 5. Ammonia content

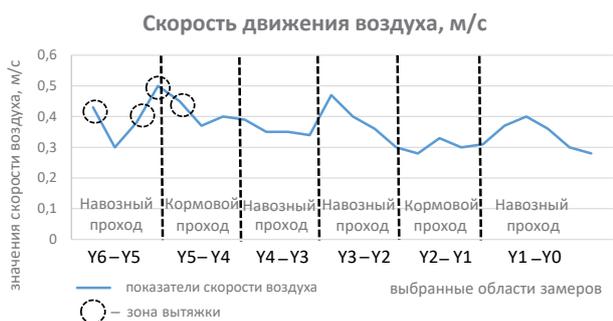


углекислого газа равна 1054 ppm, а в области без вентиляции — 1178 ppm. Данное явление отрицательно влияет на организм животных. Также были зафиксированы пиковые значения концентрации CO₂ в навозных приходах: рядом с вентиляцией — 906 ppm, а в противоположной части коровника — 1178 ppm. Это позволяет утверждать, что газовый состав в части коровника без вентиляции гораздо хуже по сравнению с областью, где располагается вентиляция.

График (рис. 5) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Представленные данные позволяют сделать вывод о высокой концентрации аммиака в навозных проходах. Это обусловлено природой образования данного газа, так как он образуется в результате разложения азотсодержащих веществ (в нашем случае — навозной смеси, находящейся в навозном канале). Также на графике отмечены максимальные пики локализации аммиака, большинство из них располагаются в районе помещения, в котором находится вентиляционная система. Для высоты 0,5 м концентрация составила 45,4 мг/м³, для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 44,4 мг/м³. Это позволяет утверждать, что именно благодаря удалению воздушных масс газ перемещается в систему и впоследствии удаляется. Стоит отметить, что есть область, в которой также наблюдается пик концентрации NH₃. Это участок помещения, где вентиляционная система отсутствует, вследствие чего там происходит скопление газов и ухудшен воздухообмен. Для высоты 0,5 м концентрация составила 42,8 мг/м³, для 1,5 м — 42,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 45 мг/м³. Также наблюдается его наименьшая концентрация в кормовом проходе, это свидетельствует о том, что корма не залеживаются и не подвергаются гнилостным процессам.

У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация аммиака, равная 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится

Рис. 6. Скорость движения воздуха
Fig. 6. Air speed



в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

График (рис. 6) построен по средним значениям измерений, произведенных на высоте 500 мм, 1500 мм, 2000 мм. Анализируя график, можно сделать вывод, что максимальный показатель скорости движения воздуха располагается возле вентиляционной системы и составляет 0,5 м/с. Это связано с тем, что вентиляционная система, затягивая воздух из помещения, увеличивает скорость его передвижения в пространстве. Наименьший показатель скорости наблюдается в наиболее отдаленной области, где нет вентиляционной системы. Скорость воздуха — 0,28 м/с.

Недостаточная скорость движения воздушных масс неспособна полностью обеспечить газообмен в помещении содержания, что может привести к снижению продуктивности и ухудшению здоровья животных⁷.

В результате были выявлены максимальные концентрации каждого из газов, информацию о которых собирали. Исследования показали, что пиковые значения газов находятся в области коровника, где располагается вентиляционная система. Также это зависит от свойства газов (более легкий будет быстрее достигать вентиляции).

Сероводород. Максимальные значения были установлены в навозном проходе: для высоты 0,5 м концентрация составила 1,66–1,75 мг/м³, для 1,5 м — 1,92–2,1 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 1,8–1,95 мг/м³.

Наименьшие показатели обнаружены у кормового прохода, который ближе к вытяжке на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 1,24 мг/м³, 1,45 мг/м³ и 1,37 мг/м³ соответственно.

Углекислый газ. Максимальные значения были установлены в области нахождения вентиляции, где концентрация составляла 1054 ppm (над кормовым столом). В области без вентиляции — 1178 ppm (над кормовым столом). Наименьшие показатели концентрации CO₂ были установлены в навозных приходах: рядом с вентиляцией — 906 ppm, а в противоположной части коровника — 1178 ppm.

Аммиак. Максимальные значения концентрации были установлены для высоты 0,5 м (45,4 мг/м³), для 1,5 м — 43,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 44,4 мг/м³ (в области вентиляции). В области без вентиляции для высоты 0,5 м концентрация составила 42,8 мг/м³, для 1,5 м — 42,6 мг/м³, а на высоте 2 м она достигла 45 мг/м³. Наименьшие показатели были выявлены в следующих зонах. У кормового прохода, который ближе к вытяжке, на высотах 0,5 м, 1,5 м и 2 м выявлена концентрация, равная 27,3 мг/м³, 24,8 мг/м³ и 28,6 мг/м³ соответственно. Над кормовым столом, который находится в части коровника без вентиляции, обнаружены показатели, равные 41,2 мг/м³, 48,7 мг/м³, 22 мг/м³ для высоты 0,5 м, 1,5 м и 2 м соответственно.

По скорости движения воздуха собраны следующие данные. Максимальное значение обнаружено возле вентиляции, которое составило 0,5 м/с, в связи с тем что принудительная вентиляция увеличивает скорость движения ближайших воздушных масс. Наименьшая скорость равняется 0,28 м/с — в противоположной части коровника от вентиляционной системы. Связано это с тем, что вентиляционная система не в состоянии воздействовать на отдаленные воздушные массы.

⁷ Федотова А.С. Гигиена воздушной среды животноводческих помещений: учебное пособие. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет. 2011; 186. EDN:UXZBFF

Выводы/Conclusion

Наибольшая концентрация аммиака зарегистрирована в области без вентиляции на высоте 2 м — 45 мг/м³ (в области навозного прохода), так как основными источниками данного газа являются отходы жизнедеятельности скота. Газ образуется в результате разложения данных отходов и выделения газов желудочно-кишечного тракта. Наивысшие значения сероводорода обнаружены на высоте 2 м (над навозным проходом), концентрация достигла 1,95 мг/м³. Это связано с тем, что H₂S образуется в результате гниения и разложения органических веществ, которыми являются каловые массы и моча, выделяемые животными. Максимальная концентрация углекислого газа локализуется в области кормового

стола со значением 1178 ppm. Основным источником этого газа — дыхательная система, то есть само животное. За счет того, что большую часть времени ротовая полость животного направлена в сторону еды, повышенная концентрация выдыхаемого диоксида углерода будет над кормовым столом. Также было замечено и объяснено выше, что повышенная концентрация наблюдалась в районе нахождения вентиляционной системы и ее отсутствия. Вызвано это тем, что в первом случае в систему осуществляется поступление воздушных потоков, а следовательно, и исследуемых газов, во втором случае это объясняется застоем воздушных масс и, как следствие, скоплением газа в области.

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. Щербakov П.Н., Степанова К.В., Бурков П.В., Ребезов М.Б., Шнякина Т.Н., Барзанова Е.Н. Механизм подавления синтеза токсичных газов и опосредованное их влияние на жизненные показатели организма животных при адаптивных технологиях выращивания. *Аграрная наука*. 2023; (2): 49–53. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-49-53>
2. Kostarev S., Kochetova O., Ivanova A., Sereda T. Project development of a «smart» premise system for pig keeping. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408029>
3. 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>
4. Иванов Ю.Г., Кирсанов В.В., Юрочка С.С. Исследования параметров микроклимата в зоостанции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. *Доклады ТСХА: Сборник статей*. М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2019; 291(5): 115–118. <https://www.elibrary.ru/ifyigh>
5. Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdрахманов Т. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <http://doi.org/10.31893/jabb.22030>
6. Lovarelli D., Riva E., Mattachini G., Guarino M., Provolo G. Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021; 52: 1229. <http://doi.org/10.4081/jae.2021.1229>
7. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839: 032030. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
8. Dovlatov I., Yuferev L., Pavkin D. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding. Vasant P., Zelinka I., Weber G.W. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2019 (ICO 2019)*. Springer Cham. 2020; 177–189. http://doi.org/10.1007/978-3-030-33585-4_18

ОБ АВТОРАХ:**Игорь Мамедьярович Довлатов,**

научный сотрудник, кандидат технических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия dovlatovim@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Сергей Сергеевич Юрочка,

старший научный сотрудник, кандидат технических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия yurochkasr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Дмитрий Андреевич Благов,

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, д. 5, Москва, 109428, Россия aspirantya2013@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

REFERENCES

1. Scherbakov P.N., Stepanova K.V., Burkov P.V., Rebezov M.B., Shnyakina T.N., Barzanova E.N. The mechanism of suppression of the synthesis of toxic gases and their indirect influence on the vital signs of the animal organism with adaptive growing technologies. *Agrarian science*. 2023; (2): 49–53. (In Russian) <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-367-2-49-53>
2. Kostarev S., Kochetova O., Ivanova A., Sereda T. Project development of a «smart» premise system for pig keeping. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408029>
3. 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>
4. Ivanov Yu.G., Kirsanov V.V., Yurochka S.S. Research of microclimate parameters in the zoo station of the RSAU-MTAA. *Doklady TSKhA. Collection of articles*. Moscow: Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2019; 291(5): 115–118 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ifyigh>
5. Assatbayeva G., Issabekova S., Uskenov R., Karymsakov T., Abdрахманов Т. Influence of microclimate on ketosis, mastitis and diseases of cow reproductive organs. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2022; 10(3): 2230. <http://doi.org/10.31893/jabb.22030>
6. Lovarelli D., Riva E., Mattachini G., Guarino M., Provolo G. Assessing the effect of barns structures and environmental conditions in dairy cattle farms monitored in Northern Italy. *Journal of Agricultural Engineering*. 2021; 52: 1229. <http://doi.org/10.4081/jae.2021.1229>
7. Kochetova O.V., Kostarev S.N., Tarnikova N.A., Sereda T.G. Development of microclimate control system in cattle barns for cattle housing in the Perm region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 839: 032030. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/839/3/032030>
8. Dovlatov I., Yuferev L., Pavkin D. Efficiency Optimization of Indoor Air Disinfection by Radiation Exposure for Poultry Breeding. Vasant P., Zelinka I., Weber G.W. (eds.). *Intelligent Computing and Optimization. Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Computing and Optimization 2019 (ICO 2019)*. Springer Cham. 2020; 177–189. http://doi.org/10.1007/978-3-030-33585-4_18

ABOUT THE AUTHORS:**Igor Mamedyarevich Dovlatov,**

Researcher, Candidate of Technical Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia dovlatovim@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3058-2446>

Sergei Sergeevich Yurochka,

Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia yurochkasr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2511-7526>

Dmitry Andreevich Blagov,

Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia aspirantya2013@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7826-5197>

УДК 631.171:62-503.57

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-121-128

А.В. Сибирёв¹,
Н.С. Панфёров¹,
А.Ю. Овчинников¹,
В.С. Тетерин¹, ✉
М.А. Мосяков¹,
С.В. Митрофанов²

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

✉ v.s.teterin@mail.ru

Поступила в редакцию:
16.02.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-121-128

Alexey V. Sibirev¹,
Nikolay S. Panfyorov¹,
Alexey Yu. Ovchinnikov¹,
Vladimir S. Teterin¹, ✉
Maxim A. Mosyakov¹,
Sergey V. Mitrofanov²

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

²National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Russia

✉ v.s.teterin@mail.ru

Received by the editorial office:
16.02.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Разработка системы автоматизированного контроля и управления тукосмесительной установки

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Применение комплексных многокомпонентных удобрений в некоторых случаях неоправданно экономически и зачастую может приводить к деградации почв. В таких случаях для обеспечения потребности растения в необходимых питательных элементах целесообразно применение тукосмесей с заданным количеством компонентов. Таким образом, для соблюдения точных пропорций компонентов создаваемой тукосмеси актуальной становится задача создания системы автоматизации, включающей в себя не только машину для тукоsmешивания с высоким коэффициентом неравномерности получаемой смеси, но и программный комплекс по определению компонентного состава тукосмеси в зависимости от условий хозяйства, а также автоматизированную систему весового контроля и управления дозирующими заслонками, работающими совместно.

Методы. Рассмотрены технологии производства тукосмесей, определены основные типы смешивания, используемые при их создании. Для реализации проекта по автоматизации процессов тукоsmешивания на разработанной технологической установке пользовались методами аналитического, сравнительного, информационно-логического анализа исходной информации.

Результаты. Получена система автоматизированного управления технологическим процессом тукоsmешивания на разработанной тукоsmесительной установке, позволяющая с помощью совместной работы всех входящих в нее компонентов рассчитывать необходимый состав и рецептуру тукосмеси, получать тукосмеси высокого качества за счет точного дозирования компонентов и их биологической модификации.

Ключевые слова: минеральные удобрения, точное земледелие, тукосмеси, тукоsmесительная установка, система автоматизации, микроконтроллерное оборудование, система дозирования

Для цитирования: Сибирёв А.В., Панфёров Н.С., Овчинников А.Ю., Тетерин В.С., Мосяков М.А., Митрофанов С.В. Разработка системы автоматизированного контроля и управления тукоsmесительной установки. *Аграрная наука.* 2023; 372(7): 121–128. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-121-128>

© Сибирёв А.В., Панфёров Н.С., Овчинников А.Ю., Тетерин В.С., Мосяков М.А., Митрофанов С.В.

Development of an automated control and management system for a fertilizer mixing plant

ABSTRACT

Relevance. The use of complex multicomponent fertilizers in some cases is unjustified economically and can often lead to soil degradation. In such cases, in order to ensure the plant's need for the necessary nutrients, it is advisable to use fertilizer mixtures with a given number of components. Thus, in order to comply with the exact proportions of the components of the created fertilizer mixture, the task of creating an automation system becomes urgent, which includes not only a machine for mixing with a high coefficient of unevenness of the resulting fertilizer mixture, but also a software package for determining the component composition of the fertilizer mixture depending on the conditions of the economy, as well as an automated system of weight control and control of metering dampers working together.

Methods. The technologies of production of flour mixtures are considered, the main types of mixing used in their creation are determined. To implement the project on automating the processes of flour mixing at the developed technological installation, the methods of analytical, comparative, information and logical analysis of the initial information were used.

Results. A system of automated control of the technological process of fertilizer mixture was obtained at the developed fertilizer mixture plant, which allows using the joint work of all components in it to calculate the necessary composition and formulation of the fertilizer mixture, to obtain high-quality fertilizer mixtures due to accurate dosing of components and their biological modification.

Key words: mineral fertilizers, precision agriculture, fertilizer mixture, fertilizer mixture plant, automation system, microcontroller equipment, dosing system

For citation: Sibirev A.V., Panfyorov N.S., Ovchinnikov A.Yu., Teterin V.S., Mosyakov M.A., Mitrofanov S.V. Development of an automated control and management system for a mixing plant. *Agrarian science.* 2023; 372(7): 121–128 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-121-128>

© Sibirev A.V., Panfyorov N.S., Ovchinnikov A.Yu., Teterin V.S., Mosyakov M.A., Mitrofanov S.V.

Введение / Introduction

Цифровизация и автоматизация уже прочно вошла в повседневную жизнь человека. Посредством телефона или компьютера можно управлять не только температурой и освещением в домах, но целыми предприятиями, в том числе сельскохозяйственными. Агроном может спрогнозировать урожайность и посчитать необходимое количество удобрений или пестицидов, опираясь на информацию, полученную с систем сбора и анализа данных, установленных на сельскохозяйственной технике, беспилотных летательных аппаратах и других источниках [1–3]. В свою очередь, при определении необходимой нормы внесения элементов питания агроном также должен сделать выбор, в каком виде он будет вносить их, будь то в составе сложных многокомпонентных удобрений или в виде тукосмесей.

Важно также учитывать, что производство удобрений и тукосмесей зачастую происходит на специализированных заводах, объемы которых способны обеспечить удобрениями целые регионы или даже страны. Однако иногда у сельхозтоваропроизводителя возникает потребность во внесении небольшого объема минеральных удобрений определенного состава, в связи с чем для решения подобной задачи он может обратиться к ближайшему поставщику удобрений с целью приобретения и последующего внесения комплексных минеральных удобрений с наиболее подходящим составом [4–6]. В данном случае у сельхозтоваропроизводителя могут возникнуть следующие сложности: чтобы заинтересовать поставщика или производителя комплексных минеральных удобрений, необходимо заказать большой их объем. Кроме того, использование комплексных минеральных удобрений не всегда целесообразно и способно приводить к засолению почвы в связи с избытком определенного питательного элемента в ней или в отсутствии потребности возделываемой культуры в данном элементе [7–10]. В связи с чем наиболее перспективным в подобной ситуации видится вариант использования тукосмесей. Они показывают высокую эффективность при внесении за счет точного соблюдения пропорции элементов питания, используя их, уменьшаются экологическая нагрузка на почву и ее засоление. Смеси получают, как правило, методом механического смешивания однокомпонентных гранулированных минеральных удобрений. Кроме того, с целью повышения биологической эффективности в процессе производства данная продукция подвергается различным методам биологической модификации [11–16].

Благодаря сбалансированности состава тукосмесей и присутствию в них биологически активных хелатных

комплексов они имеют ростостимулирующий эффект, при этом проявляют повышенную биологическую эффективность (коэффициент полезного использования 90–95% против традиционных 25–60% для минеральных (моноудобрений). Всё это позволяет снизить норму внесения минеральных удобрений, которая составляет порядка 400–600 кг/га, в то время как для тукосмесей — 100–200 кг/га, тем самым позволяя избежать деградации и засоления почв. Кроме того, составные части смеси легче хранить: они более устойчивы к слеживанию и менее гигроскопичны [17–21].

Цель исследования — разработать автоматизированную систему контроля и управления технологическими процессами, происходящими в тукосмесительной машине, а также программное обеспечение для соблюдения рецептуры создаваемой тукосмеси.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Для реализации проекта по автоматизации процессов тукосмешивания на разработанной технологической установке пользовались методами аналитического, сравнительного, информационно-логического анализа исходной информации. Предметом исследования являлось современное микроконтроллерное оборудование.

Для реализации части программного комплекса, отвечающего за расчет доз и состав тукосмесей, воспользовались ранее разработанной математической моделью, основанной на методе покоординатного спуска с оптимизацией длины шага (метод Гаусса — Зейделя) [22].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

На основе проведенного анализа существующих технологий и способов производства тукосмесей разработана конструкция тукосмесительной машины для сухого смешивания компонентов с возможностью их биологического обогащения жидкими или сухими модификаторами (рис. 1).

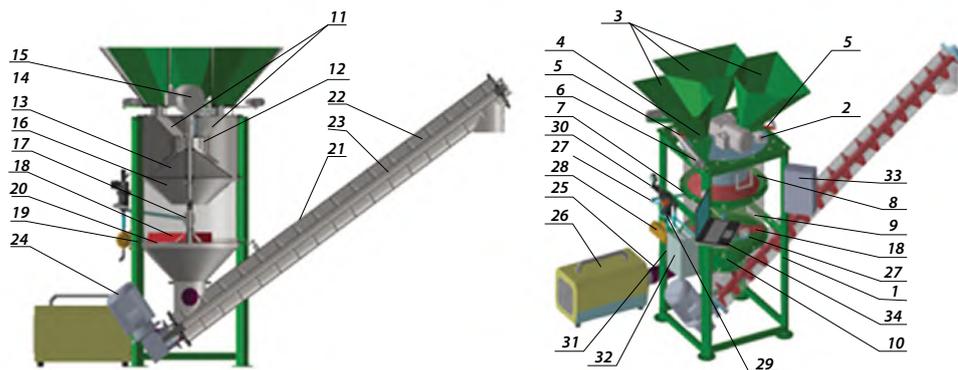


Рис. 1. Конструкция тукосмесительной установки с возможностью биологической модификации твердых минеральных удобрений: 1 — рама, 2 — тензодатчики, 3 — бункер, 4 — выгрузные окна, 5 — заслонка дозирующая, 6 — актуатор, 7 — корпус смесительного устройства, 8 — камера смешивания, 9 — камера биологической модификации, 10 — выгрузная камера, 11 — загрузные патрубки, 12 — делительная камера, 13 — конус (ротор), 14 — вал, 15 — электропривод, 16 — собирающая воронка, 17 — туманообразующие форсунки, 18 — лопастной смеситель, 19 — дно камеры биологической модификации, 20 — выгрузное отверстие, 21 — шнековый транспортер, 22 — корпус шнека, 23 — шнек, 24 — привод, 25 — гофрированный воздуховод, 26 — тепловая пушка, 27 — шланги, 28 — насос, 29 — фильтр, 30 — регулятор давления, 31 — шланги, 32 — емкость для биопрепаратов, 33 — распределительный щит, 34 — узел управления (ПК)

Fig. 1. Design of a fertilizer mixture plant with the capability of biological modification of solid mineral fertilizers: 1 — frame, 2 — load cells, 3 — hopper, 4 — discharge windows, 5 — metering flap, 6 — actuator, 7 — mixing device housing, 8 — mixing chamber, 9 — biological modification chamber, 10 — discharge chamber, 11 — loading nozzles, 12 — dividing chamber, 13 — cone (rotor), 14 — shaft, 15 — electric drive, 16 — collecting funnel, 17 — mist-forming nozzles, 18 — paddle mixer, 19 — bottom of the biological modification chamber, 20 — discharge hole, 21 — screw conveyor, 22 — screw body, 23 — screw, 24 — drive, 25 — corrugated air duct, 26 — heat gun, 27 — hoses, 28 — pump, 29 — filter, 30 — pressure regulator, 31 — hoses, 32 — container for biological products, 33 — switchboard, 34 — control unit (PC)

Данная конструкция была предложена исходя из соображений комбинирования нескольких методов смешения, в результате чего получаются смеси с наиболее оптимальным коэффициентом неравномерности, при этом разработанная тукосмесительная установка обладает низким энергопотреблением, имеет компактные размеры и оптимальную производительность, а также является легкой в обслуживании. Установка основана на гравитационном, центробежном, лопастном и шнековом (опционально) типах смешивания. Компоненты из бункеров (от 3 до 6 шт.) через выгрузные камеры с заслонками попадают в делительную камеру, а после — в камеру смешивания на поверхность вращающегося с частотой 60 об/мин конуса (ротора), что обеспечивает увеличение потока компонентов тукосмесей с поверхностью вращающегося конуса и, как следствие, центробежное смещение по спирали, при этом происходит минимальное разрушение компонентов тукосмеси. Далее под действием инерции (центробежной силы) и гравитации удобрения дополнительно смешиваются и сыплются в собирающую воронку (обратный конус), попадают в камеру биологической модификации, проходя через облако распыленных модификаторов, падают на дно камеры и с помощью лопастного смесителя через выгрузное отверстие сыплются в выгрузную камеру, к которой подключена тепловая пушка с потоком горячего воздуха. Далее тукосмесь выгружается в тару либо машину или попадает в шнек, где дополнительно перемешивается, подсушивается и выгружается. Однако, помимо надежной работоспособной конструкции, необходим не менее надежный интеллектуальный узел контроля и управления механизмами дозирования и смешивания.

С целью управления технологическими процессами, происходящими на тукосмесительной установке, была предложена и разработана автоматизированная система управления технологическими процессами тукосмешивания и биологической модификации минеральных удобрений с программным обеспечением.

В основу разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами было заложено современное микроконтроллерное оборудование, а именно отладочные платы следующих производителей и марок: Arduino Due на базе Cortex-M3, программируемый контроллер на базе ATmega 328, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) HX711.

Преимуществами выбранного микроконтроллерного оборудования являются высокая документированность, большое количество периферийных устройств ввода (вывода), простота в эксплуатации, широкий набор настроек и встроенных функций [23].

В качестве исполнительных механизмов были использованы следующие компоненты: тензометрический датчик Mavin NA2, линейный актуатор ЛАЗ-24-28-250-200ДХ с датчиком Холла, реле SRD, источник питания YIHUA 3005D-II.

Тензометрические датчики Mavin NA2 — это датчики, преобразующие величину деформации конструкции в электрический сигнал. Тензодатчик представляет собой металлическую конструкцию, внутри которой размещены резисторы с электрической схемой. Датчик имеет следующие характеристики: точность измерений — 0,02% R.O., материал корпуса — алюминий, номинальная нагрузка — 500 кг, класс защиты — IP66/IP67. Сам тензодатчик связан с корпусом тукосмесительной установки механическим способом. Как только изменяется вес на дозаторе (в бункере), корпус датчика

деформируется и усилие передается на встроенные тензорезисторы. Они, в свою очередь, создают электрический сигнал и передают его через АЦП на микроконтроллеры и далее на систему дозирования. Именно для преобразования электрического сигнала в цифровой и последующей его передачи на плату Arduino используется связка тензодатчиков Mavin NA2 и АЦП-микросхема HX711.

В качестве механизма воздействия на систему управления дозирующими заслонками выбирались линейные актуаторы ЛАЗ-24-28-250-200ДХ с датчиком Холла. Данные актуаторы представляют собой электродвигатель, редуктор и винт, интегрированные в единый исполнительный механизм компактного размера, оснащенный датчиками эффекта Холла. Актуаторы предназначены для линейного перемещения тяги заслонки с целью дозирования необходимого количества компонента минеральных удобрений и регулирования потока из соотношения требуемых пропорций компонентов тукосмеси. Выбранные линейные актуаторы имеют следующие основные характеристики: входное напряжение — 24 В постоянного тока, максимальная нагрузка на толкание (втягивание) — 250 Н, максимальная статическая нагрузка — 2500 Н, максимальная скорость без нагрузки — 27,6 мм/с, скорость при полной нагрузке — 23,5 мм/с, ход штока — 200 мм, максимальный ток — 1,6 А при 24 В постоянного тока, степень защиты IP — IP54, предустановленные концевые выключатели, рабочая температура окружающей среды — от -25 °С до +65 °С, обратная связь по сигналу позиционирования с датчиком эффекта Холла, сигнал позиционирования.

В качестве механизма изменения направления работы актуаторов в совокупности с микроконтроллерным оборудованием использовались реле SRD-05VDC-SL-C, имеющие следующие характеристики: ток питания обмотки — постоянный, классификация реле по начальному состоянию — моностабильное, поляризация — нейтральная, количество обмоток — 1, номинальное рабочее напряжение — 5 В, контактный набор — 1 переключатель, максимальный коммутируемый ток — 10 А, максимальное коммутируемое переменное напряжение — 125 В.

Для питания всей системы при разработке и лабораторных экспериментах был использован лабораторный источник питания YIHUA 3005D-II, имеющий следующие характеристики: выходное напряжение — 0–30 В; выходной ток — 0–3, 0–5 А; защита от короткого замыкания — есть; количество каналов — 2 независимых регулируемых и 1 фиксированный; питание — 100 В, 120 В, 220 В, 240 В; режимы работы — стабилизация тока, стабилизация напряжения; температурный диапазон — от -20 °С до +80 °С.

Средой разработки и реализации программного обеспечения для управления параллельным режимом работы контроллеров Arduino, а также для создания графического интерфейса взаимодействия с пользователем был выбран кросс-платформенный инструмент разработчика прикладного программного обеспечения QT. Среда QT была выбрана не случайно, так как имеет ряд преимуществ: быстрая многоуровневая разработка, кросс-платформенность, наличие слотов и сигналов, удобное межпроцессорное взаимодействие, переносимость на уровне исходного кода (Microsoft Windows, Linux, Android, IOS), хорошая документация. Для создания программного обеспечения управления контроллерами семейства Arduino была использована

на интегрированная среда разработки Arduino IDE.

Все компоненты исполнительного механизма системы контроля и управления технологическими процессами тукосмешивания и биологической модификации удобрений совместимы и в полной мере могут быть использованы для данных целей.

Так как используемое микроконтроллерное оборудование имеет одноплатную архитектуру и не имеет операционной системы, то работа микроконтроллеров подразумевает запрограммированную последовательность операций, то есть в определенный момент времени выполняется только одна команда, а по ее завершении микроконтроллер переходит к выполнению следующей. Всё происходит в строгой последовательности и зависит от исходной программы. Одна команда в один момент времени до момента окончания выполнения программы.

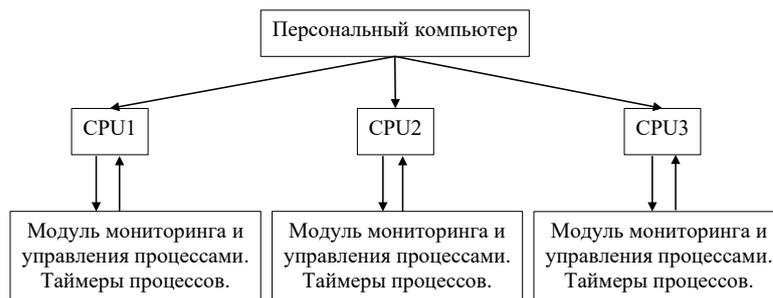
Важно отметить, что для функционирования данной тукосмесительной установки в полной мере необходимо, чтобы процессы по дозированию компонентов из бункеров начинались одновременно, то есть шли параллельно друг другу вне зависимости от количества того или иного компонента, поэтому в проекте автоматизированной системы управления технологическими процессами тукосмешивания и биологической модификации минеральных удобрений было принято решение использовать три микроконтроллера и разделить операции, выполняемые ими с помощью персонального компьютера, а также использовать таймеры для выполнения необходимых операций.

Используемые микроконтроллеры объединялись в систему с помощью специально выделенного протокола. Комбинирование микроконтрольного оборудования и персонального компьютера используется по следующей схеме:

- персональный компьютер является головным устройством, управляется микроконтроллерами с помощью системы параллельных потоков;
- микроконтроллеры в совокупности с тензорезистивными датчиками, реле управления и линейными актуаторами образуют автоматическую систему контроля веса компонентов модификации минеральных удобрений и управления заслонками бункеров установки биологической модификации минеральных удобрений. Схема работы автоматической системы представлена на рисунке 2. На схеме — предлагаемая автоматизированная система управления, использующая вариант параллельной работы микроконтроллеров, выполняющих одинаковую задачу по контролю веса компонентов тукосмеси и управлению заслонками бункеров тукосмесительной установки. Сплошная стрелка означает взаимодействие компонентов и модулей автоматической системы управления заслонками бункеров тукосмесительной установки в рамках процессов модификации минеральных

Рис. 2. Схема работы системы автоматического управления заслонками бункеров тукосмесительной установки

Fig. 2. Diagram of the operation of the automatic control system of the silo flaps of the fertilizer mixture plant



удобрений, штриховая стрелка указывает на использование данных модуля.

Разработанная система автоматического управления представлена на рисунке 3. Стоит заметить, что здесь представлена система для одного бункера, а в рамках создания тукосмесительной установки используются три бункера.

В рамках автоматизированной системы управления заслонками бункеров тукосмесительной установки было разработано программное обеспечение с использованием баз данных, которое устанавливается на персональный компьютер и позволяет управлять рассмотренными компонентами системы. Программный комплекс работает на базе ранее созданных математических моделей, основанных на методе покоординатного спуска с оптимизацией длины шага (метод Гаусса — Зейделя). Разработанный программный комплекс используется для расчета доз компонентов тукосмесей в зависимости от данных о вариабельности агрохимических показателей и планируемых к возделыванию культур. При запуске программы открывается стартовое диалоговое окно (рис. 4).

После выбора всех необходимых характеристик оператор нажимает на кнопку «Создать смесь». В результате программа выдает компонентный и пропорциональный состав тукосмеси. В свою очередь, при выборе ком-

Рис. 3. Система автоматического управления заслонками бункеров тукосмесительной установки: 1 — персональный компьютер, 2 — линейный актуатор, 3 — реле, 4 — контроллер Arduino Due, 5 — источник (блок) питания, 6 — тензометрический датчик, 7 — гири для калибровки тензометрического датчика, 8 — АЦП

Fig. 3. The system of automatic control of silo flaps of the fertilizer mixture plant: 1 — personal computer, 2 — linear actuator, 3 — relay, 4 — Arduino Due controller, 5 — power supply (unit), 6 — strain gauge, 7 — weights for calibration of strain gauge, 8 — ADC

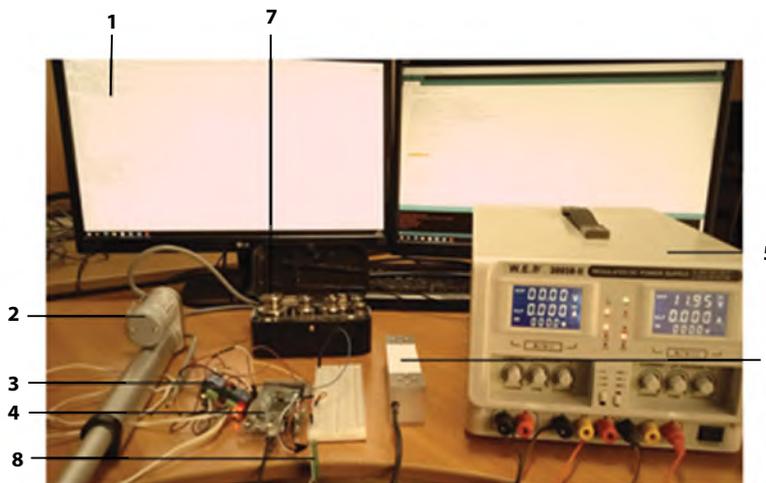


Рис. 4. Программный комплекс по расчету доз и состава тукосмесей и управления автоматизированной дозирующей системой тукосмесительной установки

Fig. 4. Software package for calculating the doses and composition of fertilizer mixture and control of the automated dosing system of the fertilizer mixture plant



понентов тукосмеси учитывается возможность их смешивания друг с другом (рис. 5).

В строках и столбцах таблицы перечислены отдельные удобрения разных типов, а на пересечении строк и столбцов обозначается возможность смешивания данной пары удобрений. Существует три варианта в контексте возможности смешивания пары: пару нельзя смешивать — 0, пару можно смешивать с ограничениями — 1, пару можно смешивать — 2.

Критерием проверки является результат, возвращаемый функцией $Mix()$ в виде числа 0, 1 или 2. Выбор результирующего значения осуществляется с помощью следующей формулы:

$$\begin{cases} < \Pi_i^n c_i = 0, R = 0 \\ 0 < \Pi_i^n c_i < 2^n, R = 1, \\ \Pi_i^n c_i = 2^n, R = 2 \end{cases} \quad (1)$$

где: R — результирующее значение; n — число таблиц попарной смешиваемости, задействованных в данной комбинации; i — текущая таблица смешиваемости; c_i — показатель смешиваемости выбранных компонентов текущей таблицы.

Чтобы определить возможность смешивания более чем двух удобрений, необходимо убедиться в смешиваемости всех выбранных удобрений между собой попарно. После осуществления проверки компоненты тукосмеси загружаются в бункеры, затем оператор нажимает кнопку «Смешать», производя тем самым запуск алгоритма программного обеспечения для автоматизированной системы управления заслонками бункеров тукосмесительной установки, блок-схема которого представлена на рисунке 6.

После запуска алгоритма происходит опрос про-

Рис. 5. Схема возможности смешивания удобрений: М — можно смешивать, Н — нельзя смешивать, У — условно можно смешивать (незадолго перед внесением)

Fig. 5. Scheme of the possibility of mixing fertilizers: M — can be mixed, H — can not be mixed, Y — conditionally can be mixed (shortly before application)

Удобрения	Азотные							Фосфорные						Калийные				Комплексные			
	Аммиачная селитра	Мочевина (карбамид)	Сульфат аммония	Известково-аммиачная	Натриевая селитра	Кальциевая селитра	Суперфосфат простой	Суперфосфат гранулир.	Суперфосфат двойной	Преципитат	Фосфоритная мука	Шлак фосфорный (мартековский)	Хлористый калий	Сульфат калия	Калийная соль	Сильвинит	Каинит	Аммофос	Нитрофоска	Диаммофос	
Азотные	Аммиачная селитра	М	Н	У	М	М	М	Н	У	У	У	У	Н	У	У	У	У	У	У	М	У
	Мочевина (карбамид)	Н	М	У	Н	У	У	Н	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
	Сульфат аммония	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	М	У	У
	Известково-аммиачная селитра	М	Н	У	М	М	М	Н	У	У	У	У	Н	У	У	У	У	У	У	М	У
	Натриевая селитра	М	У	У	М	М	М	У	У	У	У	У	У	У	М	У	У	У	У	М	У
	Кальциевая селитра	М	У	У	М	М	М	У	У	У	У	У	У	У	М	У	У	У	У	М	У
Фосфорные	Суперфосфат простой	Н	Н	М	Н	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	У	М	Н	М
	Суперфосфат гранулир.	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	У	М	
	Суперфосфат двойной	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	У	М	
	Преципитат	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	У	М	
	Фосфоритная мука	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	М	У	М	У	У	М	У	М	
	Шлак фосфорный (мартековский)	Н	У	Н	Н	У	У	Н	Н	Н	Н	М	У	М	У	У	У	Н	Н	Н	
Калийные	Хлористый калий	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	У	У	У	
	Сульфат калия	У	У	М	У	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	У	У	
	Калийная соль	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	У	У	У	
	Сильвинит	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	У	У	У	
Комплексные	Каинит	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	М	М	М	М	У	У	У	
	Аммофос	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	М	М	
	Нитрофоска	М	У	М	М	М	М	Н	У	У	У	У	Н	У	У	У	У	М	М	М	
Диаммофос	У	У	М	У	У	У	М	М	М	М	М	Н	У	М	У	У	М	М	М		

граммного комплекса по расчету доз и состава тукосмеси, определяются ее состав и необходимый объем производства. Следующим шагом система инициализирует работу компонентов автоматизации и определяет количество задействованных бункеров и, соответственно, COM-портов для работы установки согласно исходному заданию. После инициализации и обмена информацией система отправляет данные на управляющий порт и формирует таймеры работы микроконтроллеров Arduino. Затем в процессе работы осуществляются контроль и коррекция подачи необходимой массы каждого из компонентов $M_{\text{треб.}}$, а также скорости высыпания из бункера $V_{\text{треб.}}$, исходя из требуемых пропорций тукосмеси. Для этого на каждый COM-порт каждую секунду отправляется сигнал об открытии заслонки на требуемое сечение и производится опрос тензометрических датчиков с целью контроля массы высыпавшихся и оставшихся в бункере удобрений. Как только значение скорости высыпавшихся и оставшихся в бункере удобрений приближается к $V_{\text{треб.}}$ и массы $M_{\text{треб.}}$, происходит корректировка положения дозирующих заслонок, при $V_{\text{треб.}} > V_{\text{текущ.}}$ и $M_{\text{треб.}} > M_{\text{текущ.}}$ происходит дальнейшее открытие заслонок. Если же значения одного из параметров $M_{\text{треб.}}$ или $V_{\text{треб.}}$ равны или превышают текущие значения данных параметров, то система отправляет сигнал на остановку или закрытие заслонок.

С целью определения качества смешивания тукосмесительной установки под управлением разработанного программного комплекса был поставлен лабораторный эксперимент по созданию тукосмеси с заранее установленными параметрами. Для проведения эксперимента были выбраны и предварительно окрашены (для лучшего распознавания) следующие удобрения: аммонийный суперфосфат (белый), сульфат аммония (синий) и сульфат калия (красный).

Далее, используя операторский интерфейс, выбиралось соотношение компонентов тукосмеси, которое в эксперименте составляло 1:1:1, 1:2:1, 1:1:2 и 2:1:1, после чего производился запуск программы смешивания. В результате этого система дозирования открывала дозирующие заслонки на заданную величину. Полученная тукосмесь через выгрузную камеру поступала в специально подготов-

Рис. 6. Блок-схема разработанного программного обеспечения для управления системой автоматизации

Fig. 6. Block diagram of the developed software for controlling the automation system

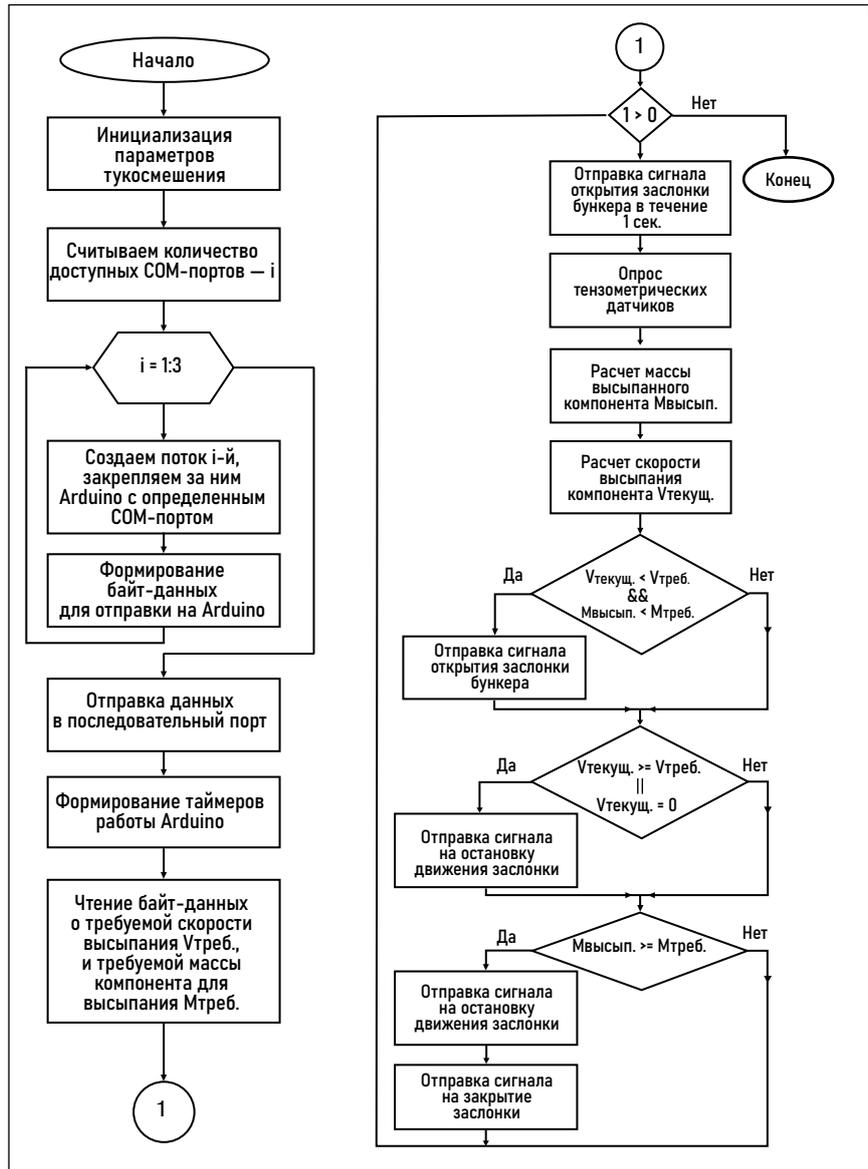


Рис. 7. Взвешивание отсортированных компонентов тукосмеси. Фото автора

Fig. 7. Weighing of sorted components of the fertilizer mixture. Photo of the author



ленную емкость, из которой на разных уровнях отбиралось по пять проб объемом 100 мл, затем производилась сортировка компонентов и взвешивание на весах САРТОГОСМ ВЛТ 150-П, тем самым определялась доля каждого компонента в пробе.

В результате для каждой из повторности опыта был рассчитан коэффициент неравномерности смеси, кото-

рый варьировался от 5,27 до 7,64. Полученные результаты показывают, что использование тукосмесительной установки с разработанным программным комплексом по расчету доз, составу тукосмесей и управлению автоматизированной дозирующей системой позволяет производить тукосмеси с заданным соотношением элементов питания с высокой точностью.

Выводы / Conclusion

В ходе исследований были определены основные компоненты системы автоматического управления тукосмесительной установки. На основе выбранных компонентов были разработаны конструкция дозирующей системы и программный комплекс для ее управления,

который позволяет создавать тукосмеси на основе потребностей хозяйства, а также с учетом возможности смешивания имеющихся компонентов, осуществляя проверку по заданному критерию, тем самым предотвращая возникновение ошибок со стороны оператора тукосмесительной установки.

Предложенная система автоматизации технологического процесса разработанной тукосмесительной установки позволяет получать тукосмеси с заданным соотношением входящих в нее компонентов за счет точного весового дозирования и автоматизированного управления заслонками, что подтверждается достаточно низким коэффициентом неравномерности, варьирующимся от 5,27 до 7,64.

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. Федоренко В.Ф. и др. Оценка внутриполевой неоднородности почвенного покрова для технологической координатной земледелия. *Техника и оборудование для села*. 2017; (9): 2–6. <https://elibrary.ru/zhjxel>
2. Бельх С.А., Личман Г.И., Марченко А.Н. Метод составления карт-заданий для дифференцированного внесения органо-минеральных удобрений. *Международная агроинженерия*. 2016; (4): 15–20. <https://elibrary.ru/zuezxh>
3. Личман Г.И., Смирнов И.Г., Личман А.А., Беленков А.И. Цифровое земледелие (Digital Farming) — преемник точного (Precision Farming). *Фермер. Поволжье*. 2017; (11): 40–45. <https://elibrary.ru/tetmup>
4. Тетерин В.С., Гапеева Н.Н., Митрофанов С.В., Панферов Н.С., Гайбарян М.А. Способ производства комплексных органо-минеральных удобрений и технологическая линия для его осуществления. *Вестник Рязанского государственного агроинженерного университета им. П.А. Костычева*. 2019; (4): 114–119. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2019.50.20.020>
5. Shemyakin A.V., Borychev S.N., Uspenskiy I.A., Andreev K.P., Terentyev V.V. Improvement of the technological process of surface application of mineral fertilizers. *BIO Web of Conferences*. 2020; 17: 00192. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700192>
6. Личман Г.И., Личман А.А. Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных машин. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017; (5): 16–21. <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-5-16-21>
7. Панферов Н.С., Тетерин В.С., Митрофанов С.В., Благов Д.А., Пехнов С.А., Сухорук Д.Г. Тенденции развития машин с центробежными рабочими органами для поверхностного внесения твердых минеральных удобрений. *Техника и оборудование для села*. 2021; (12): 18–24. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-12-18-24>
8. Li Z.X., Chi F.Q., Zhang J.M., Kuang E.J., Su Q.R. Effects of Long-Term Localized Fertilization on Nutrient Balance and Dynamic Change of Hu Molecular Structure in Black Soil. *Spectroscopy and spectral analysis*. 2018; 38(12): 3875–3882. [http://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2018\)12-3875-08](http://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2018)12-3875-08)
9. Romanenkov V., Belichenko M., Petrova A., Raskatova T., Jahn G., Krasilnikov P. Soil organic carbon dynamics in long-term experiments with mineral and organic fertilizers in Russia. *Geoderma Regional*. 2019; 17: e00221. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00221>
10. Zhang X. et al. Responses of absolute and specific soil enzyme activities to long term additions of organic and mineral fertilizer. *Science of The Total Environment*. 2015; 536: 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.043>
11. Туркин В.Н., Комягин А.С. Оптимизация применения минеральных и биологизированных удобрений с использованием тукосмесительных машин нового поколения. *Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-й Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России*. Рязань: Рязанский государственный агроинженерный университет им. П.А. Костычева. 2017; 2: 350–354. <https://elibrary.ru/zgdwrl>
12. Хошимов А.А., Сейтназаров А.Р., Тожиев Р.Р., Турдалиев У.М., Номозов Ш.Ю. Активация кызылкумской фосфоритной муки в присутствии азотно-фосфорного серосодержащего удобрения — супрефоса-NS. *Universum: технические науки*. 2021; (5): 35–39. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.86.5.11732>
13. Гайбарян М.А., Сидоркин В.И., Гапеева Н.Н. Оптимизация структурного построения технологического процесса тукосмешения и биомодификации твердых минеральных. *Техника и оборудование для села*. 2021; (10): 17–22. <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-10-17-22>
14. Сковородников П.В., Черепанова М.В. Особенности процесса гранулирования органо-минеральных удобрений методом. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2019; 330(9): 51–59. <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/9/2255>

REFERENCES

1. Fedorenko V.F. et al. Estimation of soil cover non-uniformity in field conditions for coordinate farming technologies. *Machinery and equipment for rural area*. 2017; (9): 2–6 (In Russian). <https://elibrary.ru/zhjxel>
2. Belih S.A., Leachman G.I., Marchenko A.N. Method of card job introduction to differential organic and mineral fertilizers. *International Agroengineering*. 2016; (4): 15–20 (In Russian). <https://elibrary.ru/zuezxh>
3. Lichman G.I., Smirnov I.G., Lichman A.A., Belenkov A.I. Digital farming is the successor of Precision Farming. *Fermer. Povolzh'e*. 2017; (11): 40–45 (In Russian). <https://elibrary.ru/tetmup>
4. Tetherin V.S., Gapeeva N.N., Mitrofanov S.V., Panforyov N.S., Gaybaryan M.A. Method and process line for producing complex organomineral fertilizers. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2019; (4): 114–119 (In Russian). <https://doi.org/10.36508/RSATU.2019.50.20.020>
5. Shemyakin A.V., Borychev S.N., Uspenskiy I.A., Andreev K.P., Terentyev V.V. Improvement of the technological process of surface application of mineral fertilizers. *BIO Web of Conferences*. 2020; 17: 00192. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700192>
6. Lichman G.I., Lichman A.A. Assessment of influence of fertilization quality on crop yield. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2017; (5): 16–21 (In Russian). <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-5-16-21>
7. Panferov N.S., Teterin V.S., Mitrofanov S.V., Blagov D.A., Pekhnov S.A., Sukhorukov D.G. Trends in the Development of Machines Fitted with Centrifugal Working Bodies for Surface Application of Solid Mineral Fertilizers. *Machinery and equipment for rural area*. 2021; (12): 18–24 (In Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-12-18-24>
8. Li Z.X., Chi F.Q., Zhang J.M., Kuang E.J., Su Q.R. Effects of Long-Term Localized Fertilization on Nutrient Balance and Dynamic Change of Hu Molecular Structure in Black Soil. *Spectroscopy and spectral analysis*. 2018; 38(12): 3875–3882. [http://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2018\)12-3875-08](http://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2018)12-3875-08)
9. Romanenkov V., Belichenko M., Petrova A., Raskatova T., Jahn G., Krasilnikov P. Soil organic carbon dynamics in long-term experiments with mineral and organic fertilizers in Russia. *Geoderma Regional*. 2019; 17: e00221. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00221>
10. Zhang X. et al. Responses of absolute and specific soil enzyme activities to long term additions of organic and mineral fertilizer. *Science of The Total Environment*. 2015; 536: 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.043>
11. Turkin V.N., Komyagin A.S. Optimization of the use of mineral and biologized fertilizers using a new generation of fertilizer mixing machines. *Principles and technologies of greening production in agriculture, forestry and fisheries. Proceedings of the 68th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Ecology in Russia*. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2017; 2: 350–354 (In Russian). <https://elibrary.ru/zgdwrl>
12. Khoshimov A., Seytnazarov A., Tozhiev R., Turdaliev U., Nomozov S. Activation of Kyzylkum phosphorite flour in the presence of nitrogen-phosphorus-sulfur-containing fertilizer — Suprefos-NS. *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2021; (5): 35–39 (In Russian). <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.86.5.11732>
13. Gaibaryan M.A., Sidorkin V.I., Gapeeva N.N. Optimization of the Structural Design of the Process of Fertilizer Mixing and Biomodification of Solid Mineral Fertilizers. *Machinery and equipment for rural area*. 2021; (10): 17–22 (In Russian). <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2021-10-17-22>
14. Skovorodnikov P.V., Cherepanova M.V. Peculiarities of organomineral fertilizer granulation by the pelletizing method. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2019; 330(9): 51–59 (In Russian). <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/9/2255>

15. Мунин Д.А., Черепанова М.В., Пойлов В.З., Подтынова А.С. Способ получения агломерированного флотационного хлористого калия. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. 2019; (4): 87–97. <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2019.4.08>

16. Жантасов К.Т., Зият А.Ж., Жуматаева С.Б., Сарыпбекова Н.К., Жантасов М.К. Инновационная технология получения тукоsmеси из отходов различных производств, природного вермикулита и фосфогипса. *Научное наследие*. 2021; (78): 17–24. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-17-24>

17. Сафиоллин Ф.Н., Каримов А.З. Оптимизация минерального питания гибридов ярового рапса Сальса и Хантер для получения запланированных урожаев на темно-серых лесных почвах Республики Татарстан. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2015; 10(1): 120–122. <https://elibrary.ru/twnjkw>

18. Кузмичева Ю.В., Тychинская И.Л., Петрова С.Н., Парахин Н.В. Эффективность интродукции АЦК-утилизующих ризобактерий в агроценозы сои в условиях Орловской области. *Сельскохозяйственная биология*. 2015; 50(3): 377–383. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.3.377rus>

19. Жантасов К.Т. и др. Исследование получения тукоsmеси на основе отходов доломитизированного фосфатного сырья, золы ТЭЦ и угледобычи. *Успехи современной естественной науки*. 2022; (2): 60–65. <https://doi.org/10.17513/use.37779>

20. Хисматуллин М.М., Сафиоллин Ф.Н., Сошнева С.В., Сайфутдинов А.Д. Биоэнергетические показатели применения минеральных удобрений в виде тукоsmесей на люцерновых агроценозах в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. *Актуальные проблемы и достижения в сельскохозяйственных науках. Сборник научных трудов по итогам Международной научно-практической конференции*. Самара. 2016; 3: 6–8. <https://elibrary.ru/vygrohl>

21. Белоусов И.Е., Кремзин Н.М. Эффективность применения полиэлементных тукоsmесей в рисоводстве. *Достижения науки и техники АПК*. 2016; 30(8): 40, 41. <https://elibrary.ru/wjztnl>

22. Митрофанов С.В., Новиков Н.Н., Никитин В.С., Благов Д.А., Панферов Н.С., Бельх С.А. Математические модели по рациональному расчету доз минеральных удобрений. *Наука в Центральной России*. 2019; (2): 71–77. <https://elibrary.ru/zzamqx>

23. Панферов Н.С., Пестряков Е.В., Митрофанов С.В., Тетерин В.С., Сухорук Д.Г., Благов Д.А. Микроконтроллерное оборудование в сельскохозяйственном производстве. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2020; (3): 211–216. <https://elibrary.ru/xwtwyp>

15. Munin D.A., Cherepanova M.V., Poilov V.Z., Podtynova A.S. Producing method agglomerated flotation potassium chloride. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical Technology and Biotechnology*. 2019; (4): 87–97 (In Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9400/2019.4.08>

16. Zhantassov K., Ziyat A., Zhumatayeva S., Sarypbekova N., Zhantassov M. Innovative technology for the production of flour mixtures from waste from various industries, natural vermiculite and phosphogypsum. *The Scientific Heritage*. 2021; (78): 17–24 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-17-24>

17. Safiollin F., Karimov A. Optimization of mineral supply for Salsa and Hunter hybrids of spring rape for planned productivity on dark gray forest soil of the Republic of Tatarstan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2015; 10(1): 120–122 (In Russian). <https://elibrary.ru/twnjkw>

18. Kuzmicheva Yu.V., Tychinskaya I.L., Petrova S.N., Parakhin N.V. Efficiency of introduction of acc-utilizing rhizobacteria in soybean agroecosystems in the Orel region. *Agricultural Biology*. 2015; 50(3): 377–383 (In Russian). <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.3.377rus>

19. Zhantassov K.T. et al. Study of obtaining a fertilizer mixture on the basis of waste of dolomitized phosphate raw materials, ash of TPP and coal mining. *Advances in current natural sciences*. 2022; (2): 60–65 (In Russian). <https://doi.org/10.17513/use.37779>

20. Hismatullin M.M., Safiollin F.N., Sochneva S.V., Saifutdinov A.D. Bioenergy indicators of mineral fertilizer in the form to fertilizer mixtures alfalfa agroecosystems the soil and climate conditions of Republic Tatarstan. *Actual problems and achievements in agricultural sciences. Collection of scientific papers on the results of the International scientific and practical conference*. Samara. 2016; 3: 6–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/vygrohl>

21. Belousov I.E., Karamzin N.M. Efficiency of polyelement fertilizer mixtures in rice growing. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016; 30(8): 40, 41 (In Russian). <https://elibrary.ru/wjztnl>

22. Mitrofanov S.V., Novikov N.N., Nikitin V.S., Blagov D.A., Panferov N.S., Belykh S.A. Mathematical models on rational calculation of dose of mineral fertilizers. *Science in the Central Russia*. 2019; (2): 71–77 (In Russian). <https://elibrary.ru/zzamqx>

23. Panfyorov N.S., Pestryakov E.V., Mitrofanov S.V., Teterin V.S., Sukhoruk D.G., Blagov D.A. The use of microcontroller-based equipment in agricultural production. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; (3): 211–216 (In Russian). <https://elibrary.ru/xwtwyp>

ОБ АВТОРАХ:

Алексей Викторович Сибирёв,

доктор технических наук,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
sibirev2011@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>

Николай Сергеевич Панфёров,

кандидат технических наук,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
nikolaj-panfyorov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7431-7834>

Алексей Юрьевич Овчинников,

кандидат технических наук,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
aleksovchinn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>

Владимир Сергеевич Тетерин,

кандидат технических наук,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
v.s.teterin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>

Максим Александрович Мосьяков,

кандидат технических наук,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
Maks.Mosyakov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>

Сергей Владимирович Митрофанов,

кандидат сельскохозяйственных наук,
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»,
Покровский бульвар, 11, Москва, 109028, Россия
79537421084@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

ABOUT THE AUTHORS:

Alexey Viktorovich Sibirev,

Doctor of technical sciences,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
sibirev2011@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9442-2276>

Nikolay Sergeevich Panferov,

candidate of technical sciences,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
nikolaj-panfyorov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7431-7834>

Alexey Yuryevich Ovchinnikov,

candidate of technical sciences,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
aleksovchinn@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2188-1527>

Vladimir Sergeevich Teterin,

candidate of technical sciences,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
v.s.teterin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8116-723X>

Maxim Alexandrovich Mosyakov,

candidate of technical sciences,
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
Maks.Mosyakov@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5151-7312>

Sergey Vladimirovich Mitrofanov,

candidate of agricultural sciences,
National Research University «Higher School of Economics»,
11 Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russia
79537421084@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

УДК633.522:631.352.5

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-129-133

Р.А. Ростовцев,
Р.А. Попов, ✉
Е.М. Пучков

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ r.popov@fncl.ru

Поступила в редакцию:
07.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-129-133

Roman A. Rostovtsev,
Roman A. Popov, ✉
Evgeniy M. Puchkov

Federal Research Center of Fibre Crops,
Tver, Russia

✉ r.popov@fncl.ru

Received by the editorial office:
07.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Инновационный способ уборки технической конопли и схема многофункционального агрегата для его осуществления

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Техническая (безнаркотическая) конопля возделывается на семена, волокно и двустороннее использование (семена + волокно), поэтому для ее уборки применяются различные технологии и технические средства. Технологии уборки требуют использования специализированной высокопроизводительной техники, способной выполнять за один проход несколько технологических операций. Процесс осложнен высотой растений, достигающих к моменту уборки в среднем 2–3 м, а также строением стеблей, имеющих волокнистую структуру и древесную составляющую. Анализ показал, что в настоящее время отсутствуют отечественные машины, способные выполнять уборку технической конопли с очесом на корню и сохранением технической длины стебля. Это послужило основой для разработки нового способа уборки и схемы агрегата для его осуществления.

Методы. Использован широкий спектр научных исследований в области выращивания, уборки и переработки технической конопли. Применен принцип соответствия разработанного способа и схемы агрегата для уборки научно-техническому уровню по совокупности показателей надежности и качества выполнения технологического процесса, экологичности и безопасности производства, быстрой смены рабочих органов, патентной защищенностью.

Результаты. Разработан инновационный способ уборки технической конопли с очесом семенных метелок на корню и сохранением технической длины стебля. Предложена конструктивно-технологическая схема многофункционального агрегата для реализации способа на базе отечественного зерноуборочного комбайна, агрегируемого с адаптерами для сбора семян конопли и срезания очесанных стеблей. Ожидается, что разработанный способ позволит повысить производительность уборки до 30%, качество обмолота — до 95%, чистоту семян — до 50%, улучшить качество конопляной тресты до одного сортомера, получить первично очищенные семена, а также конопляную тресту для производства длинного пеньковолокна и костры.

Ключевые слова: техническая конопля, технологии уборки, способ, многофункциональный агрегат, семена, стебли, треста, пеньковолокно

Для цитирования: Ростовцев Р.А., Попов Р.А., Пучков Е.М. Инновационный способ уборки технической конопли и схема многофункционального агрегата для его осуществления. *Аграрная наука.* 2023; 372(7): 129–133. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-129-133>

© Ростовцев Р.А., Попов Р.А., Пучков Е.М.

An innovative technical hemp harvesting method and a diagram of a multifunctional unit for its implementation

ABSTRACT

Relevance. Technical (drug-free) hemp is cultivated for seeds, for fiber and for bilateral use (seeds + fiber), so various technologies and technical means are used for its harvesting. Harvesting technologies require the use of specialized high-performance equipment capable of performing several technological operations in one pass. The process is complicated by the height of the plants, reaching an average of 2–3 m by the time of harvest, as well as the structure of the stems, which have a fibrous structure and a woody component. The analysis showed that at present there are no domestic machines capable of harvesting industrial hemp with lint on the vine and maintaining the technical length of the stems. This served as the basis for the development of a new method of harvesting and the scheme of the unit for its implementation.

Methods. A wide range of scientific research in the field of cultivation, harvesting and processing of technical cannabis has been used. The principle of compliance of the developed method and scheme of the harvesting unit with the scientific and technical level is applied in terms of the totality of indicators of reliability and quality of the technological process, environmental friendliness and production safety, quick change of working bodies, patent protection.

Results. An innovative method of harvesting technical hemp has been developed with the removal of seed panicles at the root and the preservation of the technical length of the stem. A structural-technological scheme of a multifunctional unit for implementing the method based on a domestic combine harvester, aggregated with adapters for collecting the seed part of hemp and cutting the combed stalks is proposed. It is expected that the developed method will increase harvesting productivity up to 30%, threshing quality up to 95% and seed purity up to 50%, improve the quality of hemp trusts to one variety number, obtain primary cleaned seeds, as well as hemp weed for the production of long hemp fiber and bonfires.

Key words: technical hemp, harvesting technologies, method, multifunctional unit, seeds, stems, straws, hemp fiber

For citation: Rostovtsev R.A., Popov R.A., Puchkov E.M. An innovative technical hemp harvesting method and a diagram of a multifunctional unit for its implementation. *Agrarian science.* 2023; 372(7): 129–133 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-129-133>

© Rostovtsev R.A., Popov R.A., Puchkov E.M.

Введение/Introduction

Посевная (техническая) конопля (*Cannabis sativa* L.) — стратегическая сельскохозяйственная культура с огромным бизнес-потенциалом, являющаяся источником самого прочного лубяного волокна и ценным сырьем для производства пищевой и иной разнообразной продукции во многих отраслях экономики. Особую ценность культуры представляют конопляное волокно (пенька), целлюлоза и масло семян конопли [1, 2].

Посевная площадь технической конопли в России в 2022 году составила 14,3 тыс. га, или 108,7%, к уровню 2021 г., что обусловлено расширением географии выращивания культуры и возрастающим спросом на натуральную и экологически чистую продукцию, в том числе из технической конопли¹.

С учетом природно-климатических условий и направлений хозяйственного использования техническая конопля возделывается на семена, волокно, а также двусторонне (семена + волокно), поэтому для ее уборки применяются различные технологии и технические средства. Вместе с тем механизация уборочных работ является одной из главных проблем в коноплеводстве, что обусловлено необходимостью сбора семян и срезанием высокорослых волокнистых стеблей, обладающих в период технической спелости повышенной прочностью. Кроме того, технологии уборки тесно связаны с последующими операциями приготовления тресты, переработки семян и стеблевой массы, отделения волокна от древесной части и т. п.

Анализ различных технологий уборки технической конопли [3, 4]² показал, что на сегодняшний день отсутствуют отечественные машины, способные осуществлять уборку культуры по всем трем направлениям ее возделывания, в том числе с очесом стеблей на корню и сохранением полной технической длины стебля для получения длинного пеньковолокна. Наиболее распространенная в настоящее время (в том числе за рубежом) технология уборки конопли зерноуборочными комбайнами [5–9] имеет ряд недостатков. После сбора семян в поле остается нескошенный стеблевой различной высоты (до 1,5 м). Это значительно затягивает сроки уборки, переходящие с осени одного года на весну следующего, и не позволяет производить осеннюю обработку почвы и посев озимых культур, что является проблемой для большинства хозяйств. При весеннем сборе стеблей уже в виде готовой тресты образуется хаотично разбросанная масса из обломков стеблей различной длины и ориентации, сцепленных и спутанных между собой, что весьма затрудняет их подбор, прессование и дальнейшую переработку. Возникает необходимость дополнительной операции прикатывания тресты перед подбором.

Адаптированные для этой технологии уборки зерноуборочные комбайны «ПОЛЕСЬЕ-GS10/GS12», «Акрос-585/595», «Дон-1500Б» и др. оснащены жаткой с режущим аппаратом сегментного типа, которым срезаются семенные метелки вместе с частью стебля (1/3 от общей длины), уменьшая тем самым его общую техническую длину, как источника сырья для получения пеньковолокна. При этом вместе с метелками на обмолот

в комбайн поступает и срезанная часть стебля, имеющая прочные лубяные волокна, что создает дополнительную нагрузку на его рабочие органы, приводит к образованию забивок, намоток на вращающиеся элементы и вынужденным остановкам комбайна.

В связи с изменением экономических условий производства в аграрном секторе и новыми задачами отрасли коноплеводства по повышению качества и конкурентоспособности продукции существующие технологии и технические средства для уборки посевной конопли требуют совершенствования и перехода на инновационную основу.

Цель исследований — повышение эффективности уборки технической конопли путем разработки инновационного способа и схемы многофункционального агрегата для его осуществления.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводились в 2021–2022 годах на базе ФГБНУ «ФНЦ ЛК» совместно с ПАО «Пензенский машиностроительный завод (ПАО «Пензмаш». Объектом исследования являлись технологии уборки технической конопли и применяемые технические средства. В процессе исследований изучались технологии уборки культуры в ряде ведущих коноплесеющих регионов России (Курской, Ивановской, Пензенской областях и других субъектах), проводился анализ технологий, применяемых в зарубежных странах.

В ходе разработки нового способа исследовались показатели качества работы адаптера для уборки конопли в производственных условиях коноплесеющего хозяйства ООО «Смарт Хемп Иваново» Ивановской области в сравнении с уборкой конопли зерновым комбайном в обособленном подразделении ФГБНУ «ФНЦ ЛК» Пензенский НИИСХ в Пензенской области.

В процессе работы также проводились теоретические исследования и обоснование конструктивно-технологической схемы агрегата, применялись экспериментальные и производственные методы, методы сравнительного и системного анализа данных, экспертной оценки. Опирались на результаты хозяйственной деятельности коноплесеющих хозяйств, а также на данные собственных исследований авторов.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Научные изыскания и результаты исследований различных технологий [9, 10] подтвердили необходимость разработки нового способа уборки технической конопли и схемы многофункционального агрегата для его осуществления. Этот способ должен обеспечивать получение семян конопли и конопляной тресты при снижении себестоимости производства за счет экономии топлива и электроэнергии на сушку и переработку семенного вороха, а также исключения дополнительных операций при получении лубяного сырья.

В соответствии с поставленной целью был разработан и запатентован инновационный способ уборки технической конопли [6, 11], схема которого представлена на рисунке 1.

¹ См.: Посевные площади и валовые сборы сельскохозяйственных культур. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/organizations/> (дата обращения: 01.03.2023).

² См. также: Машины для уборки конопли. Росленконопля. 27.07.2018. Режим доступа: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/o-konople/agrotekhnika-i-selkhoz mashiny.html/id/2460> (дата обращения: 21.12.2022); Перевозников В.Н., Филатов В.Г. Аспекты формирования комплекса машин для возделывания, уборки и первичной переработки конопли агротехнического назначения. Бобруйскгагромаш. 26.12.2019. Режим доступа: https://bobruiskagromach.com/about/innovation-and-development/pkonoplja_2019_12_26/ (дата обращения: 11.01.2023).

Рис. 1. Схема инновационного способа уборки технической конопли
Fig. 1. Scheme of an innovative method of harvesting technical hemp



В новом способе уборки очес семенных метелок производится со стеблей на корню в стадии спелости семян, близкой к полному созреванию (от 80 до 90% для минимизации потерь семян) и осуществляется методом протягивания стеблей между зубьями гребенки очесывающего устройства, освобождая их от семенной части. Очесанный ворох поступает на обмолот для получения семян и их первичной очистки. Одновременно с обмолотом вороха осуществляется скашивание очесанных стеблей в комлевой части и укладка их в валок для вылежки в тресту.

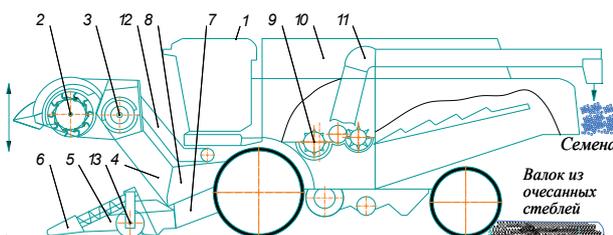
Способ исключает срезание верхушечной части стебля, содержащей прочные лубяные волокна, при этом сохраняется техническая длина стеблей для производства длинного пеньковолокна. За счет отсутствия в очесанном ворохе стеблевой части обеспечивается качественный обмолот без дополнительной нагрузки на рабочие органы уборочной машины.

Для реализации инновационного способа разработана конструктивно-технологическая схема многофункционального агрегата (совместная разработка с ПАО «Пензмаш») [6, 11] (рис. 2).

Агрегат содержит энергетическое средство, очесывающее устройство со шнеком, приемную камеру для приема и перемещения очесанной массы, жатку-косилку с делителями для среза очесанных стеблей, картер, передающий вращение очесывающему устройству и жатке-косилке, наклонную камеру с транспортером,

Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема многофункционального агрегата для уборки технической конопли (по патенту № 2772915): 1 — энергетическое средство, 2 — очесывающее устройство, 3 — шнек, 4 — приемная камера, 5 — жатка-косилка, 6 — делители, 7 — картер, 8 — наклонная камера, 9 — молотильно-сепарирующее устройство, 10 — бункер, 11 — выгрузной шнек, 12 — гидравлические пантографы, 13 — опорные колеса

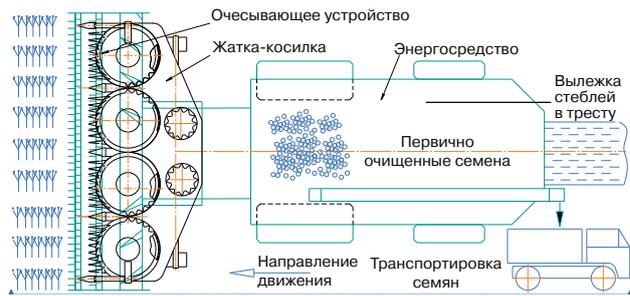
Fig. 2. Structural and technological scheme of a multifunctional unit for harvesting technical hemp (patent No. 2772915): 1 — power tool, 2 — stripping device, 3 — auger, 4 — receiving chamber, 5 — header-mower, 6 — dividers, 7 — crankcase, 8 — feeder house, 9 — threshing and separating device, 10 — hopper, 11 — unloading auger, 12 — hydraulic pantographs, 13 — support wheels



³ Жатка навесная очесывающего типа «Озон». Пензмаш. Режим доступа: <https://penzmash.ru/root/1-ozon/?ysclid=lfv7996y3d706874431> (дата обращения: 21.02.2022).

Рис. 3. Схема процесса работы многофункционального агрегата для уборки технической конопли (по патенту № 2772915)

Fig. 3. Scheme of the work process multifunctional unit for harvesting technical hemp (according to patent No. 2772915)



молотильно-сепарирующее устройство, бункер для семян и выгрузной шнек.

Очесывающее устройство гребенчатого типа, установлено на гидравлических пантографах для перемещения в вертикальной плоскости в зависимости от высоты стеблестоя и расположения на них семенных метелок для наибольшего захвата и гарантированного очеса стеблей.

Жатка-косилка ротационного типа, расположена под очесывающим устройством. Имеет четыре вращающихся на осях в противоположном направлении барабана, которые состоят из режущих и транспортирующих дисков. Сегменты режущих дисков оснащены напаянными твердосплавными пластинами для повышения износостойкости и долговечности при срезе волокнистых стеблей. Выбор жатки такого типа обусловлен необходимостью обеспечения высокой производительности уборки и скорости резания, исключения забивок, намоток на рабочие органы и вынужденных остановок.

Работа многофункционального агрегата осуществляется следующим образом (рис. 3).

При движении агрегата по полю очесывающее устройство, вынесенное вперед жатки-косилки, воздействует на верхушечную часть стеблей, при этом расположенные на них метелки с семенами попадают в зону вращения очесывающих гребенок. Стебли захватываются гребенками очесывающего устройства и протягиваются сквозь щели зубьев гребенок, освобождаясь от вороха. Очесанный ворох шнеком передается через приемную камеру на транспортер наклонной камеры и далее в молотильно-сепарирующее устройство для обмолота, а полученные семена проходят первичную очистку и поступают в бункер, из которого затем выгружаются в транспортное средство. Очесанные стебли разделяются на полосы делителями жатки-косилки, захватываются выступами транспортирующих дисков, срезаются в комлевой части режущими дисками, перемещаются к центру жатки-косилки комлями вперед, формируются в более плотный слой и укладываются в валок между колесами энергосредства для дальнейшего приготовления тресты.

В качестве энергосредства для многофункционального агрегата предполагается использование отечественного зерноуборочного комбайна мощностью от 280 л. с. Адаптерами для сбора конопли послужит жатка очесывающего типа «ОЗОН» (производства ПАО «Пензмаш») ³ с модернизированным очесывающим устройством, установленная на гидравлических

пантографах для регулировки высоты очеса, а также жатка-косилка ротационного типа для среза очесанных стеблей и укладки в валок.

Разработанный способ позволит повысить: производительность уборки — до 30%, качество обмолота — до 95%, чистоту семян — до 50%, улучшить качество конопляной тресты до одного сортомера и получить первично очищенные семена, а также конопляную тресту для производства длинного пеньковолокна. Агрегат может применяться для различных технологий уборки технической конопли.

В ходе исследований проводилась оценка показателей качества работы адаптера для среза стеблей технической конопли (производства ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»») ⁴ в сравнении с уборкой конопли сегментной зерновой жаткой комбайна «Дон-1500Б» в реальных условиях агропредприятий в период уборки посевов [9]. Характеристика культуры представлена в таблице 1.

Работа адаптера осуществлялась на базе кормоуборочного комбайна «Дон-680М», модернизированного для уборки технической конопли (разработка ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»») [10] (рис. 4).

При проведении исследований установлено, что ротационный режущий аппарат адаптера обеспечивает наиболее качественный срез стеблей технической конопли (независимо от их диаметра) без нарушения технологического процесса по сравнению с сегментным аппаратом зерновой жатки, где наблюдались частые забивки, намотки и вынужденные остановки. Агрегат работает на более высоких скоростях (до 10 км/ч), особенно на равномерном фоне, чем зерноуборочный комбайн (до 3 км/ч), тем самым повышается производительность работы до 5 га/ч, при этом забивки адаптера незначительны. Минимальная высота среза стеблей адаптером составила 150 мм, сегментной жаткой — 800 мм. Адаптер обеспечивает качественную уборку как низкорослой, так и высокорослой конопли. Сводные данные результатов исследований приведены в таблице 2.

Рис. 4. Общий вид адаптера для среза стеблей технической конопли
Fig. 4. General view of the adapter for cutting technical hemp stalks



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.

Таблица 1. Характеристика культуры при проведении исследований

Table 1. Characteristics of culture during research

Показатель	Ивановская область	Пензенская область
Сорт конопли	Надежда	Сурская
Направление возделывания	на волокно зеленоец	на семена
Стадия спелости при уборке	отцветание поскони	созревание 95% семян
Посевная площадь конопли, га	1290	60
Ширина междурядий, см	12,5	70
Густота стеблей, шт/м ²	80,0	43,0
Высота стеблестоя минимальная/максимальная, м	1,5/3,5	2,0/3,7
Диаметр стеблей конопли минимальный/максимальный, мм	10/20	7/13

Таблица 2. Результаты исследований адаптеров для уборки конопли

Table 2. Research results of adapters for harvesting cannabis

Показатель	Значение	
	жатка-косилка	жатка зерновая ЖУ-7
Адаптер для среза конопли	кормоуборочный комбайн «Дон-680М»	зерноуборочный комбайн «Дон-1500Б»
Энергосредство	отсутствует	6,0
Бункер для зерна (семян), м ³	до 20	до 20
Транспортная скорость, км/ч	4,5	7,0
Ширина захвата жатки, м	ротационный	сегментно-пальцевый
Тип режущего аппарата	бесподпорный	подпорный
Принцип среза	6,0–10,0	2,0–3,0
Фактическая скорость при уборке конопли, км/ч	3,5–5	1,0–1,5
Производительность, га/ч	150	800
Минимальная высота среза, мм		

Проведение исследований очесывающего устройства на технической конопле планируется в уборочный сезон 2023 года.

Выводы/Conclusion

В результате исследований разработан инновационный способ уборки технической конопли с очесом семян на корню и сохранением технической длины стебля. Предложена конструктивно-технологическая схема многофункционального агрегата для его осуществления, основанная на базе отечественного зерноуборочного комбайна, агрегируемого с адаптерами для сбора семенной и стеблевой части конопли, что позволит получить первично очищенные семена, а также конопляную тресту для производства длинного пеньковолокна и костры. Исследования качества работы адаптера для среза стеблей в производственных условиях подтвердили явные преимущества разработанного технического решения в сравнении с традиционным способом уборки. Изготовление опытного образца многофункционального агрегата потребует проведения дополнительных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и организации производства.

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.

⁴ «Ростсельмаш» представил инженерные решения для промышленного коноплеводства. Ростсельмаш. 26.11.2020. Режим доступа: <https://rostselmash.com/media/news/rostselmash-predstavil-inzhenernye-resheniya-dlya-promyshlennogo-konoplevodstva/?ysclid=lfv3myf5zq961070290> (дата обращения: 21.02.2022).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «ФНЦ ЛК» (№ FGSS-2022-0005).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кабунина И.В. Современная структура мирового рынка производства конопли. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021; (4): 40–44. <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-4-40-44>
2. Смирнов А.А., Серков В.А., Зеленина О.Н. К вопросу общей концепции инновационного развития отечественного коноплеводства. *Достижения науки и техники АПК*. 2011; (12): 34–36. <https://elibrary.ru/okkjbf>
3. Ростовцев Р.А., Ушаповский И.В., Голубев И.Г., Мишуrow Н.П. Машинно-технологическое обеспечение возделывания и переработки прядильных культур. Научное издание. Москва: *Росинформагротех*. 2020; 156. ISBN 978-5-7367-1597-8
4. Короченко С.П., Маринченко И.А. Направления в механизации уборки промышленной конопли. *Инновационные разработки для производства льна. Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ*. Тверь: Тверской государственный университет. 2015; 190–196. <https://elibrary.ru/tytpcf>
5. Шейченко В.А., Маринченко И.А., Ковалев М.М. Исследование влияния рабочих органов машин на сырье из конопли. *Техника и оборудование для села*. 2016; (3): 11–13. <https://elibrary.ru/vpwjyn>
6. Пучков Е.М., Попов Р.А. Аспекты дифференцированного формирования системы машин для различных технологий уборки технической конопли. *Аграрная наука*. 2022; (5): 122–127. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-122-127>
7. Faugno S., Sannino M., Crimaldi M., Caracciolo G., Assirelli A. Hemp seed mechanical harvesting efficiency analysis. *EUBCE 2018 – 26th European Biomass Conference & Exhibition, 14–17 May 2018, Copenhagen, Denmark*. 2018; 374–377.
8. Новиков Э.В., Безбаченко А.В., Алтухова И.Н., Пучков Е.М. Технология переработки беззакотической конопли после зернового комбайна в однотипное и штапельное волокно. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2017; (2): 156–160. <https://elibrary.ru/zejplf>
9. Попов Р.А., Бакулова И.В. Результаты полевых исследований уборки технической конопли по различным технологиям. *Аграрный научный журнал*. 2022; (7): 108–112. <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp108-112>
10. Попов Р.А. Инновационные разработки и современные технические средства для уборки конопли посевной. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021; (1): 150–163. <https://elibrary.ru/emphbn>
11. Игнатов В.Д., Ростовцев Р.А., Мкртчян С.Р., Попов Р.А., Пучков Е.М., Соловьев С.В. Способ уборки технической конопли на семена и тресту и multifunctional агрегат для его осуществления. Патент РФ № 2772915 Российская Федерация. Дата начала отсчета срока действия патента: 07.06.2021. Опубликовано: 27.05.2022.

ОБ АВТОРАХ:

Роман Анатольевич Ростовцев, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, профессор РАН, директор, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия r.rostovcev@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0003-0368-1035>

Роман Андреевич Попов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия r.popov@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0002-9400-3530>

Евгений Михайлович Пучков, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, Федеральный научный центр лубяных культур, Комсомольский пр-т, д. 17/56, Тверь, 170041, Россия e.puchkov@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0001-6852-5629>

FUNDING:

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 the FSBSI «FSC of Bast Crops» (No. FGSS-2022-0005).

REFERENCES

1. Kabunina I.V. Modern world market structure hemp production. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2021; (4): 40–44 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-4-40-44>
2. Smirnov A.A., Serkov V.A., Zelenina O.N. On the general concept of innovation development of hemp production. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2011; (12): 34–36 (In Russian). <https://elibrary.ru/okkjbf>
3. Rostovtsev R.A., Ushchapovsky I.V., Golubev I.G., Mishurov N.P. Machines, equipment and technologies for cultivation and processing of fiber crops. Scientific edition. Moscow: *Rosinformagrotekh*. 2020; 156 (In Russian). ISBN 978-5-7367-1597-8
4. Koropchenko S.P., Marinchenko I.A. Directions in the mechanization of industrial hemp harvesting. *Innovative developments for the production of flax. Proceedings of the International scientific and practical conference of the All-Russian Scientific Research Institute of Flax Growing Mechanization*. Tver: Tver State University. 2015; 190–196 (In Russian). <https://elibrary.ru/tytpcf>
5. Sheichenko V.A., Marinchenko I.A., Kovalev M.M. Influence of operating parts of machines on hemp raw material. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2016; (3): 11–13 (In Russian). <https://elibrary.ru/vpwjyn>
6. Puchkov E.M., Popov R.A. Aspects of the differentiated formation of a system of machines for various technologies of harvesting technical hemp. *Agrarian science*. 2022; (5): 122–127 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-122-127>
7. Faugno S., Sannino M., Crimaldi M., Caracciolo G., Assirelli A. Hemp seed mechanical harvesting efficiency analysis. *EUBCE 2018 – 26th European Biomass Conference & Exhibition, 14–17 May 2018, Copenhagen, Denmark*. 2018; 374–377.
8. Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Altukhova I.N., Puchkov E.M. Technology of processing of hemp after the grain combine in the same and chopped fibre. *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*. 2017; (2): 156–160 (In Russian). <https://elibrary.ru/zejplf>
9. Popov R.A., Bakulova I.V. The results of field studies of harvesting technical hemp by various technologies. *The Agrarian scientific journal*. 2022; (7): 108–112 (In Russian). <https://doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp108-112>
10. Popov R.A. Innovative developments and modern technical means for seeded hemp harvesting. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; (1): 150–163 (In Russian). <https://elibrary.ru/emphbn>
11. Ignatov V.D., Rostovtsev R.A., Mkrtychyan S.R., Popov R.A., Puchkov E.M., Solovjev S.V. Method for harvesting technical hemp for seeds and retted stalks and a multifunctional unit for its implementation. RF Patent No. 2772915. Starting date of the patent validity period: 07.06.2021. Published: 27.05.2022 (In Russian).

ABOUT THE AUTHORS:

Roman Anatolyevich Rostovtsev, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal Reserch Center for Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia r.rostovcev@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0003-0368-1035>

Roman Andreevich Popov, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Agroengineering Technologies, Federal Reserch Center for Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia r.popov@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0002-9400-3530>

Evgeny Mikhailovich Puchkov, Candidate of Economic Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Agroengineering Technologies, Federal Reserch Center for Fiber Crops, 17/56 Komsomolskiy Prospekt, Tver, 170041, Russia e.puchkov@fncl.ru <https://orcid.org/0000-0001-6852-5629>

Л.Ю. Юферев

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

✉ leouf@yandex.ru

Поступила в редакцию:
31.03.2023Одобрена после рецензирования:
01.06.2023Принята к публикации:
21.06.2023

Leonid Yu. Yuferev

Federal Scientific Agroengineering Center
VIM, Moscow, Russia

✉ asiyatugush@mail.ru

Received by the editorial office:
31.03.2023Accepted in revised:
01.06.2023Accepted for publication:
21.06.2023

Повышение эффективности работы солнечной водоподъемной установки для орошения в условиях переменной облачности

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В пасмурную погоду использование солнечной энергии для электроснабжения потребителей без применения накопителей электроэнергии невозможно. При этом есть ряд электропотребителей, для которых электроснабжение может подаваться с промежутками, но в эти промежутки времени нужно подавать им номинальное напряжение. Таким потребителем является, например, водоподъемная установка для системы орошения с производительностью 3 м³/ч с глубины до 90 м и потребляемой мощностью 1500 Вт.

Методы. Моделирование процесса накопления электроэнергии от солнечной электростанции и передача ее электропотребителю.

Результаты. Предлагается использовать накопитель электроэнергии на основе суперконденсаторов с отдачей номинального напряжения потребителю через определенные промежутки времени. При этом если солнечная электростанция выдает достаточно энергии, то электропотребитель подключается напрямую к ней, если недостаточно — сначала происходит заряд суперконденсаторов, затем отдача электроэнергии от них. Приведены методика расчета емкости, времени заряда и количество суперконденсаторов в накопителе. Рассчитаны параметры накопителя для циклического электроснабжения водоподъемной установки в течение 60 сек. в пасмурную погоду с подачей в эти промежутки порций воды объемом по 50 л.

Ключевые слова: солнечная энергия, водоподъемная установка, система орошения, суперконденсатор, облачность

Для цитирования: Юферев Л.Ю. Повышение эффективности работы солнечной водоподъемной установки для орошения в условиях переменной облачности. *Аграрная наука.* 2023; 372(7): 134–137. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-134-137>

© Юферев Л.Ю.

Improving the efficiency of the solar water-lifting installation for irrigation in conditions of variable clouds

ABSTRACT

Relevance. In cloudy weather, the use of solar energy for power supply to consumers without the use of energy storage devices is impossible. Known electrical consumers for which power supply may be at intervals. But at these intervals, you need to supply them with a rated voltage. Such a consumer is, for example, a water-lifting installation for an irrigation system with a capacity of 3 m³/h from a depth of up to 90 m and a power consumption of 1500 W.

Methods. Modeling of the process of accumulating electricity from a solar power plant and its transmission to an electric consumer.

Results. It is proposed to use an electric power storage device based on supercapacitors with the return of the rated voltage to the consumer at certain intervals. At the same time, if a solar power plant produces enough energy, then the electric consumer is connected directly to it, if not enough — first the supercapacitors are charged, then the return of electricity from them. The method of calculating the capacity, charge time and the number of supercapacitors in the storage is given. The parameters of the storage device for cyclic power supply of the water-lifting installation for 60 seconds are calculated. in cloudy weather, with the supply of 50 liters of water in these intervals.

Key words: solar energy, water-lifting system, supercapacitor, cloudiness

For citation: Yuferev L.Yu. Improving the efficiency of the solar water-lifting installation for irrigation in conditions of variable clouds. *Agrarian science.* 2023; 372(7): 134–137 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-134-137>

© Yuferev L.Yu.

Введение/Introduction

Известно, что выработка электроэнергии солнечной электростанцией зависит от поступающей солнечной радиации, при этом в пасмурную погоду электроснабжать потребителя с номинальной установленной мощностью без применения накопителей электроэнергии невозможно [1–3]. Накопители на основе аккумуляторных батарей имеют известные недостатки, устранить которые технически возможно, используя электрические накопители на основе суперконденсаторов.

Есть ряд электропотребителей, для которых электроснабжение может подаваться с промежутками, но в эти промежутки времени нужно подавать им номинальное напряжение. Таким потребителем является, например, водоподъемная установка [4–6].

Схема солнечной водоподъемной установки с накопительным блоком на основе суперконденсаторов показана на рисунке 1. Основная задача этой установки — накапливать воду в баке-накопителе при любых условиях солнечной освещенности, а затем использовать в системе орошения сельскохозяйственных угодий.

Преимуществом данной системы является использование емкостного накопителя блока на основе суперконденсаторов, которые позволяют накапливать энергию при переменной облачности и имеют длительный срок эксплуатации.

Суперконденсаторы (ионисторы) работают как и электролитические (по тому же принципу) — накопление заряда в электрическом поле, однако при их изготовлении используются немного другие технологии. У суперконденсаторов металлические электроды покрыты активированным углем и погружены в электролит. Благодаря своей пористости они могут накапливать гораздо больше заряда по сравнению с электролитическими конденсаторами. В отличие от них, заряд накапливается не только на самом электроде, но и на его угольном покрытии, поэтому их также называют двухслойными конденсаторами (EDLC).

Толщина изолятора между обкладками у суперконденсаторов намного меньше, чем в обычных конденсаторах, и измеряется в нанометрах, в результате этого можно запасти гораздо больше заряда (вплоть до сотни фарад), но они имеют ограничение по напряжению.

Суперконденсаторы, доступные на рынке, обычно имеют номинальное напряжение 2,7 В (одинарные) и 5,4 В (сдвоенные). Увеличить напряжение можно, подключив последовательно несколько суперконденсаторов, но при этом пожертвовав емкостью.

Цель исследования — разработать схему водоподъемной установки, работающей в том числе в облачную погоду, методику расчета емкости, времени заряда и количество суперконденсаторов в накопителе.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Объект исследований — солнечная водоподъемная установка для системы орошения. Место проведения исследования — экспериментальная лаборатория отдела возобновляемой энергетики.

Метод исследования — моделирование процесса накопления электроэнергии от солнечной электростанции и передача ее электропотребителю.

Принцип работы схемы: для эффективной работы накопителя на основе суперконденсаторов необходимо придерживаться определенного диапазона напряжений на нем. После окончания заряда (рис. 2) и достижения напряжения 600 В происходит запуск частотного преобразователя, который в свою очередь запускает насос на некоторое время, пока значение заряда конденсаторов не достигнет нижнего предела (разряд) — 350 В. За время работы насоса в баке-накопителе будет набираться объем воды, который можно будет использовать для полива или водоснабжения. После этого частотный преобразователь отключается и происходит следующий цикл заряда.

Если солнечная электростанция вырабатывает необходимую энергию для подачи на водоподъемную установку, то батарея суперконденсаторов будет постоянно заряжена и частотный преобразователь будет получать энергию напрямую от солнечной станции, а при затенении сразу подключится батарея конденсаторов и выдаст накопленный заряд. Таким образом, даже в пасмурную погоду будет подаваться вода небольшими порциями (по 50 л) в бак-накопитель.

Рис. 2. Принцип работы циклической подачи электроэнергии на водоподъемную установку при низкой освещенности с током заряда 1 А

Fig. 2. The principle of operation of the cyclic supply of electricity to the water-lifting installation in low light with a charge current of 1 A

Напряжение, В

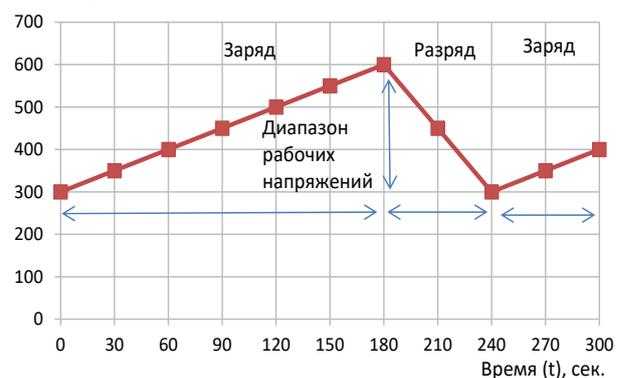


Рис. 1. Блок-схема работы системы с промежуточным емкостным накопителем: ФЭП — фотоэлектрическая панель, МРРТ — зарядный преобразователь, С — суперконденсатор, ПУ — пороговое устройство, ЧП — частотный преобразователь (инвертор), ЗФ — трехфазный кабель, ЭН — электронасос, БН — бак-накопитель

Fig. 1. Block diagram of the system operation with an intermediate capacitive storage device: FEP — photovoltaic panel, MPPT — charging converter, C — supercapacitor, PU — threshold device, PE — frequency converter (inverter), 3F — three-phase cable, EN — electric pump, BN — storage tank

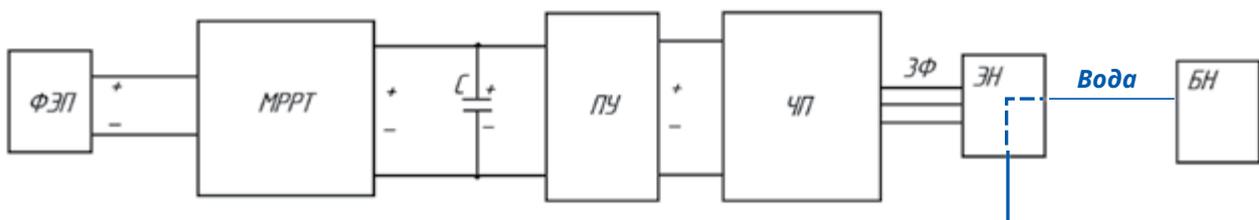
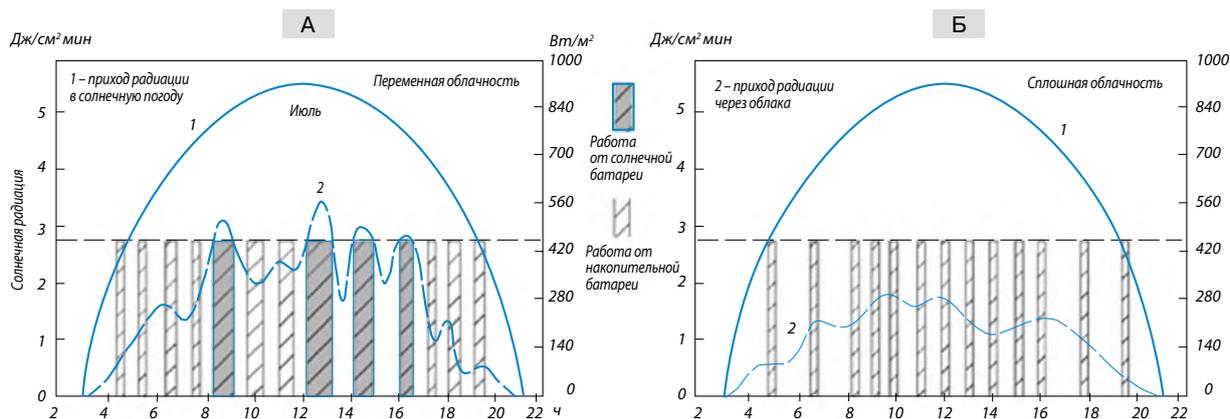


Рис. 3. График работы системы с емкостным накопителем энергии при различном уровне освещенности (А — переменная облачность с промежутками без облаков, Б — сплошная облачность)

Fig. 3. Graph of the system with a capacitive energy storage at different levels of illumination (A — partly cloudy with intervals without clouds, Б — continuous cloudiness)



Гипотетический график работы водоподъемной системы с применением суперконденсаторов показан на рисунке 3: сравнение вырабатываемой энергии в ясную солнечную погоду с переменной облачностью и со сплошной облачностью. Из графика видно, что в солнечную погоду летом водоподъемная установка получает энергию непрерывно с 5 ч. до 19 ч., в переменную облачность периодически энергии хватает для работы напрямую от солнечной электростанции, в сплошную облачность энергия может поступать только от предлагаемого накопителя на основе суперконденсаторов.

Как показано на рисунке 3, система способна работать при различной освещенности, при этом отличаться будет только время накопления заряда. Светлые участки графика — отдача энергии от заряженных суперконденсаторов, темные — работа насоса непосредственно от солнечной батареи. Время заряда суперконденсаторов при этом зависит от тока, вырабатываемого солнечной батареей.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Пример расчета солнечной водоподъемной установки для орошения с производительностью 3 м³/час с глубины до 90 м и потребляемой мощностью 1500 Вт. Для электроснабжения такой установки потребуются солнечная станция мощностью 2000 Вт, состоящая из 25 панелей (по 24 В) мощностью по 80 Вт с максимальным током 3,3 А [7, 8].

Расчет емкости накопительного суперконденсатора для электроснабжения системы орошения:

$$C_0 = \frac{2 \times P \times t}{U_3^2 - U_p^2} = \frac{2 \times 1500 \times 60}{600^2 - 350^2} = 0,76 \text{ Ф,}$$

где P — мощность потребителя (1500 Вт); t — время работы системы, 60 сек.; U_3 — напряжение на обкладках блока конденсаторов при полном заряде; U_p — пороговое значение напряжения разрядки блока конденсаторов.

Расчет времени заряда конденсатора:

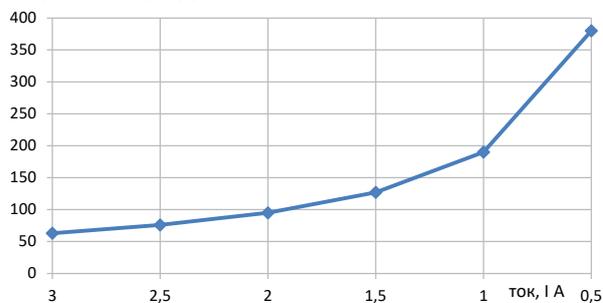
$$t = (U_p - U_3) \times \frac{C_0}{I} = (350 - 600) \times \frac{0,76}{1} = 190 \text{ сек,}$$

где I — зарядный ток блока конденсаторов.

Рис. 4. Зависимость времени заряда батареи от вырабатываемого тока солнечной электростанции при недостаточной освещенности

Fig. 4. The dependence of the battery charge time on the generated current of the solar power plant in low light

Время заряда (t), сек.



Рассчитанная зависимость времени заряда батареи от тока, поступающего от солнечной батареи, показана на рисунке 4.

Количество последовательно включенных конденсаторов в батарее для получения необходимого напряжения накопителя рассчитывается следующим образом:

$$N = \frac{U_3}{U_c} \times 1,1 = \frac{600}{2,7} \times 1,1 = 245 \text{ шт.,}$$

где U_c — напряжение одного конденсатора.

Поскольку конденсаторы включены последовательно, то расчет емкости одного конденсатора:

$$C_1 = C_0 \times N = 0,76 \times 245 = 186,2 \text{ Ф}$$

Следовательно, для получения необходимой емкости накопительной системы потребуются 245 суперконденсаторов емкостью по 200 Ф, соединенных последовательно.

Таким образом, даже в пасмурную погоду или на раннем рассвете и закате несколько раз в час будет запускаться насосная система и подкачивать в бак-накопитель порции воды объемом по 50 л.

Выводы/Conclusion

Разработана схема водоподъемной установки для орошения, работающей не только от солнечного излучения, но и в облачную и пасмурную погоду. В качестве накопителя электрической энергии предлагается использовать батарею суперконденсаторов.

Водоподъемная установка подключается к ней через управляемый частотный преобразователь, работающий в диапазоне 350–600 В.

Расчеты показали, что для водоподъемной установки мощностью 1500 Вт с кратковременным циклическим включением на промежутки по 60 сек. потребуется ба-

тарея емкостью 0,76 Ф на напряжение 600 В, состоящая из 245 конденсаторов емкостью по 200 Ф, включенных последовательно.

От предлагаемой схемы можно запитывать также и другие электропотребители, для которых допускается циклическое электроснабжение.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.

The author is responsible for the work and the submitted data.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Веселова Н.М., Панчишкин А.П., Ханин Ю.И. Оптимизация эффективности работы солнечных фотоэлектрических панелей на примере Волгоградской области. *Вестник аграрной науки Дона*. 2017; (3): 35–41. <https://www.elibrary.ru/zvhynt>
2. Андреева Е.В. Повышение эффективности энергоснабжения удаленных сельскохозяйственных объектов в северо-западном регионе России с использованием энергии солнца и ветра. *Экологическая безопасность в АПК*. 2011; (2): 296. <https://www.elibrary.ru/nufsmb>
3. Дебрин А.С., Бастрон А.В., Семенов А.Ф., Пашкевич Т.П. Обработка результатов исследования характеристик солнечных фотоэлектрических станций и определение рациональных режимов работы при изменении угла наклона и спектрального состава облучения фотоэлектрических модулей. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019; (6): 175–179. <https://www.elibrary.ru/myidjz>
4. Бенамер А., Виссарионов В.И. Солнечная водоподъемная установка (СВУ) для водоснабжения автономных потребителей. *Техника и технология*. 2007; (1): 32–35. <https://www.elibrary.ru/judgsx>
5. Беленов А.Т., Королев В.А., Метлов Г.Н., Соколовский А.К. Оптимальный состав и параметры мобильных солнечных фотоэлектрических водоподъемных установок для орошения. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2016; (5): 193–198. <https://www.elibrary.ru/xtkecl>
6. Метлов Г.Н., Королев В.А., Беленов А.Т. Передвижные солнечные фотоэлектрические водоподъемные установки для орошения. *Вестник аграрной науки Дона*. 2016; (1): 49–55. <https://www.elibrary.ru/vzrrnv>
7. Парахнич А.С., Юфев Л.Ю. Предварительный расчет параметров солнечной водоподъемной установки. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020; 67(3): 132–137. <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-3-132-137>
8. Юфев Л.Ю., Парахнич А.С. Моделирование параметров солнечной водоподъемной установки. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2021; (3): 10–13. <https://www.elibrary.ru/jfulrn>

ОБ АВТОРАХ:

Леонид Юрьевич Юфев,

доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, заведующий отделом возобновляемой и альтернативной энергетики, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Россия
leouf@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2751-3247>

REFERENCES

1. Veselova N.M., Panchishkin A.P., Hanin Yu.I. Optimization of the efficiency of solar photovoltaic panels on the example of the Volgograd region. *Don agrarian science bulletin*. 2017; (3): 35–41 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/zvhynt>
2. Andreeva E.V. Improving the efficiency of energy supply to remote agricultural facilities in the northwestern region of Russia using solar and wind energy. *Ekologicheskaya bezopasnost' v APK*. 2011; (2): 296 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/nufsmb>
3. Debrin A.S., Bastron A.V., Semenov A.F., Pashkevich T.P. Processing the results of studies on the characteristics of solar photoelectric stations and determining the rational operation modes in case of changing the tilt angle and the spectral composition of photoelectric modules irradiation. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019; (6): 175–179 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/myidjz>
4. Benamer A., Vissarionov V.I. Solar water-lifting installation for water supply of autonomous consumers. *Tekhnika i tekhnologiya*. 2007; (1): 32–35 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/judgsx>
5. Belenov A.T., Korolev V.A., Metlov G.N., Sokol'skiy A.K. Optimal composition and parameters of mobile solar photovoltaic water-lifting plants for irrigation. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2016; (5): 193–198 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xtkecl>
6. Metlov G.N., Korolev V.A., Belenov A.T. Mobile solar photovoltaic water lifting systems for irrigation. *Don agrarian science bulletin*. 2016; (1): 49–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vzrrnv>
7. Parakhnich A.S., Yuferev L.Yu. Preliminary calculation of the solar water-lifting installation. *Electrical Engineering and Electrical Equipment in Agriculture*. 2020; 67(3): 132–137 (In Russian). <https://doi.org/10.22314/2658-4859-2020-67-3-132-137>
8. Yuferev L.Yu., Parakhnich A.S. Modeling the parameters of a solar water-lifting plant. *Energy Saving and Water Treatment*. 2021; (3): 10–13 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/jfulrn>

ABOUT THE AUTHORS:

Leonid Yurievich Yuferev,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Renewable and Alternative Energy, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia
leouf@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2751-3247>

А.Р. Абушаева¹, ✉
М.К. Садыгова¹,
А.Б. Абуова²

¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

²Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, Алматы, Казахстан

✉ asiyatugush@mail.ru

Поступила в редакцию:
16.12.2022

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Asiya R. Abushaeva¹, ✉
Madina K. Sadygova¹,
Altyнай B. Abuova²

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

²Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry, Almaty, Kazakhstan

✉ asiyatugush@mail.ru

Received by the editorial office:
16.12.2022

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлозерной ржи и продуктов переработки моркови и свеклы столовой на поведенческие реакции лабораторных крыс

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современных условиях в связи с возрастающей популярностью здорового питания все больше внимания уделяется функциональным пищевым продуктам, позволяющим эффективно решать проблему профилактики и лечения различных заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных веществ. В производстве функциональных продуктов питания используют природные биологически активные вещества растительного происхождения, оказывающие влияние не только на здоровье, но и на поведенческие реакции лабораторных животных.

Методы. Животных контрольной группы содержали на стандартном рационе, состоявшем из смеси зерновых, в соответствии с рекомендациями. В экспериментальных группах осуществляли замену кормов основного рациона на экспериментальные мучные кондитерские изделия функционального назначения, разработанные авторами, и на изделия, реализуемые в торговых сетях. Поведенческие особенности лабораторных крыс оценивали в тесте «Открытое поле». Достоверность отличий определяли методами непараметрической статистики (при $p < 0,05$).

Результаты. Результаты указывают на положительное влияние рациона с содержанием мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлозерной ржи с продуктами переработки овощей на поведенческие реакции лабораторных крыс. Регулярное потребление мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой повышает активно-поисковую и снижает пассивно-оборонительную компоненты поведения лабораторных животных.

Ключевые слова: лабораторные крысы, динамика изменения массы тела лабораторных животных, поведенческие реакции, тест «открытое поле»

Для цитирования: Абушаева А.Р., Садыгова М.К., Абуова А.Б. Влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлозерной ржи и продуктов переработки моркови и свеклы столовой на поведенческие реакции лабораторных крыс. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 138–143. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-138-143>

© Абушаева А.Р., Садыгова М.К., Абуова А.Б.

The influence of flour confectionery products based on flour from light-grain rye and processed products of carrots and beets on the behavioral reactions of laboratory rats

ABSTRACT

Relevance. In modern conditions, due to the increasing popularity of healthy nutrition, more and more attention is being paid to functional foods that can effectively solve the problem of prevention and treatment of various diseases associated with a deficiency of certain substances. In the production of functional food products, natural biologically active substances of plant origin are used, which have an impact not only on health, but also on the behavioral reactions of laboratory animals.

Methods. The animals of the control group were kept on a standard diet, consisting of a mixture of cereals in accordance with the recommendations. In the experimental groups, the feed of the main diet was replaced with experimental functional flour confectionery products developed by the authors of the work, and with products sold in retail stores. Behavioral features of laboratory rats were evaluated in the «Open Field». The reliability of the differences was determined by nonparametric statistics (at $p < 0.05$).

Results. The results indicate a positive effect of a diet containing flour confectionery products based on flour from light rye grain with vegetable processing products on the behavioral reactions of laboratory rats. Regular consumption of flour confectionery products based on flour from light-grain rye and processed products of carrot and beet root vegetables in the dining room increases the active-search and reduces the passive-defensive components of the behavior of laboratory animals.

Key words: laboratory rats, dynamics of changes in body weight of laboratory animals, behavioral reactions, «Open Field» test

For citation: Abushaeva A.R., Sadygova M.K., Abuova A.B. The influence of flour confectionery products based on flour from grain of light-grain rye and processed products of carrots and beets on the behavioral reactions of laboratory rats. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 138–143 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-138-143>

© Abushaeva A.R., Sadygova M.K., Abuova A.B.

Введение / Introduction

В связи с развитием науки о питании и стремлением населения поддерживать физическое и умственное здоровье потребление и производство функциональных пищевых продуктов становится всё более востребованным. Согласно концепции национальной технологической инициативы перед индустрией питания до 2035 г. ставятся задачи по созданию, производству и реализации персонализированных и общих (на основе традиционного сырья и его заменителей) продуктов питания с применением здоровьесберегающих технологий (с учетом заболеваний, пищевых аллергий, видов профессиональной деятельности, национальных традиций и т. д.) [1].

В соответствии со стратегией формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года основной профилактикой и контроля неинфекционных заболеваний является здоровый образ жизни, направленный на предупреждение возникновения и развития неинфекционных заболеваний и характеризующийся исключением или сокращением действия поведенческих факторов риска, к числу которых относится нерациональное питание, а также неадаптивное преодоление стрессов. Министерство здравоохранения Российской Федерации¹.

Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий функционального назначения возможно за счет более широкого использования растительного сырья, содержащего ценные для функционирования организма человека биологически активные вещества [2]. В состав мучных кондитерских изделий вводятся специальные растительные добавки с высоким содержанием биологически активных веществ, которые активизируют функцию отдельных систем организма, нормализуют метаболизм, восполняют дефицит микро- и макроэлементов, пищевых волокон и витаминов, а также снижают риск развития заболеваний, связанных с увеличением веса [3].

Воздействие на организм человека и животных такого фактора, как питание, оказывает существенное влияние на функциональные изменения в органах и системах [4]. Мучные кондитерские изделия на основе муки из зерна светлозерной ржи с продуктами переработки овощей богаты антиоксидантами природного происхождения, к которым относятся витамины *C*, *A*, *K*, *PP*, бета-каротин, витамин *E* и его производные, эфирные масла, фенольные соединения, а также минеральные вещества селен, цинк и сера [5]. Фенольные соединения, содержащиеся в муке из зерна светлозерной ржи и продуктах переработки овощей из корнеплодов моркови и свеклы столовой, обладают обширными биологическими функциями и оказывают благоприятное воздействие на живой организм, в том числе и на поведенческие реакции [6, 7].

При регулярном питании содержание глюкозы в кровотоке удерживается на стабильном уровне, а организм обогащается витаминами, макро- и микроэлементами, что в свою очередь оказывает положительное влияние на самочувствие и эмоциональное состояние человека. Например, в последнее время всё чаще подтверждается, что продукты питания, содержащие в своем составе полиненасыщенные жирные кислоты омега-3, помогают преодолевать депрессию. Недостаток селена в ор-

ганизме вызывает ухудшение настроения и склонность к депрессиям. Рекомендованная доза данного микроэлемента, необходимого для поддержания психоэмоционального состояния человека, составляет 55 мкг в сутки, а магний благотворно воздействует на нервную систему (при употреблении по 150 мг магния в сутки проходит состояние стресса и нервозности) [8].

Цель исследования — изучение влияния мучных кондитерских изделий на основе муки из зерна светлозерной ржи и продуктов переработки овощей на поведенческие реакции использованных в эксперименте лабораторных крыс.

Материал и методы исследования / Material and methods

Испытания проведены в условиях ветеринарной клиники Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии им Н.И. Вавилова в 2022 году.

Исследования включали оценку таких показателей, как летальность, динамика массы тела, поведенческая реакция крыс.

Влияние продуктов на массу крыс изучали в эксперименте *in vivo*, для этого были сформированы четыре экспериментальные и одна контрольная группы по пять лабораторных крыс массой 300–350 г в каждой. Животных контрольной группы содержали на рационе из смеси зерновых согласно ГОСТ 34566-2019². В экспериментальных группах в соответствии с матрицей исследования (табл. 1) осуществляли замену кормов основного рациона на экспериментальные мучные кондитерские изделия функционального назначения, разработанные авторами: 1-й образец — песочное печенье «Кишер» (СТО, РЦ, ТИ 00493497-002-2016 Песочное печенье с добавлением продуктов переработки овощей «Кишер») [7], 2-й образец — песочное печенье «Кишер» на основе муки из светлозерной ржи сорта «Солнышко» (СТО, РЦ, ТИ 00493497-004-2018 Песочное печенье «Кишер» на основе муки из светлозерной ржи с применением продуктов переработки овощей), 3-й образец — заварные пряники «Бал» (СТО, ТИ, РЦ 10.71-006-00493497-2020 Пряничное изделие с морковным джемом «Бал») [9, 10].

Пищевая ценность мучных кондитерских изделий определена актуальными стандартизированными методами. Средства измерений, измерительное оборудование и реактивы соответствовали требованиям для проведения эксперимента.

Для сравнения динамики влияния мучных кондитерских изделий на организм лабораторных животных в рацион дополнительной группы ввели сахарное молочное печенье «Семейный амбар» для детского питания, реализуемое в торговых сетях, — 4-й образец. Выбор данного печенья связан с тем, что оно относится к той же группе мучных кондитерских изделий, как и другие опытные образцы.

Масса корма в расчете на одну голову включала следующие компоненты: 24 г — зерновые, 10 г — овощные, 5 г — белок (мясо, рыба, яйцо, сваренное один раз в два дня). Для 2-й, 3-й и 4-й опытных групп рацион частично заменили на 25 г мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой, а для 5-й

¹ Приказ от 15 января 2020 года № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/564215449> (дата обращения: 20.02.2023).

² ГОСТ 34566-2019 Комбикорма полнорационные для лабораторных животных. Технические условия.

Таблица 1. Матрица исследований
Table 1. Research matrix

Группа	Рацион согласно ГОСТ 34566-2019, %	Мучные кондитерские изделия, %			
		1-й образец	2-й образец	3-й образец	4-й образец
Контроль	100,0	–	–	–	–
Группа 1-я	35,9	64,1	–	–	–
Группа 2-я	35,9	–	64,1	–	–
Группа 3-я	35,9	–	–	64,1	–
Группа 4-я	35,9	–	–	–	64,1

группы — на 25 г сахарного печенья, приобретенного в торговой сети. Вода была предоставлена без ограничений, продолжительность эксперимента — 45 дней. В течение эксперимента массу тела лабораторных крыс определяли через каждые 15 дней (в г) в каждой группе, на основании полученных результатов определяли величину прироста относительно первичных данных.

Прирост (%) вычисляли по формуле:

$$P = 100 \times \frac{(A_2 - A_1)}{A_1},$$

где P — прирост, A_1 — исходное значение, A_2 — конечное значение.

Поведенческие особенности лабораторных крыс оценивали в тесте «Открытое поле» [11]. Тест был проведен на взрослых крысах (самцах). Все животные находились в стандартных лабораторных условиях, содержались при естественном режиме освещения со свободным доступом к воде и пище. Лабораторных животных не подвергали физической нагрузке.

Установка для проведения эксперимента представляет собой белую прямоугольную камеру размером 100 x 100 см с пластмассовыми стенками, высота которых 40 см. Пол установки представлен в виде листа белого пластика, на который черной краской нанесена решетка, по полу равномерно расположены 16 отверстий диаметром 6 см. Освещение производится лампой 50 Вт, которая расположена на высоте 150 см над центром поля.

В процессе проведения теста лабораторную крысу помещали в угол камеры. Наблюдение за поведением животного

длилось в течение 3 минут, в процессе которого регистрировали следующие показатели:

- горизонтальная двигательная активность или локомоция — количество пересеченных секторов-квадратов;
- вертикальная двигательная активность или ориентировочная реакция — количество стоек с упором и без упора;
- исследовательская активность — количество заглядываний в «норки» и «норковый рефлекс» или заглядывание в «норку» с погружением головы до линии ушей или глубже;
- количество дефекаций или эмоциональная реакция;
- общая двигательная активность или сумма количества локомоций, стоек и заглядываний в «норки» [12].

Таблица 2. Пищевая ценность мучных кондитерских изделий
Table 2. Nutritional value of flour confectionery products

Показатель	Содержание в 100 г мучных кондитерских изделий, мг				Степень удовлет. суточной потребности (пищевая ценность), %				Суточная потребность взрослого человека
	1-й образец	2-й образец	3-й образец	4-й образец	1-й образец	2-й образец	3-й образец	4-й образец	
Основные вещества									
Белки	4,45	3,03	6,0	7,7	5,93	4,04	0,67	10,27	75
Жиры	25,69	0,66	13,28	16,1	30,95	0,79	8,0	19,40	83
Углеводы	54,98	17,22	67,46	68,7	15,15	4,7	16,0	18,87	364
ПВ	2,15	47,56	94,07	1,3	7,17	158,53	313,57	4,33	30
Макроэлементы									
Ca	48,69	17,38	42,96	29,0	5,27	8,67	4,3	2,90	1000
Na	71,48	1,21	31,98	330,0	1,19	0,02	0,53	5,50	6000
K	141,97	124,79	285,49	110,0	3,55	3,11	7,14	2,75	4000
P	68,90	107,14	221,38	90,0	6,89	10,7	22,14	9,00	1000
Mg	19,775	61,99	75,63	20,0	4,94	15,498	18,91	5,00	400
S	33,08	32,0	39,89	–	3,31	3,2	3,99	–	1000
Микроэлементы									
Fe	0,805	2,456	3,29	2,1	5,75	17,54	23,5	15,00	14
Cu	0,052	0,103	0,1525	–	5,2	10,3	15,25	–	1
Zn	0,37	0,58	0,761	–	3,08	4,83	6,34	–	12
Se	0,002	0,006	8,29	–	3,64	10,91	15072,73	–	0,055
Co	0,0007	–	0,00003	–	7,0	–	0,3	–	0,010
Mn	0,261	0,551	131,33	–	13,03	27,55	6566,5	–	2
Витамины									
A (ретинол)	0,327	0,427	0,24	0,01	36,34	47,44	26,67	1,11	0,9
Бета-каротин	2,060	2,593	1,499	0,008	41,20	51,86	29,98	0,16	5
C (аскорбиновая кислота)	0,89	0,9	1,635	–	0,98	1,0	1,82	–	90
E (токоферол)	6,852	7,175	4,065	3,5	45,6	47,83	27,1	23,33	15
K (филлохинон)	0,031	0,033	16,792	–	25,58	27,5	13,99	–	0,12
B₁ (тиамин)	0,079	0,13	0,26	0,08	5,27	8,67	17,33	5,33	1,5
B₂ (рибофлавин)	0,060	0,123	0,12	0,05	3,33	6,83	6,67	2,78	1,8
B₅ (пантотеновая кислота)	0,195	0,276	0,325	–	3,9	5,52	6,5	–	5
B₆ (пиридоксаль-5-фосфат)	0,095	0,128	0,175	–	4,75	6,4	8,75	–	2
PP или B₃ (ниацин или никотиновая кислота)	0,990	1,067	0,93	1,9	4,95	5,34	4,65	9,5	20
Полиненасыщенные жирные кислоты									
Омега-3	13,766	44,336	58,04	–	0,37–1,53	1,2–4,93	1,57–6,45	–	900–3700
Омега-6	3617,956	3843,46	2077,42	–	21,54–76,98	22,88–81,78	12,37–44,20	–	4700–16 800
Энергетическая ценность, кКал	468,93	82,94	413,36	451,0	99,99	3,32	16,53	18,04	2500

Таблица 3. Динамика изменения массы тела лабораторных крыс ($n = 5$)Table 3. Dynamics of changes in body weight of laboratory rats ($n = 5$)

Показатель	День	Группа				
		Контроль	Группа 2-я	Группа 3-я	Группа 4-я	Группа 5-я
Масса, г	0	302,2 ± 0,5	305,4 ± 0,4	303,2 ± 0,5	301,0 ± 0,5	302,2 ± 0,6
	15	309,4 ± 1,1	324,2 ± 0,8	323,2 ± 0,8	322,4 ± 0,9	326,1 ± 1,0
	30	312,1 ± 1,1	337,3 ± 1,0	334,4 ± 0,9	335,4 ± 0,9	338,3 ± 0,9
	45	316,1 ± 1,3	351,3 ± 1,1*	349,1 ± 0,9*	349,3 ± 1,0*	352,1 ± 1,1
Прирост, %	0	–	–	–	–	–
	15	2,3 ± 0,2	6,25 ± 0,1*5	6,6 ± 0,1*	7,0 ± 0,1*	7,95 ± 0,15*
	30	3,3 ± 0,2	10,5 ± 0,2*	10,2 ± 0,2*	11,3 ± 0,1*	11,9 ± 0,1*
	45	4,65 ± 0,25*	15,1 ± 0,2*	15,2 ± 0,1*	15,95 ± 0,15*	16,55 ± 0,15*

Примечание: * $p < 0,05$.

Статистическую обработку по результатам эксперимента осуществляли в среде Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, США). Оценка аналитической надежности методов исследования осуществлялась путем статистического контроля правильности и воспроизводимости. Достоверность отличий определяли методами непараметрической статистики (при $p < 0,05$).

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Введение в рецептуру мучных кондитерских изделий муки из светлозерной ржи, тонкодисперсных порошков из корнеплодов моркови и свеклы столовой, цуката и джема из моркови с уменьшением доли вводимого сахара белого влияет на пищевую ценность готовых изделий (табл. 2).

Из расчетов видно, что у мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи с продуктами переработки овощей пищевая ценность преобладает (по сравнению с сахарным молочным печеньем «Семейный амбар» для детского питания — 4-й образец) в 6,04, 6,34 и 4,67 раза для 1-го, 2-го и 3-го образца соответственно. В основном изделия богаты антиоксидантами природного происхождения, такими как: *Mg* больше, чем в 1-м и 4-м образцах, для 2-го образца — в 3,14 и 3,0 раза, а для 3-го образца — в 3,83 и в 3,78 раза соответственно; *Fe* больше, чем в 1-м и 4-м образцах, для 2-го образца — в 3,05 и в 1,17 раза, для 3-го образца — в 4,09 и в 1,57 раза соответственно; *B₁* больше, чем в 1-м и 4-м образцах, для 2-го образца — в 2,05 и в 2,46 раза, для 3-го образца — в 2,0 и в 2,4 раза соответственно; в 1-м, 2-м, 3-м образцах (по сравнению с 4-м) преобладает содержание витамина *A* — в 32,74, 42,74 и 24,03 раза, бета-каротина — на 41,04%, 51,7% и 29,82%, витамина *E* — на 22,27%, 24,5% и 3,77% соответственно. С внесением муки из светлозерной ржи сорта «Солнышко» и продуктов переработки овощей изделия обогащаются: микроэлементами (*Cu*, *Zn*, *Se*, *Co*, *Mn*), витаминами (*C*, *K*, *B₅*, *B₆*), а также полиненасыщенными жирными кислотами омега-3 и омега-6, являющимися антиоксидантами, которые придают изделиям функциональные

свойства. Энергетическая ценность ниже в изделиях на основе муки из светлозерной ржи (2-й и 3-й образцы) на 96,67% и 83,46% (по сравнению с 1-м образцом), а также на 14,72% и 1,51%, в отличие от 4-го образца. В 1-м образце энергетическая ценность выше, чем в 4-м, на 81,95% в связи с большим содержанием жира (на 11,55% больше), что предусмотрено технологией изготовления песочного печенья. Содержание пищевых волокон в 1-м, 2-м и 3-м образцах больше в 1,66, 36,61 и 72,42 раза, чем в 4-м образце, что указывает на диетические свойства продукта.

Мониторинг потребления корма экспериментальными животными всех групп показал, что его показатель поедаемости корма животными экспериментальных групп не имел достоверной разницы, следовательно, исследуемый продукт для животных в плане предпочтения не отличался от привычного рациона.

Развитие животных проходило практически с равной интенсивностью без видимых отклонений (табл. 3). Сохранность за период наблюдений во всех группах составила 100%. В течение первых 15 дней эксперимента наибольший прирост массы тела (7,0% и 7,95%) был отмечен в 4-й и 5-й экспериментальных группах, где корм заменяли на заварные пряники «Бал» и сахарное молочное печенье «Семейный амбар» для детского питания, а наименьший (6,25% и 6,6%) — во 2-й и 3-й группах, тогда как в контрольной группе прирост был равен 2,3%. В результате к 45-му дню эксперимента в контрольной группе прирост был равен 4,65%, самое высокое увеличение массы тела лабораторных крыс зафиксировано в 5-й группе (16,55%), что доказывает перенасыщение сахарного молочного печенья «Семейный амбар» для детского питания жирами и легкоусвояемыми углеводами, способствующими увеличению массы лабораторных животных. В опытных группах прирост меньше и составил: во 2-й — 15,1%, в 3-й — 15,2%, в 4-й — 15,95%. Данный показатель и наличие сложных углеводов в опытных мучных кондитерских изделиях, продлевающих чувство сытости и способствующих выведению токсинов и шлаков из организма, указывают на то, что мучные кондитерские изделия на основе муки из

Таблица 4. Влияние на показатели поведенческих реакций крыс в тесте «Открытое поле» на фоне питания мучными кондитерскими изделиями

Table 4. Influence on the indicators of behavioral reactions of rats in the «Open field» test against the background of eating flour confectionery

Показатель	Экспериментальные группы				
	Контроль	Группа 2-я	Группа 3-я	Группа 4-я	Группа 5-я
Горизонтальная двигательная активность (количество пересеченных секторов)	8	7	8	8	6
Вертикальная двигательная активность (количество стоек)	2	3	4	4	2
Исследовательская активность (количество обследованных «норок»)	2	3	3	3	1
Эмоциональные реакции (количество дефекаций)	2	3	3	3	2
Общая двигательная активность	16	17	19	20*	14

светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой можно рекомендовать для профилактики множества заболеваний.

Результаты исследования двигательных компонентов ориентировочной реакции и эмоциональной реактивности лабораторных крыс по методике «Открытое поле» представлены в таблице 4.

Поведение лабораторных крыс указывает на активность приспособления к факторам окружающей среды, воздействующим на животных. В начале эксперимента лабораторные животные испытывают некоторый стресс при помещении в экспериментальную установку «Открытое поле», что отражается на их поведении. На состояние активно-поисковой компоненты поведения животных указывают горизонтальная, вертикальная двигательная активность, «норковый рефлекс», пассивно-оборонительный — уровень дефекаций и умывание [13]. Регулярное потребление мучных кондитерских изделий оказывает влияние на потребность и формирование двигательной активности, эмоциональные реакции, регуляцию метаболических процессов [14, 15].

В результате эксперимента в контрольной группе лабораторных животных, находившихся на стандартном питании, было отмечено увеличение горизонтальной двигательной активности и исследовательской активности (табл. 4), тогда как по ориентировочной активности особых различий не выявлено.

В группах лабораторных животных, в рацион которых входили мучные кондитерские изделия, наблюдалось увеличение горизонтальной двигательной и исследовательской активности, за исключением 5-й группы лабораторных крыс (табл. 4). При этом более выраженное увеличение исследовательской активности (число обследуемых «норок»), а также общей двигательной активности было отмечено при употреблении животными мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой. Достоверных различий по показателям ориентировочных реакций не было выявлено.

Исследование показало, что регулярное потребление мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой способствует повышению уровня двигательной активности животных, а также отмечено более значимое увеличение показателей двигательных и исследовательских реакций лабораторных животных. В то же время отмечается, что исследовательская активность (количество обследованных «норок») и вертикальная двигательная активность (количество стоек) у 5-й группы лабораторных животных,

в рацион которых внесено сахарное молочное печенье «Семейный амбар» для детского питания, меньше, чем в контрольной и других опытных группах. Это указывает на снижение метаболических процессов в организме животных и уровня эмоциональных реакций. При потреблении мучных кондитерских изделий во 2-й, 3-й и 4-й группах общая двигательная активность животных возрастает на 6,25%, 18,75% и 25% соответственно, а в 5-й группе уменьшается на 12,5% (по сравнению с контролем), что указывает на положительное влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки овощей на самочувствие и эмоциональное состояние лабораторных животных.

Выводы / Conclusion

Исследовано влияние мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки овощей на поведенческие реакции, использованных в эксперименте лабораторных крыс.

Изучена динамика изменения массы тела лабораторных крыс. Показатель поедаемости корма лабораторными животными экспериментальных групп не имел достоверной разницы, следовательно, исследуемый продукт для животных в плане предпочтения не отличался от привычного рациона. К 45-му дню эксперимента самое высокое увеличение массы тела лабораторных крыс было зафиксировано в 5-й группе, в рацион которой входит сахарное молочное печенье «Семейный амбар» для детского питания, реализуемое в торговых сетях. Во 2-й, 3-й и 4-й опытных группах данный показатель меньше на 0,6–1,45%, что указывает на диетические свойства мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой.

Регулярное потребление мучных кондитерских изделий на основе муки из светлозерной ржи и продуктов переработки корнеплодов моркови и свеклы столовой повышает активно-поисковую компоненту поведения лабораторных животных на 8,3–25,0% и 44,4–66,7% (по сравнению с контрольной и 5-й группами) соответственно. В то же время наблюдается незначительное повышение пассивно-оборонительной компоненты на 33,3%, в отличие от контрольной и 5-й групп, за счет увеличения количества дефекаций. Данное явление объясняется тем, что мука из светлозерной ржи и продукты переработки моркови и свеклы столовой содержат в своем составе пищевые волокна, которые в свою очередь удерживают воду в кишечнике и повышают осмотическое давление в его просвете, тем самым увеличивая объем фекалий.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Авторы внесли вклад в эту научную работу (А.Р. Абушаева — 45%, М.К. Садыгова — 45%, А.Б. Абуова — 10%).

Все авторы 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.

The authors contributed to this scientific work (A.R. Abushaeva — 45%, M.K. Sadygova — 45%, A.B. Abuova — 10%).

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. Корнен Н.Н., Лукьяненко М.В., Шахрай Т.А. Антиоксидантная активность пищевых добавок, полученных из вторичных растительных ресурсов. *Научный журнал КубГАУ*. 2017; 126(02): 109–118. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-126-007>
2. Цыбикова Г.Т., Разуваева Я.Г., Торопова А.А., Николаев С.М. Антимутагенные и антиоксидантные свойства кондитерских изделий, содержащих порошок из листьев *Hippophae rhamnoides L.* *Вопросы питания*. 2018; 87(1): 92–97. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10011>
3. Федянина Л.Н., Лях В.А., Смертина Е.С. Оценка эффективности профилактического действия хлеба с добавлением экстракта бурых водорослей. *Вестник КрасГАУ*. 2018; (5): 275–280. <https://elibrary.ru/migxnr>

REFERENCES

1. Kornen N.N., Lukyanenko M.V., Shahrays T.A. Antioxidant activity of food additives derived from secondary plant resources. *Scientific Journal of KubSAU*. 2017; 126(02): 109–118 (In Russian). <https://doi.org/10.21515/1990-4665-126-007>
2. Tsybikova G.Ts., Razuvaeva Ya.G., Toropova A.A., Nikolaev S.M. Antimutagenic and antioxidant features of confectionery products containing the powder from the leaves of *Hippophae rhamnoides L.* *Problems of Nutrition*. 2018; 87(1): 92–97 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10011>
3. Fedyanina L.N., Lyakh V.A., Smertina E.S. Evaluation of the effectiveness of preventive effect of bread with extract of brown seaweed. *Bulletin of KSAU*. 2018; (5): 275–280 (In Russian). <https://elibrary.ru/migxnr>

4. Хатуаев Р.О., Попов В.И., Клепиков О.В., Магомедов Г.О. Гигиеническая оценка использования сбитых хлебобулочных изделий без дрожжей как перспективного продукта профилактического питания. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(8): 767–771. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-8-767-771>
5. Abushaeva A., Sadygova M., Kondrashova A. Development of Pastry Formulas with High Antioxidant Content. *BIO Web of Conferences*. 2022; 43: 03024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303024>
6. Ушакова Ю.В., Рысмухамбетова Г.Е., Зирук И.В., Козлов С.В., Копчекчи М.Е. Изучение влияния безглютенового питания на организм крыс. *Ветеринарный врач*. 2021; (2): 55–63. <https://elibrary.ru/acmnmng>
7. Филонова Н.Н., Садыгова М.К., Белова М.В. Белозерная рожь в рецептуре зернового хлеба «Алатырь». *Инновационные технологии производства пищевых продуктов. Сборник материалов Международной научно-практической конференции*. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. 2016; 112–115. <https://elibrary.ru/xgqqqt>
8. Малеев Ю.В., Ульянова О.В. Основа профилактики всех заболеваний — рациональное питание. *Современная медицина: новые подходы и актуальные исследования. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию юбилею Медицинского института*. Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова. 2020; 480–488. <https://elibrary.ru/ioukdu>
9. Тугуш А.Р., Садыгова М.К., Белова М.В. Способ приготовления песочного печенья с добавлением продуктов переработки овощей. Патент РФ № 2688767. Дата начала отсчета срока действия патента: 22.05.2018. Опубликовано: 22.05.2019.
10. Сафиуллина А.Р., Садыгова М.К. Способ производства заварных пирожков повышенной пищевой ценности. Патент РФ № 2020126763. Дата начала отсчета срока действия патента: 10.08.2020. Опубликовано: 04.02.2021.
11. Tugush A.R., Sadygova M.K., Anikienko T.I., Kondrashova A.V., Ivanova Z.I. Choux gingerbread production technology based on light rye flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 640: 022071. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022071>
12. Henry B.L., Minassian A., Yang D.U., Paulus M.P., Geyer M.A., Perry W. Cross-species assessments of motor and exploratory behavior related to bipolar disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 2010; 34(8): 1296–1306. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.04.002>
13. Якимович И.Ю. и др. Поведенческие реакции белых крыс в тесте «Открытое поле» при воздействии регулярной физической нагрузки различного характера. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2019; 9(3): 48–51. <https://elibrary.ru/uaqvqf>
14. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В. Оценка антиоксидантных свойств обогащенных хлебобулочных изделий в эксперименте на лабораторных животных. *Вопросы питания*. 2016; 85(6): 39–47. <https://elibrary.ru/xgsfnj>
15. Бабкин В.А. и др. Медико-биологические свойства хлеба и мучных кондитерских изделий с арабиногалактаном ливственницы. *Химия растительного сырья*. 2012; (2): 185–193. <https://elibrary.ru/pjtorf>

4. Khatuaev R.O., Popov V.I., Klepikov O.V., Magomedov G.O. Hygienic assessment of the use of aerated flour-based food without yeast as a promising product for the preventive nutrition. *Hygiene and sanitation*. 2018; 97(8): 767–771 (In Russian). <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-8-767-771>
5. Abushaeva A., Sadygova M., Kondrashova A. Development of Pastry Formulas with High Antioxidant Content. *BIO Web of Conferences*. 2022; 43: 03024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303024>
6. Ushakova Yu.V., Rysmukhambetova G.E., Ziruk I.V., Kozlov S.V., Kopechekchi M.E. Study of the effect of gluten-free nutrition on the body of rats. *Veterinary Vrach*. 2021; (2): 55–63 (In Russian). <https://elibrary.ru/acmnmng>
7. Filonova N.N., Sadygova M.K., Belova M.V. White rye in the recipe of grain bread «Alatyr». *Innovation technologies of food production. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Saratov: Saratov State Vavilov Agrarian University. 2016; 112–115 (In Russian). <https://elibrary.ru/xgqqqt>
8. Maleev Y.V., Ulyanova O.V. The basis for prevention of all diseases — rational diet. *Modern Medicine new: approaches and current research. Proceedings of the international scientific and practical conference, dedicated to 30th anniversary of the Medical Institute*. Grozny: Kadyrov Chechen State University. 2020; 480–488 (In Russian). <https://elibrary.ru/ioukdu>
9. Tugush A.R., Sadygova M.K., Belova M.V. Method for preparation of shortbread cookie with addition of vegetables processing products. RF Patent No. 2688767. Starting date of the patent validity period: 22.05.2018. Published: 22.05.2019 (in Russian).
10. Safiullina A.R., Sadygova M.K. Method of production of custard cakes of increased nutritional value. RF Patent No. 2020126763. Starting date of the patent validity period: 10.08.2020. Published: 04.02.2021 (In Russian).
11. Tugush A.R., Sadygova M.K., Anikienko T.I., Kondrashova A.V., Ivanova Z.I. Choux gingerbread production technology based on light rye flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 640: 022071. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/2/022071>
12. Henry B.L., Minassian A., Yang D.U., Paulus M.P., Geyer M.A., Perry W. Cross-species assessments of motor and exploratory behavior related to bipolar disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*; 2010; 34(8): 1296–1306. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.04.002>
13. Yakimovich I.Yu. et al. Behavioral reactions of white rats in the test «Open field» under influence of regular physical load of different character. *Crimian Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2019; 9(3): 48–51 (In Russian). <https://elibrary.ru/uaqvqf>
14. Nilova L.P., Pilipenko T.V. Evaluation of antioxidant properties of enriched bakery products in experiment on laboratory animals. *Problems of Nutrition*. 2016; 85(6): 39–47 (In Russian). <https://elibrary.ru/xgsfnj>
15. Babkin V.A. et al. Medical and biological properties of bakery and pastry products enriched with larch arabinogalactan. *Chemistry of plant raw material*. 2012; (2): 185–193 (In Russian). <https://elibrary.ru/pjtorf>

ОБ АВТОРАХ:

Асия Рафаильевна Абушаева, аспирант, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, ул. Соколова, 335, Саратов, 410005, Россия asiyatugush@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0228-0523>

Мадина Карипулловна Садыгова, доктор технических наук, профессор, доцент, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, ул. Соколова, д. 335, Саратов, 410005, Россия sadigova.madina@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9918-852X>

Алтынай Бурхатовна Абуова, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, пр-т Гагарина, д. 238, Алматы, 050060, Казахстан a_burkhatovna@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1987-8417>

ABOUT THE AUTHORS:

Asiya Rafailyevna Abushayeva, Postgraduate Student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 335 Sokolova Str., Saratov, 410005, Russia asiyatugush@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0228-0523>

Madina Karipullovna Sadygova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 335 Sokolova Str., Saratov, 410005, Russia sadigova.madina@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9918-852X>

Altynai Burkhatovna Abuova, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Kazakh research institute of processing and food industry, 238 Gagarin Ave., Almaty, 050060, Kazakhstan a_burkhatovna@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1987-8417>

Ф.Х. Смольникова¹,
Е.К. Конганбаев¹,
Е.А. Кошелева²,
М.Б. Ребезов^{3, 4}, ✉
Б.К. Асенова¹

¹ Университет им. Шакарима, Семей, Казахстан

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

³ Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

⁴ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ rebezov@ya.ru

Поступила в редакцию:
04.03.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Технология вафельного рожка для мягкого мороженого с использованием нутовой муки и псиллиума

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Цель исследования — разработка рецептуры и технологии мучного кондитерского изделия вафельного рожка, используемого для расфасовки мягкого мороженого.

Методы. Технология производства вафельного рожка включает в себя процессы: приемка сырья, подготовка ингредиентов (просеивание сухих компонентов, взвешивание сухих компонентов), замес теста, перемешивание, выпечка изделий. В состав мучного кондитерского изделия входят ингредиенты: мука пшеничная, мука нутовая, измельченная шелуха подорожника (псилиум), отвар нута или жидкость от консервированного горошка, вода, ванилин, соль, масло растительное, стевозид. Псиллиум — вид растворимой клетчатки, обладающей огромным количеством ценных для человека качеств. Мука из нута не содержит глютена, который присутствует в злаках, таких как ячмень, пшеница или рожь, поэтому продукт ценен для людей с непереносимостью этого вещества (целиакия). Стевия — растительный подсластитель, который можно использовать вместо сахара. Технология производства вафель состоит из таких основных процессов, как подготовка ингредиентов, замес теста, выпечка вафель в аппарате, формование рожка, охлаждение, хранение.

Результаты. Исследование пищевой ценности показало, что вафельный рожок содержит: массовую долю белка — 7,2%, массовую долю жира — 22,6%, массовую долю углеводов — 34,2%, массовую долю золы — 0,83%, энергетическую ценность изделия — 361,9 ккал. Готовое изделие рекомендуется использовать для производства мягкого мороженого.

Ключевые слова: нутовая мука, стевозид, вафельный рожок, мороженое, псилиум, выпечка, отвар нута

Для цитирования: Смольникова Ф.Х., Конганбаев Е.К., Кошелева Е.А., Ребезов М.Б., Асенова Б.К. Технология вафельного рожка для мягкого мороженого с применением нутовой муки и псиллиума. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 144–148. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-144-148>

© Смольникова Ф.Х., Конганбаев Е.К., Кошелева Е.А., Ребезов М.Б., Асенова Б.К.

Farida H. Smolnikova¹,
Yermek K. Konganbayev¹,
Yelena A. Kosheleva²,
Maksim B. Rebezov^{3, 4}, ✉
Bakhytkul K. Asenova¹

¹ Shakarim University, Semey, Kazakhstan

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

³ V.M. Gorbatov Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁴ Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

✉ rebezov@ya.ru

Received by the editorial office:
04.03.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Waffle cone technology for soft ice cream using chickpea flour and psyllium

ABSTRACT

Relevance. The purpose of the research is to develop the recipe and technology of flour confectionery waffle cone used for packaging soft ice cream.

Methods. The production technology of the waffle cone included the following processes: acceptance of raw materials, preparation of ingredients (sifting of dry components, weighing of dry components), kneading dough, mixing, baking products. The composition of the flour confectionery included ingredients: wheat flour, chickpea flour, crushed psyllium husk, chickpea broth or liquid from canned peas, water, vanillin, salt, vegetable oil, stevioside. Psyllium is a type of soluble fiber that has a huge amount of valuable qualities for a person. Chickpea flour does not contain gluten, which is present in cereals such as barley, wheat or rye. Therefore, the product is valuable for people with intolerance to this substance (celiac disease). Stevia is a vegetable sweetener that can be used instead of sugar. The technology of waffle production consisted of the main processes: preparation of ingredients, kneading dough, baking waffles in the machine, forming a horn, cooling, storage.

Results. The study of nutritional value showed that the waffle cone contains: a mass fraction of protein — 7.2%, a mass fraction of fat — 22.6%, a mass fraction of carbohydrates — 34.2%, a mass fraction of ash — 0.83%, the energy value of the product — 361.9 kcal. The finished product is recommended to be used for the production of soft ice cream.

Key words: chickpea flour, stevioside, waffle cone, ice cream, psyllium, bakery products, chickpea decoction

For citation: Smolnikova F.H., Konganbayev E.K., Kosheleva E.A., Rebezov M.B., Asenova B.K. Technology of a waffle cone for soft ice cream using chickpea flour and psyllium. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 144–148 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-144-148>

© Smolnikova F.H., Konganbayev E.K., Kosheleva E.A., Rebezov M.B., Asenova B.K.

Введение/Introduction

Вафельный рожок — это кондитерское изделие, которое изготавливается для мягкого мороженого и других кондитерских изделий с начинкой. Традиционный вафельный рожок содержит в своем составе яйца, маргарин, муку, молоко, сахар.

Цель исследования — создание вафельного рожка пониженной калорийности.

При разработке кондитерских изделий, и вафельных рожков функционального назначения в частности, в состав вводят растительные компоненты, которые обладают рядом полезных свойств. Основная тенденция при разработке вафельных изделий — это замена части муки на муку других растительных компонентов [1].

Разработано вафельное изделие функционального назначения, которое содержит, помимо пшеничной муки, муку из семян эспарцета, порошок из крапивы и CO₂-шрота кофе. В качестве поверхностно-активных веществ были использованы фосфатиды, в смесь входили желтки яиц, бикарбонат натрия, соль и вода¹.

Предложена рецептура вафельного изделия с пониженным содержанием сахара, содержащая 60–80 мас. % муки, 10–23 мас. % сахарозы, 0,5–8,0 мас. %, предпочтительно 0,5–5 мас. % масла (кокосовое, рапсовое, подсолнечное, соевое, ореховое или их комбинации), 5–20 мас. % неусвояемых волокон, 0,2–3,0 мас. % эмульгатора (лецитина), 0,5–6 мас. % молочной сыворотки или молока, 0,1–1,0 мас. % хлорида, 35–45%² воды.

Известна новая рецептура вафель, в состав которой входят кокосовое масло, яйца куриные, крупяная мука, протеин, фруктово-овощной компонент. Температура выпечки вафель — 180–200 °С в течение 2 мин. с закрытой крышкой вафельницы, далее выпекается в течение 38 сек. после открытия крышки вафельницы³.

Разработана технология вафель с применением солодового корня. Для приготовления вафель использовалась мука овсяного солодового корня, при этом соотношение пшеничной муки и муки овсяного солодового корня составило 5:1⁴.

Для приготовления вафель использовали натуральную добавку, которая содержала сыр, специи, лук сушеный, чеснок сушеный, грибы сушеные, ветчину, бекон, рыбу, крабы, кальмаров, креветки. Натуральную добавку рекомендуется вводить в количестве от 1 до 30 %⁵.

Новая технология производства сахарных вафель с кофейным ароматом предусматривала замес теста, который содержал смесь пшеничной муки высшего сорта и муку ячона в соотношении по массе от 5:1 до 13:1. В рецептуру также входили сахарная пудра, соль, сода, желтки, сливочное масло, ароматизатор, вода. Тесто формовали в виде листов и выпекали⁶.

Для получения вафель использовали смесь пшеничной муки высшего сорта и муки из скорцонеры в соотношении по массе от 5:1 до 13:1. Мука из скорцонеры готовилась путем экстрагирования зиры жидким азотом с отделением соответствующей мисцеллы, подготовки скорцонеры, его резки, сушки в поле СВЧ до остаточной влажности около 20%. Влажность теста — 42–44%⁷.

Предложен способ получения сахарных вафель с кофейным ароматом с добавлением тописолнечника.

Вафли содержат смесь пшеничной муки высшего сорта, муку, полученную из тописолнечника, сахарную пудру, соль, соду, желтки, сливочное масло, ароматизатор, воду. Соотношение пшеничной муки высшего сорта и муки из тописолнечника от 5:1 до 13:1⁸.

Анализ научно-технической литературы показывает, что мучная составляющая вафель содержит растительные порошки семян эспарцета, муки ячона, муки тописолнечника и других растительных культур, овощные и фруктовые добавки, белковые добавки.

Для разработки нового вафельного изделия было предложено ввести в мучную составляющую нуттовую муку и псиллиум. Данные ингредиенты обладают рядом полезных свойств.

Псиллиум — вид растворимой клетчатки, обладающей огромным количеством ценных для человека качеств. Такую клетчатку извлекают из шелухи оболочек семечек подорожника песчаного. Псиллиум известен большим количеством клетчатки при весьма малом количестве чистых углеводов. Имеет множество полезных свойств: уменьшает уровень сахара в крови, улучшает работу желудочно-кишечного тракта, способствует выведению токсинов, улучшает обменные процессы в организме [2, 3].

Нуттовая мука имеет богатый нутриентный состав. Содержит: разнообразные витамины — A, B₁, B₂, B₅, B₆, B₉, K, PP; микроэлементы — кремний, марганец, молибден, медь, селен, цинк, железо; макроэлементы — фосфор, калий, магний, кальций; аминокислоты — метионин, лизин, триптофан; пуриновые вещества; клетчатку; мононенасыщенные и полиненасыщенные кислоты [4, 5].

Мука из нута отличается от других злаковых культур тем, что не содержит глютена, который присутствует в злаках, таких как ячмень, пшеница или рожь, поэтому данный продукт является ценным для людей с непереносимостью этого вещества (целиакия). Так как нуттовая мука имеет низкий гликемический индекс (35 ед.), то это свойство позволяет не вызывать скачков сахара в крови. Нуттовая мука содержит в себе сложные углеводы, которые представлены большей частью в виде клетчатки. В процессе переваривания она замедляет поглощение сахара организмом, но при этом дает необходимую энергию и чувство насыщения. Свойства клетчатки используются при лечении органов желудочно-кишечного тракта. Она мягко обволакивает слизистую, снимая воспаление или раздражение. Содержащиеся аминокислоты в нуттовой муке благоприятно воздействуют на организм человека, метионин принимает активное участие в обменных процессах жиров, помогает всасываться витаминам, триптофан — незаменимая аминокислота, обеспечивающая нормальную работу ЦНС, лизин необходим для регенерации клеток, нормальной выработки гормонов [4–6].

Дитерпеновые гликозиды из стевии имеют высокую сладость (в 50–350 раз слаще сахарозы), низкую калорийность, безопасны для здоровья человека. Для придания сладкого вкуса был использован стевозид [7, 8].

Полезные свойства нуттовой муки и псиллиума позволяют использовать их в качестве ингредиентов функционального питания.

¹ Тарасенко Н.А., Гукасян Т.М. Патент RU № 2601803. Вафельное изделие функционального назначения. Оpubл. 10.11.2016, бюл. № 31.

² Сандерланд Ш.-О., Грин Д., Де Лавос Д'Арифа Л. Патент № RU 2019 103 404. Вафля с пониженным содержанием сахара. Оpubл. 10.08.2020, бюл. № 22.

³ Семочкина А.В. Патент RU 2 631 327. Способ приготовления мягких вафель. Оpubл. 21.09.2017., бюл. № 27.

⁴ Квасенков О.И., Куликов В.В. Патент № RU 2 424 702. Способ производства сахарных вафель. Оpubл. 27.07.2011, бюл. № 21.

⁵ Маланов А.М. Патент № RU 2 292 143. Состав для приготовления вафель. Оpubл. 27.01.2007, бюл. № 3.

⁶ Квасенков О.И. Патент № RU 2 401 008. Способ получения сахарных вафель. Оpubл. 10.10.2010, бюл. № 28.

⁷ Квасенков О.И., Журавская-Скалова Д.В. Патент № RU 2 426 377. Способ получения сахарных вафель. Оpubл. 20.08.2011, бюл. № 23.

⁸ Квасенков О.И. Патент № RU 2 399 261. Способ получения сахарных вафель. Оpubл. 20.09.2010, бюл. № 26.

Цель исследования — разработка технологии и рецептуры вафельного рожка пониженной калорийности.

Для выполнения поставленной цели были определены задачи:

- провести поиск научно-технической литературы по вопросам совершенствования рецептур вафельного рожка пониженной калорийности;
- подобрать компоненты для вафельного рожка;
- рассчитать рецептуру с помощью методов математического моделирования;
- подобрать технологические режимы производства вафельного рожка, скорректировать рецептуру вафельного рожка при апробировании;
- исследовать показатели качества вафельного рожка.

Материал и методы исследования / Material and methods

Объектами исследования являлись сырье для производства мучного кондитерского изделия, вафельный рожок.

Для исследования показателей качества вафельного изделия использовали стандартные методы.

Отбор проб осуществляли по ГОСТ 5904-82⁹. Определение массовой доли жира производили по ГОСТ 31902-2012¹⁰. Использовался экстракционно-весовой метод определения массовой доли жира в мучных и сахаристых кондитерских изделиях и полуфабрикатах. Метод позволяет провести экстракцию жира из пробы изделия специальным растворителем, далее (после удаления растворителя) определяется массовая доля жира.

Для определения белка использовали ГОСТ 34551-2019¹¹. Метод основывается на определении массовой доли общего азота после минерализации анализируемой пробы концентрированной серной кислотой в присутствии катализатора, отгонке аммиака, титриметрическом определении его с использованием коэффициентов пересчета азота на общий белок.

Содержание углеводов определяли по ГОСТ 5903-89¹². Для определения щелочности использовали ГОСТ 5898-87¹³. Для исследования массовой доли влаги в кондитерском изделии применяли ГОСТ 5900-2014¹⁴, для определения золы в вафельном изделии — ГОСТ 5900-2014¹⁵. Для определения пищевых волокон использовали ГОСТ 34844-2022¹⁶.

Органолептическая оценка проводилась по методике ГОСТ 31986-2012¹⁷. Изделие оценивалось по пятибалльной шкале, для оценки изделия были привлечены 10 специалистов, которые представили свою экспертную оценку.

Результаты опыта 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

Технологический процесс производства мучного кондитерского изделия состоял из приемки сырья, подготовки ингредиентов (просеивание сухих компонентов,

Таблица 1. Рецептура вафельного рожка

Table 1. Waffle cone recipe

Наименование	Рецептура		
	1	2	3
Нутовый отвар / жидкость от консервированного горошка	230,00	220	225,00
Стевозид	0,70	1,00	0,95
Вода питьевая	170,00	181,00	176,40
Масло растительное рафинированное подсолнечное	169,60	170,05	176,40
Ванилин	2,20	2,0	2,30
Соль	0,5	0,5	0,5
Мука пшеничная	228,00	221	225,00
Нутовая мука	173,00	176,00	169,000
Псиллиум	26,00	28,00	24,45
Итого	1000,00	1000,00	1000,00

взвешивание сухих компонентов), замеса теста, перемешивания, выпечки изделий, завертывание вафель в рожок, охлаждение вафельных рожков, хранение вафельных рожков.

Для производства вафель использовали такие ингредиенты, как мука пшеничная, мука нутовая, измельченная шелуха подорожника (псиллиум), отвар нута или жидкость от консервированного горошка, вода, ванилин, соль, масло растительное, стевозид.

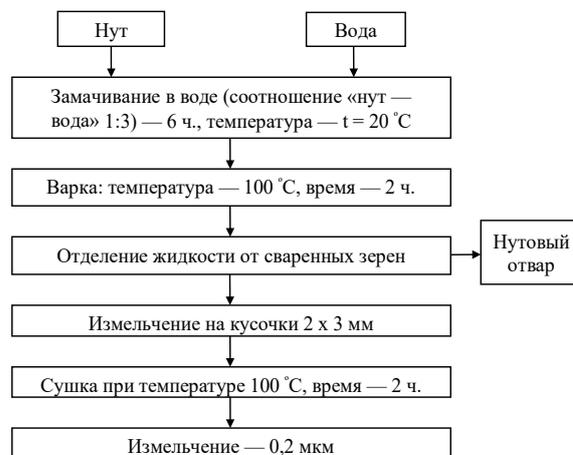
Были разработаны три рецептуры для вафельного рожка (данные представлены в табл. 1).

Предварительно изготавливалась нутовая мука по следующей технологической схеме (рис. 1).

Нут заливают водой в соотношении 1:3, далее оставляют на замачивание в течение 6 часов, после замачивания варят (для этого нут заливают водой в соотношении 1:4,5). Варят в течение 2 часов. После варки отделяют оставшуюся жидкость от сваренных зерен. Сваренные зерна измельчаются на более мелкие кусочки диаметром 2 x 3 мм. После измельченный нут сушат в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 2 часов. После высушивания нут измельчается на мельнице до порошкообразного состояния (до размеров частиц 0,2 мкм) для получения нутовой муки.

Рис. 1. Приготовление нутовой муки

Fig. 1. Making chickpea flour



⁹ ГОСТ 5904-82 Изделия кондитерские. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб. Стандартиформ. 2010; 9.

¹⁰ ГОСТ 31902-2012 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира. Стандартиформ. 2014; 14.

¹¹ ГОСТ 34551-2019 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка. Стандартиформ. 2019; 7.

¹² ГОСТ 5903-89 Изделия кондитерские. Методы определения сахара. Стандартиформ. 2012; 24.

¹³ ГОСТ 5898-87 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. Стандартиформ. 2012; 9.

¹⁴ ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. Стандартиформ. 2015; 9.

¹⁵ ГОСТ 5901-2014 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси. Стандартиформ. 2015; 7.

¹⁶ ГОСТ 34844-2022 Определение массовой доли пищевых волокон. Стандартиформ. 2022; 11.

¹⁷ ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. Стандартиформ. 2019; 8.

Технология вафель представлена на рисунке 2.

Для приготовления вафель сухие ингредиенты взвешиваются (нутовая мука, пшеничная мука, псиллиум, стевозид, ванилин, соль) и смешиваются. Псиллиум измельчается до порошкообразного состояния (0,2 мкм). К сухой смеси добавляется вода, полученная масса смешивается тщательно (до разбивания комочков). В полученную вязкую массу добавляют растительное масло, еще раз тщательно перемешивают. Жидкость после варки нута или жидкость от консервированного горошка взбивается до состояния устойчивой пены. Полученная жидкость добавляется в тесто, масса тщательно перемешивается.

Готовое тесто разливают в аппарате для выпечки вафель. Выпекают при температуре 180–200 °С в течение 2 мин. Вафельный лист формируется в рожок и охлаждается до температуры 18–20 °С. Готовое изделие хранится 10 суток при температуре 18–22 °С и относительной влажности $\varphi = 65\text{--}70\%$.

Готовое изделие было исследовано на химический состав и физико-химические показатели (данные представлены в табл. 2).

Анализ физико-химического состава показывает, что разработанные вафли отличались более высокой калорийностью, но незначительно. Это было достигнуто за счет увеличения количества белка и жира в составе нового продукта. В то же время количество углеводов было более низким. Также опытные образцы отличались содержанием пищевых волокон, в отличие от контрольного образца, так как в составе вафель содержится источник пищевых волокон псиллиум.

Органолептические показатели представлены в виде диаграммы на рисунке 3.

Рецептура 2 отличалась от других более высокими показателями качества: вкус и запах — свойственные вафле без постороннего привкуса и запаха, внешний вид — поверхность с четким рисунком, края ровные, цвет — однотонный, светло-коричневый, вафельные

Рис. 2. Технология вафельного рожка

Fig. 2. Wafer cone technology

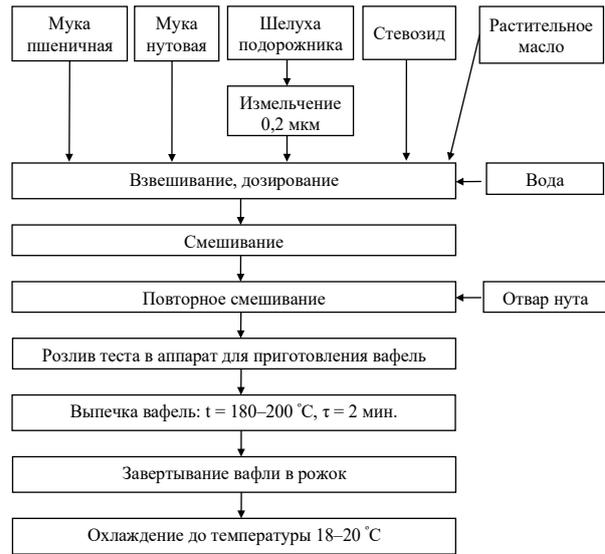


Таблица 2. Химический состав и физико-химические показатели вафельного рожка

Table 2. Chemical composition and physico-chemical parameters of the waffle cone

Наименование показателя	Рецептура			Контроль
	1	2	3	
Белки, г	7,3 ± 0,01	7,3 ± 0,03	7,2 ± 0,04	4,8
Жиры, г	21,7 ± 0,02	22,0 ± 0,03	22,6 ± 0,11*	18,6
Углеводы, г	34,6 ± 0,10*	34,7 ± 0,03	34,2 ± 0,08	35,5
Содержание пищевых волокон	1,82 ± 0,06*	1,96 ± 0,03*	1,68 ± 0,07*	—
Зола	0,8 ± 0,04	0,78 ± 0,03	0,83 ± 0,09*	0,1
Калорийность	354,8 ± 0,03	358,2 ± 0,03	361,9 ± 0,05	350
Щелочность	1,0 ± 0,02	1,0 ± 0,03	1,0 ± 0,04	1,0
Влажность	3,0 ± 0,03	2,95 ± 0,01	2,9 ± 0,02	3,9

Примечание: * — $p \leq 0,05$

листы — равномерно пропеченные, с развитой пористостью, обладающие хрустящими свойствами.

Выводы/Conclusion

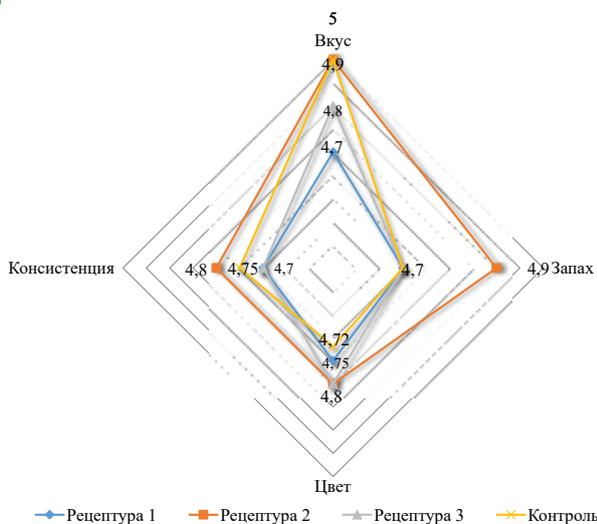
В результате исследования было выявлено, что добавление нутовой муки и псиллиума в тесто для вафельных рожков приводит к улучшению их структуры и текстуры. Вафельные рожки с использованием нутовой муки и псиллиума имеют более высокую плотность, лучше сохраняют свою форму. Кроме того, такие вафельные рожки имеют более высокое содержание белка и диетических волокон.

Оценка вкусовых качеств вафельных рожков показала, что вафельные рожки с использованием нутовой муки и псиллиума имеют более насыщенный и интересный вкус, чем классические вафельные рожки.

На основе результатов можно сделать вывод, что использование нутовой муки и псиллиума при производстве вафельных рожков может привести к улучшению их качества и питательных свойств, а также повысить их вкусовые качества.

Рис. 3. Органолептические показатели рецептур

Fig. 3. Organoleptic parameters of formulations



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:

Материалы подготовлены в рамках выполнения научного исследования по теме диссертации «Разработка технологии мороженого пониженной калорийности с использованием пищевых волокон» на соискание ученой степени PhD.

Финансирование осуществлялось за счет инициативных средств авторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылева А.В. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья в производстве мучных кондитерских изделий функционально-го назначения. *Евразийское научное объединение*. 2018; (12-1): 63–67. <https://elibrary.ru/yubntr>
2. Комиссаренко И.А., Левченко С.В., Сильвестрова С.Ю., Косачева Т.А., Носкова К.К. Многоцелевая монотерапия псиллиумом больных дивертикулярной болезнью. *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2012; (3): 62–67. <https://elibrary.ru/rwhgvv>
3. Сарафанкина Е.А., Буренкова С.А. Псиллиум — новый вид ингредиента в производстве продуктов питания. *Инновационная техника и технология*. 2021; 8(4): 27–32. <https://elibrary.ru/hymthc>
4. Евсенина М.В., Никитов С.В. Использование нутовой муки в технологии продуктов функционального назначения. *Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения. Материалы 71-й Международной научно-практической конференции*. Рязань. 2020; 2: 14–18. <https://elibrary.ru/ixrxs>
5. Колпакова В.В., Куликов Д.С., Уланова Р.В., Чумикина Л.В. Пищевые и кормовые белковые препараты из гороха и нута: производство, свойства, применение. *Техника и технология пищевых производств*. 2021; 51(2): 333–348. <https://elibrary.ru/pqcgqg>
6. Казанцева И.Л., Кувлетова Т.Б., Злобина Л.Н. К вопросу применения муки из зерна нута в технологии мучных кондитерских изделий. *Зерно-бобовые и крупяные культуры*. 2018; (1): 76–82. <https://elibrary.ru/yuvvbe>
7. Хрычев А.А. Пути использования натурального сахарозаменителя стевия в производстве диетических продуктов питания. *Аллея Науки*. 2017; 3(9): 419–424. <https://elibrary.ru/yuleqj>
8. Кочетов А.А., Синявина Н.Г. Стевия (*Stevia rebaudiana Bertoni*): биохимический состав, терапевтические свойства и использование в пищевой промышленности (обзор). *Химия растительного сырья*. 2021; (2): 5–27. <https://doi.org/10.14258/jcprn.2021027931>

ОБ АВТОРАХ:

Фарида Харисовна Смольникова, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Университет им. Шакарима, ул. Глинки, 20А, Семей, 071412, Казахстан smolnikovafarida@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>

Ермек Кадырбаевич Конганбаев, докторант, Университет им. Шакарима, ул. Глинки, 20А, Семей, 071412, Казахстан konganbaev-1988@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9184-5794>

Елена Алексеевна Кошелева, кандидат технических наук, доцент, Новосибирский государственный аграрный университет, ул. Добролюбова, 160, Новосибирск, 630039, Россия ka3046@mail.ru <https://orcid.org/009-0005-1040-1187>

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

Бахыткуль Кажкеновна Асенова, кандидат технических наук, профессор, Университет им. Шакарима, ул. Глинки, 20А, Семей, 071412, Казахстан asenova.1958@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2996-8587>

FUNDING:

The materials were prepared as part of the scientific research on the topic of the dissertation «Development of low-calorie ice cream technology using dietary fiber» for the degree of PhD.

The financing was carried out at the expense of the initiative funds of the authors.

REFERENCES

1. Bobyleva A.V. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of functional flour confectionery products. *Evrzayskoe nauchnoe obyedinenie*. 2018; (12-1): 63–67 (In Russian). <https://elibrary.ru/yubntr>
2. Komissarenko I.A., Levchenko S.V., Silvestrova S. Yu., Kosacheva T.A., Noskova K.K. Multipurpose psyllium monotherapy in patients with diverticular disease. *Experimental and Clinical Gastroenterology Journal*. 2012; (3): 62–67 (In Russian). <https://elibrary.ru/rwhgvv>
3. Sarafankina E.A., Burenkova S.A. Psyllium — a new kind of ingredient in food production. *Innovative Machinery and Technology*. 2021; 8(4): 27–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/hymthc>
4. Evsenina M.V., Nikitov S.V. The use of chickpea flour in the technology of functional products. *Modern challenges for the agro-industrial complex and innovative ways to solve them. Proceedings of the 71st International Scientific and Practical Conference*. Ryazan. 2020; 2: 14–18 (In Russian). <https://elibrary.ru/ixrxs>
5. Kolpakova V.V., Kulikov D.S., Ulanova R.V., Chumikina L.V. Food and feed protein preparations from peas and chickpeas: production, properties, application. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021; 51(2): 333–348 (In Russian). <https://elibrary.ru/pqcgqg>
6. Kazantseva I.L., Kulevatova T.B., Zlobina L.N. About chickpea flour application in flour confectionery technology. *Legumes and Groat Crops*. 2018; (1): 76–82 (In Russian). <https://elibrary.ru/yuvvbe>
7. Khrychev A.A. Ways of using natural saharozamenitel stevia in the production of dietary foodstuffs. *Alleya Nauki*. 2017; 3(9): 419–424. (In Russian) <https://elibrary.ru/yuleqj>
8. Kochetov A.A., Sinyavina N.G. Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*): biochemical composition, therapeutic properties and use in the food industry (review). *Chemistry of plant raw material*. 2021; (2): 5–27 (In Russian). <https://doi.org/10.14258/jcprn.2021027931>

ABOUT THE AUTHORS:

Farida Harisovna Smolnikova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, University named after Shakarima, 20A Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan smolnikovafarida@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-8777-5313>

Yermek Kadyrbaevich Konganbayev, doctoral student, University named after Shakarima, 20A Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan konganbaev-1988@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-9184-5794>

Elena Alekseevna Kosheleva, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova Str., Novosibirsk, 630039, Russia ka3046@mail.ru <https://orcid.org/009-0005-1040-1187>

Maksim Borisovich Rebezov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor:
• V.M. Gorbatoev Federal Scientific Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, 26 Talalikhin Str., Moscow, 109316, Russia;
• Ural State Agrarian University, 42 Karl Liebknecht Str., Yekaterinburg, 620075, Russia rebezov@ya.ru <https://orcid.org/0000-0003-0857-5143>

Bakhytkul Kazhkenovna Asenova, Candidate of Technical Sciences, Professor, University named after Shakarima, 20A Glinka Str., Semey, 071412, Kazakhstan asenova.1958@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-2996-8587>

Н.В. Наumenko¹, ✉
Р.И. Фаткуллин¹,
И.В. Калинина¹,
Е.Е. Наumenko¹,
Е. Иванисова²,
Е.К. Васильева³,
А.В. Радкевич⁴

¹Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

²Словацкий сельскохозяйственный университет, Нитра, Словакия

³Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

⁴Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

✉ Naumenkonv@susu.ru

Поступила в редакцию:
03.03.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Natalya V. Naumenko¹, ✉
Rinat I. Fatkullin¹,
Irina V. Kalinina¹,
Ekaterina E. Naumenko¹,
Eva Ivanišová²,
Elizaveta K. Vasilyeva³,
Anastasia V. Radkevich⁴

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

²Slovak University of Agriculture, Nitra, Slovakia

³Russian University of Transport, Moscow, Russia

⁴ITMO University, St. Petersburg, Russia

✉ Naumenkonv@susu.ru

Received by the editorial office:
03.03.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Контролируемое проращивание зерновых культур – эффективный способ переработки низкокачественного сырья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Развитие технологий приработки зерновых культур и получения сырьевых ингредиентов, обладающих повышенными антиоксидантными свойствами, содержащих в своем составе биологически активные вещества природного происхождения, позволит сформировать современный отечественный рынок полезных пищевых продуктов для поддержания здоровья населения страны в долгосрочной перспективе. В качестве одного из таких подходов может быть контролируемое проращивание зерновых культур при ультразвуковой обработке на этапе замачивания. Данная технология позволит получить максимальный выход готовой продукции с единицы перерабатываемого сырья, перерабатывать низкокачественное сырье и создавать продукты с повышенной пищевой ценностью.

Методы. Объектами исследования были определены три образца зерновых культур: пшеница, ячмень, овес. На начальном этапе проводился входной контроль качества сырья и его обеззараживание физическим методом воздействия. Для опытных образцов зерновых культур на этапе замачивания осуществляли воздействие ультразвуком ($22 \pm 1,25$ кГц) 245 Вт/л в течение 5 мин., далее зерно замачивали в течение 8 час. (зерно пшеницы) и 12 час. (зерно ячменя и овса) проводили процесс проращивания до достижения величины роста 1,5–2 мм более чем у 90% зерен. С контрольными образцами проводили все операции в той же последовательности, исключая процесс ультразвукового воздействия. Во всех исследуемых образцах были определены общее содержание флавоноидов и полифенольных соединений с применением спектрофотометрического метода, общая антиоксидантная активность с использованием DPPH-метода, а также содержание γ -аминомасляной кислоты с использованием автоматизированной системы жидкостной хроматографии.

Результаты. Исследования показали, что для всех пророщенных образцов зерновых культур характерны достаточно высокие значения содержания флавоноидов и полифенольных соединений. При этом у образцов, полученных при ультразвуковом воздействии, отмечается увеличение содержания флавоноидов в среднем в 7,3–8,9 раза, полифенолов — в 2–5,6 раза. В процессе интенсифицированного контролируемого проращивания общая антиоксидантная активность увеличивается на 31,6–40,0% относительно контрольных образцов зерновых культур. Прирост содержания ГАМК в образцах после ультразвукового воздействия составил в среднем 360–490%. Полученные результаты подтвердили возможность и целесообразность использования предложенной технологии контролируемого проращивания в получении сырьевых ингредиентов из пророщенных зерновых культур. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 23-26-00290.

Ключевые слова: зерновые культуры, зерно пшеницы, зерно ячменя, зерно овса, антиоксидантные свойства, γ -аминомасляная кислота, ультразвуковое воздействие

Для цитирования: Наumenko Н.В. и др. Контролируемое проращивание зерновых культур — эффективный способ переработки низкокачественного сырья. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 149–154. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-149-154>

© Наumenko Н.В., Фаткуллин Р.И., Калинина И.В., Наumenko Е.Е., Иванисова Е., Васильева Е.К., Радкевич А.В.

Controlled germination of grain crops is an effective way to processing low-quality raw materials

ABSTRACT

Relevance. The development of technologies of cereal crops germination and obtaining of raw ingredients with increased antioxidant properties, containing in their composition biologically active substances of natural origin, will allow to form a modern domestic market of useful food products to maintain the health of the country in the long term. One such approach could be controlled germination of grain crops by ultrasonic treatment during the soaking stage. This technology will maximise the yield of finished products per unit of processed raw material, process low-quality raw materials and create products with increased nutritional value.

Methods. The objects of the study were three samples of grain crops: wheat, barley, oats. At the initial stage, incoming quality control of raw materials and their disinfection by physical method of exposure were carried out. For experimental samples of cereal crops at the stage of soaking the impact of ultrasound (22 ± 1.25 kHz) 245 W/l for 5 min, then the grain was soaked for 8 hours (wheat grain) and 12 hours (barley and oats grain), the process of germination was carried out until reaching the sprout size 1.5–2 mm in more than 90% of grains. All operations with control samples were performed in the same sequence, excluding the process of ultrasound exposure. The total content of flavonoids and polyphenolic compounds was determined in all tested samples using spectrophotometric method, total antioxidant activity using DPPH-method, and γ -aminobutyric acid content using automated liquid chromatography system.

Results. The studies showed that all germinated samples of cereal crops are characterized by sufficiently high values of flavonoid and polyphenolic compounds. At the same time, the samples obtained by ultrasound exposure showed an increase in the content of flavonoids by an average of 7.3–8.9 times, polyphenols by 2–5.6 times. In the process of intensified controlled germination, the total antioxidant activity increased by 31.6–40.0%, relative to the control samples of grain crops. The increase in GABA content in samples after ultrasound exposure averaged 360–490%. The results confirmed the possibility and feasibility of using the proposed technology of controlled germination in obtaining raw ingredients from germinated cereal crops. The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation Grant 23-26-00290.

Key words: cereals, wheat grain, barley grain, oat grain, antioxidant properties, γ -aminobutyric acid, ultrasound

For citation: Naumenko N.V. *et al.* Controlled sprouting of grain crops is an effective way to process low-quality raw materials. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 149–154 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-149-154>

© Naumenko N.V., Fatkullin R.I., Kalinina I.V., Naumenko E.E., Ivanisova E., Vasileva E.K., Radkevich A.V.

Введение/Introduction

По данным Росстата¹, увеличение урожая зерновых культур в России в 2022 году относительно прошлого года составило 7,4% (150 млн т). Полученные объемы зерна и внешнеполитические факторы привели к ряду проблем, связанных с переориентацией экспорта и недостаточностью мощностей зерновых хранилищ. Полученные рекордные урожаи, особенно зерна пшеницы, по своему качественному составу в большом процентном соотношении содержат четвертый (и даже пятый) класс, что обуславливает необходимость разработки технологических подходов переработки низкокачественного сырья и создания продуктов с повышенной пищевой ценностью [1, 3].

Поиск новых высокоэффективных подходов переработки растительной продукции является актуальным и востребованным направлением для пищевой отрасли. Особый упор делается на внедрение современных отечественных технологий переработки сырья и максимальный выход готовой продукции с единицы перерабатываемого сырья.

Одним из таких направлений можно выделить проращивание зерновых культур в контролируемых условиях. Предыдущими исследованиями [2] и рядом работ, представленных в открытой печати [20], установлено, что контролируемое проращивание зерновых культур должно проводиться в регламентируемых значениях таких характеристик, как температура, влажность, доступ кислорода, длительность процесса и использование различных способов интенсификации накопления биологически активных веществ. Данная технология позволяет получать сырьевые ингредиенты повышенной пищевой ценности. Так, Ding и его коллеги [9, 10] отмечают увеличение при проращивании содержания витаминов (А, группы В, С и Е), полифенолов и флавоноидов [23], что положительно сказывается на антиоксидантной активности [14] и синтезе фитостероидов [24].

Технология проращивания зерновых культур запускает ряд процессов, основанных на активации ферментативной системы, что повышает усвояемость сахаров, аминокислот [24] и стимулирует накопление γ -аминомасляной кислоты (ГАМК) [8–10], минеральных веществ [25], пищевых волокон [26].

Вместе с тем важно учитывать, что сам по себе процесс проращивания связан с множеством рисков, таких как излишнее повышение амилазной активности, кислотности, развитие плесневой микрофлоры и др., что может сделать непригодным полученное сырье для дальнейшего использования. Поэтому данная технология должна разрабатываться строго персонализированно для каждого отдельного вида зерновой культуры с учетом особенностей ее химического состава, длительности ведения процесса и использования технологических приемов, интенсифицирующих данный процесс.

В качестве одного из приемов повышения интенсивности процесса контролируемого проращивания и интенсификации накопления биологически активных веществ может быть использовано ультразвуковое воздействие.

Ультразвуковое воздействие — это форма акустической энергии, принимающая природу циклического звукового давления, имеющая волны с частотой, превышающей верхний предел человеческого слуха (0,20 кГц) [7]. Данный вид воздействия как новая технология акустической обработки активно используется для интенсификации накопления биологически активных веществ² в растениях, в том числе в семенах [7, 12, 17]. Акустическая энергия подается через жидкие среды, поэтому обработку зерновых культур необходимо проводить в гидромодуле с водой или растворами специального химического состава.

Исследователи [6, 8] отмечают, что содержание ГАМК увеличивается в растительном сырье при применении ультразвуковой обработки (40 кГц, 300 Вт) во время процесса замачивания в течение 30 мин. Обработка в режиме (25 кГц, 5,1 Вт/л) в течение 10–30 мин. способна активизировать накопление витаминов B_1 , B_2 , B_3 [23], воздействие в режиме (25 кГц, 26 Вт/л) повышает антиоксидантную способность [23]. Ряд исследователей [13, 15] отмечают положительное влияние регулярного употребления растительных продуктов на основе пророщенных культур, которые содержат в большом количестве ГАМК, на улучшение памяти, пространственных когнитивных функций [24] и защитных эффектов при гипотиреозе, а также на улучшение сердечно-сосудистых заболеваний. На основании вышесказанного можно отметить, что оценка потенциального положительного влияния пророщенных зерновых культур на организм человека является актуальной [4–9].

Цель исследования — оценка антиоксидантных свойств и содержания γ -аминомасляной кислоты в зерновых культурах после проведения процесса контролируемого проращивания.

Материал и методы исследования /

Material and methods

Для проведения исследований были определены следующие объекты:

- зерно пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Эритропермум урожая 2022 года;
- зерно ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Челябинец 1 урожая 2022 года;
- зерно овса (*Avena sativa*) сорта Универсал 1 урожая 2022 года.

Для формирования проб зерновых культур руководствовались ГОСТ 13586.3-2015³. Для выравнивания размерного ряда и проведения контролируемого проращивания предварительно использовали программу SeedCounter v.1.9.5 [16].

На этапе входного контроля зерновых культур определяли органолептические показатели исследуемых образцов зерновых культур согласно ГОСТ 9353-2016⁴, ГОСТ 28672-2019⁵, ГОСТ 28673-2019⁶, *натуру* исследуемых образцов зерновых культур — по ГОСТ 10840-2017⁷.

С точки зрения экономической эффективности предлагаемой технологии контролируемого проращивания зерновых культур использовали зерно заведомо низкой классности.

¹ Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 26.03.2023).

² Kalinina I.V., Potoroko I., Sonawane Sh.H. Sonochemical encapsulation of taxifolin into cyclodextrine for improving its bioavailability and bioactivity for food. Encapsulation of Active Molecules and Their Delivery System. Elsevier. 2020. 85–102. ISBN 9780128193631 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819363-1.00005-3>.

³ ГОСТ 13586.3-2015 Зерно. Правила приемки и методы отбора проб.

⁴ ГОСТ 9353-2016 Пшеница. Технические условия.

⁵ ГОСТ 28672-2019 Ячмень. Технические условия.

⁶ ГОСТ 28673-2019 Овес. Технические условия.

⁷ ГОСТ 10840-2017 Зерно. Метод определения *натуры*.

На начальном этапе контролируемого проращивания удаляли все загрязнения и проводили процесс обеззараживания физическим методом воздействия с целью обеспечения безопасности получаемых сырьевых ингредиентов. Для опытных образцов на этапе замачивания осуществляли воздействие ультразвуком ($22 \pm 1,25$ кГц) 245 Вт/л в течение 5 мин. Для обработки применялся аппарат ультразвуковой технологической «Волна-М УЗТА-0,63/22-ОМ» (г. Бийск, Россия). Гидро модуль зерна с водой был определен 1:1. Условия обработки ультразвуковым воздействием варьировались, изучались ранее и представлены в работах [2].

После ультразвукового воздействия образцы зерна замачивали в воде при 22 ± 2 °С в течение 8 час. (зерно пшеницы) и 12 час. (зерно ячменя и овса), затем проводили процесс проращивания в камере с контролируемой температурой 22 ± 2 °С и влажностью воздуха $95 \pm 3\%$. Проросшее зерно удалялось из камеры по достижении величины роста 1,5–2 мм более чем у 90% зерен. Время проращивания — от 15 до 40 час. Использование ультразвукового воздействия позволило сократить процесс проращивания образцов в среднем на $25 \pm 3\%$.

С контрольными образцами проводили все операции в той же последовательности, исключая процесс ультразвукового воздействия. Время проращивания контрольных образцов — от 26 до 50 час.

В качестве исследуемых образцов после проведения процедуры контролируемого проращивания были определены следующие:

образец 1 — зерно пшеницы, полученное путем контролируемого проращивания без ультразвукового воздействия (контроль);

образец 2 — зерно ячменя, полученное путем контролируемого проращивания без ультразвукового воздействия (контроль);

образец 3 — зерно овса, полученное путем контролируемого проращивания без ультразвукового воздействия (контроль);

образец 1.1 — зерно пшеницы, полученное путем контролируемого проращивания с УЗВ на этапе замачивания;

образец 2.1 — зерно ячменя, полученное путем контролируемого проращивания с УЗВ на этапе замачивания;

образец 3.1 — зерно овса, полученное путем контролируемого проращивания с УЗВ на этапе замачивания.

Полученные образцы высушивали при температуре не более 50 °С в условиях принудительной конвекции до влажности не более 14%. Для проведения дальнейших исследований измельчали разовым помолом с использованием лабораторной мельницы ЛМТ-3М.

В проросшем зерне определяли *общую антиоксидантную активность* по поглощению радикалов в образцах с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) [5].

Определение *общего содержания флавоноидов* проводили с использованием процедуры [5]. В качестве стандарта использовали кверцетин ($0,01\text{--}0,5$ мг L-1, $R^2 = 0,997$), результаты выражали в мкг-1-эквивалентах кверцетина (мг QE/г). Абсорбцию образца экстрактов определяли с использованием спектрофотометра Jenway (6405 UV/Vis, Англия) при 515 нм и 415 нм соответственно.

Содержание полифенольных соединений определяли с использованием реактива Фолина-Чокальтеу при светопоглощении 700 нм. В качестве стандарта использовали галловую кислоту, результаты выражали в эквивалентах галловой кислоты (мг GAE/г) [19].

Таблица 1. Результаты определения входных параметров зерновых культур в исходном состоянии (до проведения процесса контролируемого проращивания)

Table 1. The results of determining the input parameters of grain crops in the initial state (before the process of controlled germination)

Наименование показателей	Фактическое значение показателей исследуемых образцов		
	зерно пшеницы	зерно ячменя	зерно овса
Состояние	в здоровом, негреющемся состоянии		
Цвет	свойственный здоровому состоянию данной зерновой культуры		
Запах	свойственный здоровому состоянию данной зерновой культуры		
Натура, г/л	702–722	540–564	511–532
Влажность, %	11,8–13,5	11,8–12,5	11,3–12,9
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	11,6–12,1	10,2–10,6	6,2–6,4
Содержание флавоноидов, мг QE/г	$0,188 \pm 0,019$	$0,178 \pm 0,017$	$0,269 \pm 0,016$
Содержание полифенольных соединений, мг GAE/г	$0,218 \pm 0,016$	$0,241 \pm 0,018$	$0,267 \pm 0,015$
Общая антиоксидантная активность, %	$32,4 \pm 0,2$	$36,8 \pm 0,3$	$41,6 \pm 0,2$
Содержание ГАМК, мг 100/г	$1,66 \pm 0,07$	$1,45 \pm 0,04$	$1,82 \pm 0,06$

Определение содержания γ -аминомасляной кислоты (ГАМК) осуществляли хроматографически с использованием автоматизированной системы жидкостной хроматографии Shimadzu Prominence LC-20 (Япония) с колонкой с обращенной фазой Prodigy C 18 (5 мкм) с внутренним диаметром 4,6 × 250 мм [19].

Полученные данные были обработаны на основе методов математической статистики с использованием Microsoft Excel и MathCad, представлены с доверительным коэффициентом 0,95.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Качество пищевых ингредиентов из проросших зерновых культур во многом зависит от свойств исходного сырья. В связи со сложившейся тенденцией на рынке зерновых культур, заключающейся в присутствии значительной доли низкосортного сырья и активного развития технологии его переработки, в исследовании было использовано зерно, характеризующееся значительной вариабельностью исходных показателей (табл. 1).

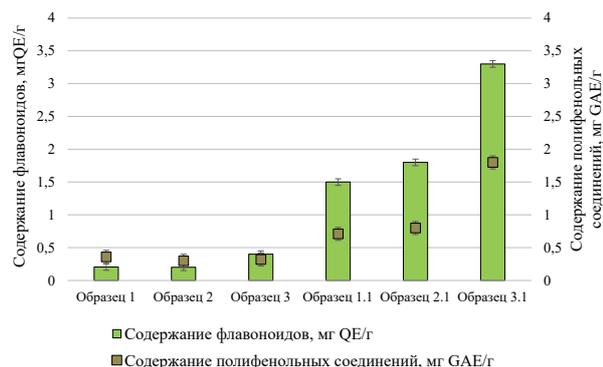
Органолептические показатели всех образцов зерновых культур соответствовали ГОСТ 9353-2016, ГОСТ 28672-2019 и ГОСТ 28673-2019. Имели свойственное здоровому зерну цвет и запах, а также необходимое состояние для проведения процесса контролируемого проращивания. Образец зерна пшеницы сорта Эритроспериум (согласно результатам определения массовой доли белка и натуры) соответствовал 4-му классу. Образцы зерна ячменя сорта Челябинец 1 и зерна овса сорта Универсал 1 — 2-му и 3-му классу соответственно.

Исследуемые образцы до проведения процесса проращивания имеют низкие значения содержания флавоноидов, полифенольных соединений и слабовыраженную антиоксидантную активность. Содержание ГАМК также находится на минимальном уровне, характерном для сырья растительного происхождения.

Процесс проращивания зерновых культур позволяет повысить их антиоксидантные свойства, причем использование ультразвукового воздействия в качестве интенсифицирующего фактора позволяет получить более выраженный эффект (рис. 1).

Рис. 1. Результаты определения содержания флавоноидов и полифенольных соединений зерновых культур (до и после процесса прорастивания)

Fig. 1. The results of determining the content of flavonoids and polyphenolic compounds of grain crops (before and after the germination process)



Использование ультразвукового воздействия позволяет для зерна пшеницы в 7,3 раза увеличить содержание флавоноидов и в 2 раза — полифенольных соединений. В большей степени синтез флавоноидов в процессе прорастивания происходит у образцов ячменя и овса и прирастает в 8,9 и 8,3 раза. Максимальное накопление полифенольных соединений отмечается для зерна овса (прирост составил 5,6 раза). Необходимо отметить, что фенольные соединения в зерновых культурах присутствуют в свободной, растворимой конъюгированной и связанной формах. При этом связанная и свободная формы представляют основную часть фенольных кислот [11]. Полученные сырьевые ингредиенты из цельного пророщенного зерна, выстраиваясь в матрицу продукта, могут в значительной степени повышать их антиоксидантные свойства (рис. 2).

В процессе проведения контролируемого прорастивания исследуемых образцов зерновых культур общая антиоксидантная активность повышается относительно исходных значений, прирост в среднем составил 5,9%, 9,45% и 7,7% для образцов зерна пшеницы, ячменя и овса соответственно. Применение ультразвукового воздействия на этапе замачивания позволяет увеличить значения данного показателя относительно контрольных пророщенных образцов в среднем на 31,6%, 37,4% и 40,0% соответственно.

В ходе прорастивания зерновых культур активизируются ферментативные процессы, нацеленные на высвобождение фитохимических веществ из зародыша, эндосперма и оболочечных частей, в том числе флавоноидов, определяющих антиоксидантную активность⁸. Результаты доказывают интенсифицирующее действие ультразвука в процессе прорастивания на количество флавоноидов, полифенолов и общую антиоксидантную активность. Использование ультразвукового воздействия позволяет получить эффекты, сходные с абиотическим стрессом растений. Данный факт был отмечен рядом исследователей как для зерновых культур [9, 20, 21], так и для листовой зелени [15]. Говоря о механизме данного воздействия, можно отметить, что, реагируя на стресс, растения запускают синтез вторичных метаболитов и активируют накопление веществ фенольной природы.

Еще одним важным веществом, накапливающимся при прорастивании зерновых культур, является ГАМК.

Рис. 2. Результаты определения общей антиоксидантной активности зерновых культур (до и после процесса прорастивания)

Fig. 2. The results of determining the total antioxidant activity of grain crops (before and after the germination process)

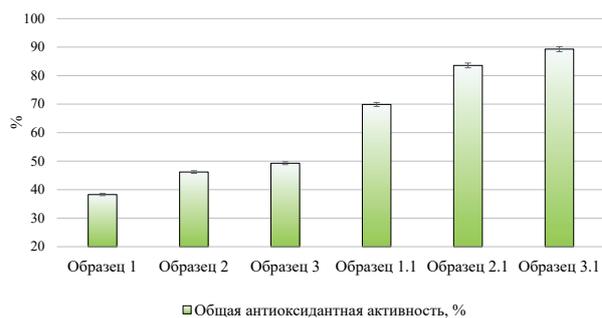
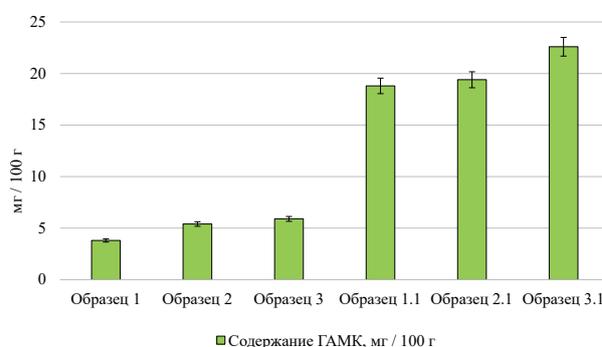


Рис. 3. Результаты определения содержания γ -аминомасляной кислоты зерновых культур (до и после процесса прорастивания)

Fig. 3. The results of determining the content of γ -aminobutyric acid in grain crops (before and after the germination process)



Ряд авторов [6, 15] отмечают, что особенно выражен данный эффект при активации процесса с использованием ультразвукового воздействия [20].

Результаты определения содержания γ -аминомасляной кислоты зерновых культур до и после процесса прорастивания представлены на рисунке 3.

Полученные результаты позволяют говорить о выраженном влиянии ультразвукового воздействия на синтез и накопление ГАМК в процессе контролируемого прорастивания. Так, прирост относительно контрольных пророщенных образцов составил в среднем 490% (для зерна пшеницы), 360% (для зерна ячменя) и 385% (для зерна овса).

В своих исследованиях, представленных в открытой печати, ряд авторов [6, 13, 15] описывают два возможных механизма повышенного накопления ГАМК. В первом случае зерно испытывает стресс, вследствие которого происходит метаболические нарушения с последующим цитозольным подкислением, затем активируется синтез глутаматдекарбоксилазы и ГАМК. Во втором случае в результате ультразвукового воздействия значительно возрастает клеточный уровень цитозольного кальция $[Ca^{2+}]_{цит}$, который стимулирует активность кальмодулинзависимой глутаматдекарбоксилазы, что приводит к накоплению ГАМК [6, 21]. Отмечается, что накопление фенольных соединений в растительном сырье является типичной реакцией на стресс окружающей среды [13]. Такие флавоноиды, как трицетин и трицин, часто встречаются в зерне пшеницы, ячменя и других культур, при этом они играют основную роль в защите растений [22].

⁸ Вигмор Э. Проростки — пища жизни Санкт-Петербург: Весь. 2001; 208. — ISBN 5-266-00131-3

Выводы/Conclusion

Полученные результаты позволяют сказать, что используемая технология контролируемого прорастивания с ультразвуковой интенсификацией процесса в переработке низкоклассового зернового сырья является эффективной. Использование данного подхода позволит создать сырьевые ингредиенты с повышенными антиоксидантными и содержанием ГАМК. Так, применение ультразвука позволило увеличить содержание флавоноидов в среднем на 7,3–8,9 раза, полифенолов — на 2–5,6 раза. Общая антиоксидантная активность увеличивается на 31,6–40,0% относительно контрольных пророщенных

образцов зерновых культур. Прирост содержания ГАМК в образцах после ультразвукового воздействия составил в среднем 360–490%, что, несомненно, подтверждает эффективность используемой технологии.

Процесс прорастивания — это сложная многоаспектная система взаимодействия биологических объектов и физических способов воздействия на них, требующая четкого отслеживания процесса для достижения заданного результата, что в итоге позволяет получить сырьевые ингредиенты с повышенными антиоксидантными свойствами, что, несомненно, требует проведения дальнейших исследований.

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:

Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 23-26-00290.

FUNDING:

The article was financially supported by the grant of the Russian Science Foundation (RNF) 23-26-00290.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алехина Н.Н. Изменения теплофизических характеристик теста из биоактивированного зерна пшеницы в процессе замораживания. *Хлебопродукты*. 2015; (10): 44–45. <https://elibrary.ru/uktjiz>
2. Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Велямов М.Т. Цельнозерновая мука из пророщенного зерна пшеницы как пищевой ингредиент в технологии продуктов питания. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2019; 7(3): 23–30. <https://doi.org/10.14529/food190303>
3. Нилова Л.П. Влияние технологических факторов на качество и антиоксидантную активность обогащенных хлебобулочных изделий. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2016; 4(1): 55–63. <https://doi.org/10.14529/food160107>
4. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В., Потороко И.Ю. Токоферолы и токотриенолы: свойства, функции, природные источники. Аналитический обзор. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2021; 9(1): 68–81. <https://doi.org/10.14529/food210108>
5. Потороко И.Ю., Паймулина А.В., Ускова Д.Г., Калинина И.В., Попова Н.В., Ширш С. Антиоксидантные свойства функциональных пищевых ингредиентов, используемых при производстве хлебобулочных и молочных продуктов, их влияние на качество и сохраняемость продукции. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2017; 79(4): 143–151. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-143-151>
6. Abdel Razik E.S., Alharbi B.M., Pirzadah T.B., Alnusairi G.S.H., Soliman M.H., Hakeem K.R. γ -Aminobutyric acid (GABA) mitigates drought and heat stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by regulating its physiological, biochemical and molecular pathways. *Physiologia Plantarum*. 2021; 172(2): 505–527. <https://doi.org/10.1111/ppl.13216>
7. Ashokkumar M., Lee J., Kentish S., Grieser F. Bubbles in an acoustic field: an overview. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2007; 14(4): 470–475. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2006.09.016>
8. Ashrafuzzaman M., Ismail M.R., Fazal K.M.A.I., Uddin M.K., Prodhon A.K.M.A. Effect of GABA application on the growth and yield of bitter melon (*Momordica charantia*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 2010; 12(1): 129–132.
9. Ding J., Hou G.G., Nemzer B.V., Xiong S., Dubat A., Feng H. Effects of controlled germination on selected physicochemical and functional properties of whole-wheat flour and enhanced γ -aminobutyric acid accumulation by Ultrasonication. *Food Chemistry*. 2018; 243: 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.128>
10. Ding J. et al. Enhancing Contents of γ -Aminobutyric Acid (GABA) and Other Micronutrients in Dehulled Rice during Germination under Normoxic and Hypoxic Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(5): 1094–1102. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04859>
11. Dzik D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*. 2014; 40(1): 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010>
12. Estivi L., Brandolini A., Condezo-Hoyos L., Hidalgo A. Impact of low-frequency ultrasound technology on physical, chemical and technological properties of cereals and pseudocereals. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2022; 86: 106044. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2022.106044>
13. Gu M., Yang J., Tian X., Fang W., Xu J., Yin Y. Enhanced total flavonoid accumulation and alleviated growth inhibition of germinating soybeans by GABA under UV-B stress. *RSC Advances*. 2022; (12): 6619–6630. <https://doi.org/10.1039/D2RA00523A>
14. Hung P.V., Hatcher D.W., Barker W. Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2011; 126(4): 1896–1901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.015>
15. Baranzelli Julia et al. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. *LWT*. 2018; 90: 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.070>
16. Komyshev E., Genaev M., Afonnikov D. Evaluation of the SeedCounter, A Mobile Application for Grain Phenotyping. *Frontiers in Plant Science*. 2016; (7): 1990. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01990>

REFERENCES

1. Alekhina N.N. Changes in the thermophysical characteristics of dough from bioactivated wheat grain during freezing. *Khleboproducty*. 2015; (10): 44–45 (In Russian). <https://elibrary.ru/uktjiz>
2. Naumenko N.V., Potoroko I.Yu., Velyamov M.T. Sprouted whole wheat grain as a food constituent in food technology. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2019; 7(3): 23–30 (In Russian). <https://doi.org/10.14529/food190303>
3. Nilova L.P. Influence of technological factors on the quality and antioxidant activity of enriched bakery products. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2016; 4(1): 55–63 (In Russian). <https://doi.org/10.14529/food160107>
4. Nilova L.P., Pilipenko T.V., Potoroko I.Yu. Tocopherols and tokotrienols: properties, functions, natural sources. Analytical review. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnologies*. 2021; 9(1): 68–81 (In Russian). <https://doi.org/10.14529/food210108>
5. Potoroko I.Yu., Paimulina A.V., Uskova D.G., Kalinina I.V., Popova N.V., Shirish S. The antioxidant properties of functional food ingredients used in the production of bakery and dairy products, their impact on quality and storageability of the product. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2017; 79(4): 143–151 (In Russian). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-4-143-151>
6. Abdel Razik E.S., Alharbi B.M., Pirzadah T.B., Alnusairi G.S.H., Soliman M.H., Hakeem K.R. γ -Aminobutyric acid (GABA) mitigates drought and heat stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by regulating its physiological, biochemical and molecular pathways. *Physiologia Plantarum*. 2021; 172(2): 505–527. <https://doi.org/10.1111/ppl.13216>
7. Ashokkumar M., Lee J., Kentish S., Grieser F. Bubbles in an acoustic field: an overview. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2007; 14(4): 470–475. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2006.09.016>
8. Ashrafuzzaman M., Ismail M.R., Fazal K.M.A.I., Uddin M.K., Prodhon A.K.M.A. Effect of GABA application on the growth and yield of bitter melon (*Momordica charantia*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 2010; 12(1): 129–132.
9. Ding J., Hou G.G., Nemzer B.V., Xiong S., Dubat A., Feng H. Effects of controlled germination on selected physicochemical and functional properties of whole-wheat flour and enhanced γ -aminobutyric acid accumulation by Ultrasonication. *Food Chemistry*. 2018; 243: 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.128>
10. Ding J. et al. Enhancing Contents of γ -Aminobutyric Acid (GABA) and Other Micronutrients in Dehulled Rice during Germination under Normoxic and Hypoxic Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016; 64(5): 1094–1102. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b04859>
11. Dzik D., Różyło R., Gawlik-Dziki U., Świeca M. Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds. *Trends in Food Science & Technology*. 2014; 40(1): 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.07.010>
12. Estivi L., Brandolini A., Condezo-Hoyos L., Hidalgo A. Impact of low-frequency ultrasound technology on physical, chemical and technological properties of cereals and pseudocereals. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2022; 86: 106044. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2022.106044>
13. Gu M., Yang J., Tian X., Fang W., Xu J., Yin Y. Enhanced total flavonoid accumulation and alleviated growth inhibition of germinating soybeans by GABA under UV-B stress. *RSC Advances*. 2022; (12): 6619–6630. <https://doi.org/10.1039/D2RA00523A>
14. Hung P.V., Hatcher D.W., Barker W. Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2011; 126(4): 1896–1901. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.015>
15. Baranzelli Julia et al. Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat flour as affected by germination. *LWT*. 2018; 90: 483–490. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.070>
16. Komyshev E., Genaev M., Afonnikov D. Evaluation of the SeedCounter, A Mobile Application for Grain Phenotyping. *Frontiers in Plant Science*. 2016; (7): 1990. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01990>

17. Krasulya O. *et al.* Impact of acoustic cavitation on food emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016; 30: 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.11.013>
18. Miano A.C., Pereira J.d.C., Castanha N., da Matta Júnior M.D., Augusto P.E.D. Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: description of mechanisms and impact on its germination and main components. *Scientific Reports*. 2016; (6): 38996. <https://doi.org/10.1038/srep38996>
19. Naumenko N., Potoroko I., Kalinina I. Stimulation of antioxidant activity and γ -aminobutyric acid synthesis in germinated wheat grain *Triticum aestivum* L. by ultrasound: Increasing the nutritional value of the product. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2022; 86: 106000. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106000>
20. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2013; 91(6): 429–441. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2012-0351>
21. Ragaee S., Guzar I., Dhull N., Seetharaman K. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT – Food Science and Technology*. 2011; 44(10): 2147–2153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.016>
22. Seifkalthor M., Aliniaieifard S., Hassani B., Niknam V., Lastochkina O. Diverse role of γ -aminobutyric acid in dynamic plant cell responses. *Plant Cell Reports*. 2019; 38: 847–867. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02396-z>
23. Singh H., Singh N., Kaur L., Saxena S.K. Effect of sprouting conditions on functional and dynamic rheological properties of wheat. *Journal of Food Engineering*. 2001; 47(1): 23–29. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00094-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00094-7)
24. Tian B. *et al.* Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chemistry*. 2010; 119(3): 1195–1200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.035>
25. Wu Q.Y. *et al.* Accumulating pathways of γ -aminobutyric acid during anaerobic and aerobic sequential incubations in fresh tea leaves. *Food Chemistry*. 2018; 240: 1081–1086. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.004>
26. Yang H., Gao J., Yang A., Chen H. The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Research International*. 2015; 77(4): 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.011>
17. Krasulya O. *et al.* Impact of acoustic cavitation on food emulsions. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2016; 30: 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.11.013>
18. Miano A.C., Pereira J.d.C., Castanha N., da Matta Júnior M.D., Augusto P.E.D. Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: description of mechanisms and impact on its germination and main components. *Scientific Reports*. 2016; (6): 38996. <https://doi.org/10.1038/srep38996>
19. Naumenko N., Potoroko I., Kalinina I. Stimulation of antioxidant activity and γ -aminobutyric acid synthesis in germinated wheat grain *Triticum aestivum* L. by ultrasound: Increasing the nutritional value of the product. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2022; 86: 106000. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106000>
20. Nelson K., Stojanovska L., Vasiljevic T., Mathai M. Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2013; 91(6): 429–441. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2012-0351>
21. Ragaee S., Guzar I., Dhull N., Seetharaman K. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT – Food Science and Technology*. 2011; 44(10): 2147–2153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.016>
22. Seifkalthor M., Aliniaieifard S., Hassani B., Niknam V., Lastochkina O. Diverse role of γ -aminobutyric acid in dynamic plant cell responses. *Plant Cell Reports*. 2019; 38: 847–867. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02396-z>
23. Singh H., Singh N., Kaur L., Saxena S.K. Effect of sprouting conditions on functional and dynamic rheological properties of wheat. *Journal of Food Engineering*. 2001; 47(1): 23–29. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00094-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00094-7)
24. Tian B. *et al.* Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chemistry*. 2010; 119(3): 1195–1200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.035>
25. Wu Q.Y. *et al.* Accumulating pathways of γ -aminobutyric acid during anaerobic and aerobic sequential incubations in fresh tea leaves. *Food Chemistry*. 2018; 240: 1081–1086. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.004>
26. Yang H., Gao J., Yang A., Chen H. The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Research International*. 2015; 77(4): 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.01.011>

ОБ АВТОРАХ:

Наталья Владимировна Науменко, доктор технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия naumenkonv@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

Ринат Ильгидарович Фаткуллин, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и биотехнологий, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия fatkullinri@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

Ирина Валерьевна Калинина, доктор технических наук, профессор кафедры пищевых и биотехнологий, доцент, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия kalininaiv@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

Екатерина Евгеньевна Науменко, студент, Южно-Уральский государственный университет, пр-т Ленина, 76, Челябинск, 454080, Россия 9193122375@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>

Ева Иванисова, PhD, доцент Института пищевых наук, Словацкий сельскохозяйственный университет, 2 Триеда Андрея Глинки, Нитра, 94976, Словакия eva.ivanisova@uniag.sk <https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>

Елизавета Константиновна Васильева, студент, Российский университет транспорта, Огородный проезд, 25/20, Москва, 127322, Россия VasilevaE.04@mail.ru <https://orcid.org/0009-0000-9559-8137>

Анастасия Владимировна Радкевич, аспирант, Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, лит. А. Санкт-Петербург, 197101, Россия Nastya.rh.98@gmail.ru <https://orcid.org/0009-0001-0519-759X>

ABOUT THE AUTHORS:

Natalya Vladimirovna Naumenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, Associate Professor, South Ural State University, 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia naumenkonv@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-9520-3251>

Rinat Ilgidarovich Fatkullin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Biotechnology, South Ural State University, 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia fatkullinri@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-1498-0703>

Irina Valerievna Kalinina, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food and Biotechnology, Associate Professor, South Ural State University, 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia kalininaiv@susu.ru <https://orcid.org/0000-0002-6246-9870>

Ekaterina Evgenievna Naumenko, Student, South Ural State University, 76 Lenin Ave., Chelyabinsk, 454080, Russia 9193122375@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-0213-1595>

Eva Ivanišová, PhD, Associate Professor Institute of Food Sciences, Slovak University of Agriculture, 2 Trieďa Andreja Hlinku, Nitra, 94976, Slovakia eva.ivanisova@uniag.sk <https://orcid.org/0000-0001-5193-2957>

Elizaveta Konstantinovna Vasileva, Student, Russian University of Transport, 25/20 Ogorodny proezd, Moscow, 127322, Russia VasilevaE.04@mail.ru <https://orcid.org/0009-0000-9559-8137>

Anastasia Vladimirovna Radkevich, Graduate Student, ITMO University, 49 lit. A, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia Nastya.rh.98@gmail.ru <https://orcid.org/0009-0001-0519-759X>

УДК 338.439.02:635.07 (470.333)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162

А.А. Кузьмицкая¹, ✉
 О.Н. Коростелева¹,
 А.В. Кубышкин¹,
 Т.М. Хвостенко²

¹ Брянский государственный аграрный университет, Кокино, Брянская обл., Россия

² Брянский институт управления и бизнеса, Брянск, Россия

✉ Anna_Kuzm79@mail.ru

Поступила в редакцию:
02.05.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162

Anna A. Kuzmitskaya¹, ✉
 Olga N. Korosteleva¹,
 Andrey V. Kubyshkin¹,
 Tatiana M. Khvostenko²

¹ Bryansk State Agrarian University, Kokino, Bryansk region, Russia

² Bryansk Institute of Management and Business, Bryansk, Russia

✉ Anna_Kuzm79@mail.ru

Received by the editorial office:
02.05.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Анализ уровня потребления основных продуктов питания населением как важнейшей компоненты продовольственной безопасности региона

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В реализации государственных социальных обязательств продовольственная безопасность играет особую роль, поскольку через систему продовольственного обеспечения осуществляется удовлетворение потребностей человека в продовольственной продукции. Цель работы — провести анализ уровня потребления основных продуктов питания населением и определить дальнейшие пути решения проблемы продовольственного обеспечения в Брянской области.

Методы. В рамках системного подхода применялись следующие методы экономического исследования: монографический, сравнительный, экономико-статистический.

Результаты. Рассмотрены нормативы потребления основных продуктов питания в России, проведен сравнительный анализ российских нормативов с нормативами других стран. Проанализировано потребление на душу населения основных продуктов питания в Российской Федерации и Центральном федеральном округе. Представлен объективный анализ уровня потребления сельскохозяйственной продукции населением Брянской области, который позволяет определить состояние и перспективы развития ключевых отраслей аграрного сектора и достижения политики импортозамещения. Период исследования охватывает 2005–2021 гг. Выявлены региональные особенности обеспечения продовольственной безопасности. Негативным моментом является проблема экономической доступности продовольствия в регионе в необходимых объемах и ассортименте для населения с низкими доходами, что обусловлено ростом инфляции и снижением реальных доходов. Предложены направления, позволяющие повысить эффективность обеспечения продовольственной безопасности региона.

Ключевые слова: анализ, уровень потребления, продовольственная безопасность, продовольственная самообеспеченность, экономическая доступность, доходы населения, регион, государственная политика

Для цитирования: Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Кубышкин А.В., Хвостенко Т.М. Анализ уровня потребления сельскохозяйственной продукции населением как важнейшей компоненты продовольственной безопасности региона. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 155–162. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162>

© Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Кубышкин А.В., Хвостенко Т.М.

Analysis of the level of consumption of basic foodstuffs by the population as the most important component of food security in the region

ABSTRACT

Relevance. In the implementation of state social obligations, food security plays a special role, since through the food supply system, human needs for food products are met. The purpose of the work is to analyze the level of consumption of basic foodstuffs by the population and determine further ways to solve the problem of food supply in the Bryansk region.

Methods. The following methods of economic research were used in the article (within the framework of a systematic approach): monographic, comparative, economic and statistical.

Results. The standards of consumption of basic foodstuffs in Russia are considered, a comparative analysis of Russian standards with those of other countries is carried out. The per capita consumption of basic foodstuffs in the Russian Federation and the Central Federal District is analyzed. An objective analysis of the level of consumption of agricultural products by the population of the Bryansk region, which allows us to determine the state and prospects for the development of key sectors of the agricultural sector and the achievement of import substitution policy. The study period covers 2005–2021. Regional peculiarities of ensuring food security are revealed. A negative aspect is the problem of economic availability of food in the region in the necessary volumes and assortment for the population with low incomes, which is due to rising inflation and a decrease in real incomes. The directions allowing to increase the efficiency of ensuring food security of the region are proposed.

Key words: analysis, consumption level, food security, food self-sufficiency, economic accessibility, income of the population, region, state policy

For citation: Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Kubyshkin A.V., Khvostenko T.M. Analysis of the level of consumption of agricultural products by the population as the most important component of food security in the region. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 155–162 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-155-162>

© Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Kubyshkin A.V., Khvostenko T.M.

Введение/Introduction

Продовольственная безопасность как важнейший элемент национальной безопасности страны приобретает всё большее значение. Продовольствие является фундаментальным элементом в жизни и деятельности человека и определяет роль продовольственной безопасности. Уровень питания населения России является ключевым элементом продовольственной безопасности страны и влияет на степень развития экономики в целом. Важный критерий — продовольственная обеспеченность населения. Он определяет уровень социальной жизни и жизнеспособности экономической структуры страны.

Основной социально-экономической задачей является улучшение продовольственного обеспечения россиян в условиях санкционной экономики. Решение этой задачи имеет первостепенное значение для России [1–4]. В настоящее время обеспечение продовольственной безопасности — приоритетная компетенция государственной политики. Она охватывает достаточно широкий спектр факторов, включая национальные, экономические, демографические, социальные и экологические. Состояние национальной продовольственной безопасности рассматривается в различных масштабах: глобальном, национальном, региональном, на уровне домохозяйства и отдельного человека (рис. 1). Поэтому продовольственная безопасность должна рассматриваться как важнейшее направление национальной экономической безопасности. Это ведущее направление обеспечивает постоянный экономический и физический доступ населения к качественному и безопасному продовольствию.

Постоянный доступ населения к продовольствию целесообразно рассматривать на уровне не ниже минимальных рациональных норм потребления основных продуктов питания, основанных на собственном производстве продовольствия на всех уровнях и объектах, а именно индивидуальном, домохозяйстве, региональном и национальном.

Две группы факторов — внутренние и внешние — оказывают влияние на состояние продовольственной безопасности государства. К группе внутренних факторов относятся: государственная поддержка сельскохозяйственных товаропроизводителей, инновационная политика в АПК, государственное финансирование научных разработок в АПК, недостаток эффективных мер

кредитования сельхозтоваропроизводителей, неготовность к значительным природным стихиям (например, наводнение, засуха, землетрясение и пр.), недостаток кадров в АПК и др.

Группа внешних факторов включает рост цен на мировом рынке продовольствия, введение санкций, политическую обстановку в мире, ценовую войну, локальные и региональные конфликты, введение тарифных и нетарифных ограничений, информационную блокаду, дезинформацию и ложные слухи в отношении качества и уровня безопасности экспортной сельскохозяйственной продукции и др. [5–7].

Достижение и поддержание физического и экономического доступа к безопасным продуктам питания для каждого гражданина — это основная задача продовольственной безопасности. Кроме того, доступность продовольствия должна быть представлена в количестве и ассортименте, соответствующих установленным рациональным нормам потребления продуктов питания, необходимых для здорового и активного образа жизни [6].

В современных условиях необходимо разработать стандарты социального питания. Также важно сформулировать механизмы оказания адресной помощи группам населения, которые не могут быть обеспечены полноценным питанием из-за низкого уровня их доходов [7]. В этом контексте важно проанализировать уровень потребления населением сельскохозяйственной продукции как важного элемента продовольственной безопасности России в целом и ее регионов.

С 2016 года Министерством здравоохранения РФ были приняты новые рекомендации по оптимизации норм потребления пищевых продуктов, которые отвечают современным требованиям здорового питания. Данные рекомендации были разработаны учеными НИИ питания¹. Новые рекомендации должны способствовать улучшению здоровья всех возрастных категорий населения страны. Рекомендации по оптимизации норм потребления пищевых продуктов взяты за основу при формировании потребительской корзины и в стоимостном выражении имеют существенную долю.

Предыдущие нормы потребления были утверждены в 2010 году, и они несколько отличаются от существующих норм 2016 года. Нынешние нормы изменены и скорректированы с учетом гастрономических предпочтений россиян. Следует отметить, что энергетическая ценность при этом не изменилась и составляет в среднем 2,3 тыс. ккал и 2,4 тыс. ккал в сутки и, по данным, это достаточно для мужчины и женщины в возрасте 30–40 лет, не занятых тяжелым физическим трудом. К тому же в существующих нормативах указаны точные нормы, а предыдущие нормативы представлены в виде верхней и нижней границы потребления. Так, по ранее существующим нормам, в среднем на одного человека в год должно приходиться 95–105 кг хлебных продуктов, 320–340 кг молока и молочных продуктов, 70–75 кг мяса и мясных продуктов, 18–20 кг рыбы и рыбных продуктов, 260 яиц, 95–100 кг картофеля, 120–140 кг овощей, 90–100 кг ягод и фруктов, 10–12 кг растительного масла, 24–28 кг сахара, 2,5–3,5 кг соли.

Согласно новым нормативам, в среднем одним россиянином должно потребляться хлеба меньше среднего норматива (норматив составляет 96 кг), молока — 325 кг, сахара — на уровне 24 кг. Потребление картофеля следует сократить до 90 кг. При этом увеличивается

Рис. 1. Уровни продовольственной безопасности

Fig. 1. Levels of food security



¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи». Москва. Россия.

норматив потребления рыбы (до 22 кг), фруктов и ягод (до 100 кг), овощей и бахчевых (до 140 кг), растительного масла (до 12 кг) в год. Норматив потребления яиц остается на прежнем уровне — 260 шт.

Следует отдельно выделить норматив потребления мяса и мясопродуктов, значение которого составляет 73 кг, но по структуре видов мяса имеются различия. Так, меньше должно потребляться говядины (20 кг) при увеличении потребления свинины (до 18 кг), баранины (до 3 кг), птицы (до 31 кг).

В питании жителей города и села существуют определенные различия. Количество потребляемых жителями города основных продуктов (за исключением овощей) наиболее соответствует медицинской норме, что свидетельствует о наиболее рациональном питании городского населения. Жители села питаются более дешевыми и доступными продуктами. Потребление хлеба и картофеля сельскими жителями превышает рекомендуемую норму.

Брянская область — один из значимых аграрных регионов России. Приоритетная задача региона — полное и гарантированное обеспечение населения Брянщины качественной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием, а также развитие экспортного потенциала. В условиях оказываемого санкционного давления рассматриваемая проблема является как никогда ранее актуальной и предопределяет важность данного исследования.

Цель исследования — анализ уровня потребления основных продуктов питания населением, что является важнейшей составляющей продовольственной безопасности региона.

Материал и методы исследования /

Materials and method

Теоретической базой исследования явились труды отечественных экономистов-аграрников по вопросам продовольственной безопасности и потребления сельскохозяйственной продукции населением. Методологическая основа исследования включает такие методы, как монографический, экономико-статистический, сравнения и др. Информационной базой исследования послужили материалы Федеральной службы государственной статистики и Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Брянской области.

Результаты и обсуждение /

Results and discussion

Для более детального анализа норматива потребления основных продуктов питания в России сравним его с нормативами питания, принятыми в Республике Беларусь, Республике Казахстан, Республике Таджикистан (табл. 1).

Норматив потребления мяса и мясопродуктов в России на 12,7% и 12,3% ниже, чем, соответственно, в Республике Казахстан и Республике Беларусь, но на 44,1% выше, чем в Республике Таджикистан. В соответствии с традициями в республиках Казахстан

Таблица 1. Норматив потребления на душу населения основных продуктов питания

Table 1. Standard of consumption per capita of basic foodstuffs

Вид продукции	Российская Федерация	Республика Беларусь	Республика Казахстан	Республика Таджикистан
Мясо и мясные продукты	73	82	82,3	40,8
Молоко и молочные продукты	325	403	400	115,3
Яйца, шт.	260	301	260	180,0
Рыба и рыбопродукты	22	18,2	18	9,0
Сахар	24	33,1	24	20,0
Масло растительное	12	11,8	10	16,6
Картофель	90	170	95	92,0
Овощи и бахчевые	140	129	120	166,1
Фрукты и ягоды	100	83	–	124,1
Хлебные продукты	96	105	–	147,7

Источник: составлено авторами по электронным ресурсам^{2, 3, 4, 5, 6}

и Таджикистан приоритет отдается говядине, баранине и мясу птицы, в то время как в России и Республике Беларусь приоритетно потребление мяса птицы, говядины и свинины.

Анализ мирового нормативного потребления мяса также существенно отличается. В среднем на нашей планете одним жителем потребляется 43 кг данной продукции, в большей мере предпочтение отдается говядине, свинине и птице. Однако в зависимости от уровня жизни и традиций питания нормы и виды потребления мяса и мясопродуктов значительно отличаются по странам мира. Так, например, в США норма потребления мяса составляет 98,3 кг, что на 34,7% выше, чем в России. Жители США в большей мере предпочитают мясо кур (48,9 кг), говядину (25,9 кг), свинину (23,1 кг) [8].

В Австралии норма потребления данного вида продукции несколько ниже, чем в США, и составляет 95 кг, предпочтение отдается мясу кур (44 кг). На втором месте — потребление свинины (21,3 кг) и говядины (21,1 кг). Особенностью является то, что на территории страны производится мясо кенгуру, которое в основном идет на экспорт в Европу. На третьем месте по нормативу потребления мяса находится Аргентина (91,4 кг), причем предпочтение отдается мясу птицы (40 кг), говядине (39,6 кг), свинине (10,6 кг).

Норматив потребления мяса в Китае близок к нормативу в России и составляет 73,5 кг, как и в других странах, наибольшая доля приходится на мясо кур (35,6 кг, или 48,4%). Потребление говядины составляет 18,8 кг, или 25,6%, свинины — 18,6 кг, или 25,3%.

Норматив потребления молока и молочных продуктов существенно различается. В России данный норматив на 24,0% и 23,1% ниже, соответственно, чем в Республике Беларусь и Республике Казахстан, и выше в 2,8 раза, чем в Республике Таджикистан. Это обусловлено не только уровнем жизни, но и культурой питания.

² Потребление овощей, фруктов и молочной продукции в стране значительно ниже нормы [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytcs/news/36357> (дата обращения: 12.03.2023).

³ Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации [Электронный ресурс]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278> (дата обращения: 12.03.2023).

⁴ В Таджикистане определили нормы питания: многим не по карману будет даже просто кушать [Электронный ресурс]. — URL: <https://dzen.ru/a/W6toZ-NZGwCq0eUE> (дата обращения: 11.03.2023).

⁵ Нормы потребления основных продуктов питания в Республике Беларусь. 2020 [Электронный ресурс]. — URL: <https://yandex.ru/images/search> (дата обращения: 12.03.2023).

⁶ Приказ министра национальной экономики Республики Казахстан от 9 декабря 2016 года № 503 «Об утверждении научно обоснованных физиологических норм потребления продуктов питания» (зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 13 января 2017 года № 14674) [Электронный ресурс]. — URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674> (дата обращения: 10.03.2023).

Норматив потребления яиц в России — 260 шт., что соответствует уровню потребления Республики Казахстан, и на 15,8% ниже, чем в Республике Беларусь. Данный норматив в России на 30,8% ниже, чем в Республике Таджикистан.

Норматив потребления рыбы и рыбопродуктов в России самый высокий и составляет 22 кг, что на 18,0–18,2% выше, чем в республиках Беларусь и Казахстан, и в 2,4 раза выше, чем в Республике Таджикистан.

Норматив потребления сахара в России средний (24 кг), что соответствует нормативу потребления Республики Казахстан. Однако этот норматив ниже, чем в Республике Беларусь, и ниже, чем в Республике Таджикистан.

Что касается норматива потребления картофеля, то в анализируемых государствах наибольшее значение (170 кг) приходится на Республику Беларусь. В России значение данного показателя имеет наименьшее значение, хотя потребление данного продукта значительное.

Норматив потребления овощей и бахчевых в России составляет 140 кг, что выше, чем в республиках Беларусь и Казахстан, но на 18,6% ниже, чем в Республике Таджикистан.

Фрукты и ягоды по нормативу в России — 100 кг, что на 17 кг выше, чем в Республике Беларусь, и ниже на 24,1 кг, чем в Республике Таджикистан.

Потребление хлеба и хлебобулочных изделий по нормативу в России самый низкий (по анализируемым государствам) и составляет 96 кг, что на 9 кг отличается от норматива в Республике Беларусь и на 51,7 кг — от Республики Таджикистан. Такое существенное различие обусловлено культурой питания народов.

На объемы и структуру фактического потребления продукции влияют не только нормы потребления, но и национальная культура питания и доходы населения. Анализ представленных видов продукции, фактически потребляемых в целом по России и в Центральном федеральном округе, показал (табл. 2), что в среднем по нашей стране мяса и мясопродуктов в динамике с 2017 по 2021 г. потребляться стало больше: с 69 кг в 2017 г.

Таблица 2. Потребление на душу населения основных продуктов питания в Российской Федерации и Центральном федеральном округе в 2017–2021 гг.

Table 2. Per capita consumption of basic foodstuffs in the Russian Federation and the Central Federal District in 2017–2021

Вид продукции	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	РФ	ЦФО	РФ	ЦФО	РФ	ЦФО	РФ	ЦФО	РФ	ЦФО
Мясо и мясные продукты	69	77	69	78	70	78	70	79	72	80
Молоко и молочные продукты	230	206	229	203	234	219	240	231	241	231
Яйца, шт.	282	280	284	285	285	289	283	287	281	283
Сахар	39	42	39	43	39	43	39	43	39	42
Масло растительное	13,9	15,1	14,0	15,4	14,0	15,4	13,9	15,3	13,6	14,4
Картофель	90	89	89	87	89	88	86	82	84	81
Овощи и бахчевые	104	94	107	99	108	102	107	100	104	96
Фрукты и ягоды	59	59	61	61	62	61	61	63	63	66
Хлебные продукты	117	119	116	117	116	117	116	117	114	113

Источник: составлено авторами по электронным ресурсам^{7,8}

до 72 кг в 2021-м, то есть рост составил 4,3%. Относительно существующего норматива в 73 кг в среднем один житель РФ в 2021 г. недоедает 1 кг.

Фактическое потребление мяса и мясопродуктов в ЦФО значительно выше, чем в среднем по России: на 11,6% — в 2017 г., на 11,1% — в 2021 г. Потребление мяса и мясопродуктов в ЦФО выше нормативного значения: в 2017 г. — на 5,5%, в 2021 г. — на 9,8%.

В потреблении мяса и мясопродуктов существуют отклонения. Так, например, по нормативу в среднем один человек должен потреблять 20 кг говядины, но фактически потребляет 10 кг, то есть в два раза меньше. Подобные диспропорции указывают о не вполне сбалансированном питании.

Подобное положение и с бараниной, норматив по которой составляет 3 кг, а фактически потребляется 1,3 кг, при этом свинину потребляют несколько больше, чем требуется по нормативу.

Потребление молока и молокопродуктов в среднем по России увеличивается в 2017 г. с 230 кг до 241 кг, то есть на 4,8%. Это увеличение положительно характеризует уровень потребления данной продукции. Однако, в отличие от норматива в 325 кг, это очень низкий показатель, что обусловлено довольно высокой ценой на молоко и молочные продукты, которая постоянно растет. Это подтверждает и тот факт, что по ЦФО потребление данного продукта хотя и увеличивается на 12,1%, но всё же ниже, чем в среднем по РФ.

Потребление яиц в среднем по России снижается незначительно (на 0,4%), а в ЦФО, наоборот, растет (на 1,1%). Однако относительно норматива один житель России и ЦФО потребляет в среднем данный продукт больше, чем требуется по нормативу (260 шт.), что положительно.

Фактическое потребление сахара в России и ЦФО остается на прежнем уровне. Оно довольно высокое и составляет 39 кг и 42 кг соответственно, что выше нормативного значения, равного всего 24 кг. Следует отметить, что потребление сахара в нашей стране не самое высокое. Например, лидером по потреблению сахара является Израиль, где одним жителем съедается около 60 кг в год. Кроме того, к числу стран с высоким потреблением сахара на одного человека относятся Малайзия, Фиджи, Барбадос, Бразилия. Самое низкое потребление сахара — в Северной Корее (3,5 кг на одного человека в год).

Потребление масла растительного в течение анализируемого периода несколько снижается и выше в ЦФО, чем в среднем по России. Потребление данного продукта в 2021 г. на 13,3% выше, чем это требуется по нормативу. Доступность данного продукта делает его приоритетным в потреблении.

Потребление картофеля по России в 2017 г. соответствует нормативу (90 кг), а затем происходит снижение (до 84 кг). Картофель считают вторым хлебом, поэтому его потребление значительное, но подорожание привело к снижению потребления. Однако только на картофель в 2022–2023 гг. наблюдается снижение цен, что делает его более доступным для потребления.

Овощи и бахчевые в среднем по России потребляются в размере 104 кг в 2021 г., то есть потребление осталось на уровне 2017 г. По ЦФО оно ниже и составило в 2021 г. 96 кг. Следует отметить, что потребление

⁷ О продовольственной безопасности и потреблении основных продуктов питания в России [Электронный ресурс]. — URL: <https://icss.ru/otrasli-i-ryinki/agropromyshlennyj-sektor/o-prodovolstvennoy-bezopasnosti-i-potreblenii-osnovnykh-produktov-pitaniya-v-rossii> (дата обращения: 12.03.2023).

⁸ Новые рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов [Электронный ресурс]. — URL: <http://04.rosпотреbnadzor.ru/index.php/consumer-information/faq/6492-07092016.html> (дата обращения: 07.03.2023).

овощей и бахчевых ниже нормативного значения на 36 кг, то есть овощи россияне значительно недоедают. Например, в США, Европе и Китае потребление овощей и бахчевых фактически составляет более 200 кг на одного человека в год. Более худшее положение состоит с фруктами и овощами, потребление которых хотя и увеличивается в целом по России (на 6,8%), но составляет в 2021 г. всего 63 кг (против 100 кг по нормативу).

Довольно стабильное положение наблюдается с потреблением хлеба и хлебопродуктов, которое движется в сторону норматива, хотя остается довольно высоким (114 кг) и выше нормативного значения на 18,8%.

В целом потребление продуктов питания в России по девяти категориям продуктов увеличивается с 2017–2021 гг. Потребление сахара и овощей остается неизменным. Снижается потребление картофеля, яиц, хлеба и хлебулочных продуктов.

Рост цен на продукты питания приводит к ухудшению уровня жизни населения, поскольку одновременно с ростом цен происходит не только инфляция, но и снижение реальных доходов. Большую часть своих доходов россияне тратят на продовольствие. Так, в 2021 г. покупательная способность населения снижается по всем основным видам продовольствия.

Брянская область входит в состав Центрального федерального округа, и вопросы изменения потребления основных продуктов питания также актуальны для области.

Потребление мяса и мясопродуктов на Брянщине увеличивается с 2005 по 2021 г. на 20,3% и составляет в 2021 г. 71 кг (табл. 3). Это ниже, чем в среднем по России, на 1 кг, или на 1,4%. Данный показатель ниже, чем в ЦФО, на 9 кг, или на 11,3%. К тому же жители области потребляют мяса на 2 кг меньше, чем это требуется по нормативу.

Потребление молока и молочных продуктов наибольшее значение имеет в 2005 г. Затем происходит его снижение до 168 кг (в 2018 и 2019 гг.), а далее наблюдается незначительный рост (до 190 кг). Однако данный показатель всё же ниже норматива (на 41,5%). То есть такой важный продукт, как молоко, жители области существенно недополучают. Относительно фактического потребления в РФ и ЦФО: жители Брянской области потребляют молока меньше, чем в РФ, на 26,8% и меньше, чем в ЦФО, на 21,6%.

Потребление яиц в области неизменно увеличивается, что положительно. Но данный показатель меньше, чем по нормативу, на 5% и значительно ниже, чем в среднем по России и ЦФО в частности.

Потребление сахара одним жителем Брянской области снижается с 36 кг в 2005 г. до 34 кг в 2021-м. При этом потребление сахара относительно среднего показателя по России ниже на 14,7% и ниже, чем в ЦФО, на 23,5%. Относительно норматива данный показатель выше и указывает на то, что жители переедают данный продукт.

Масло растительное потребляется в среднем 10,8 кг в 2021 г., что ниже, чем в 2005-м, на 11,3%. Потребление растительного масла жителями Брянщины ниже нормативного значения на 1,2 кг. К тому же потребление данного продукта ниже, чем в среднем по России (на 25,9%) и ЦФО (на 33,3%).

Картофель является обязательным и важным продуктом питания на Брянщине, поэтому его потребление значительно выше нормативного значения и составляет 148 кг в год. Это выше, чем в среднем по нормативу,

Таблица 3. Потребление на душу населения основных продуктов питания в Брянской области в 2005–2021 гг.
Table 3. Per capita consumption of basic foodstuffs in the Bryansk region in 2005–2021

Вид продукции	Норматив 2016 г.	Годы						
		2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
Мясо и мясные продукты	73	59	61	64	66	67	69	71
Молоко и молочные продукты	325	268	218	193	168	168	181	190
Яйца, шт.	260	223	225	237	237	240	241	247
Сахар	24	36	33	32	34	35	34	34
Масло растительное	12	9,7	11,1	9,7	11,4	11,6	11,4	10,8
Картофель	90	159	158	151	146	148	150	148
Овощи и бахчевые	140	77	92	90	100	109	103	98
Фрукты и ягоды	100	31	43	44	43	47	49	44
Хлебные продукты	96	115	112	107	104	107	103	98

Источник: составлено авторами по электронным ресурсам^{9, 10}

на 64,4%. Данный показатель превышает потребление в среднем по России и ЦФО (где потребление ниже, чем по нормативу).

Потребление овощей и бахчевых в области увеличивается до 2019 г., но затем происходит снижение до 98 кг (при нормативе 140 кг). При этом потребление овощей в среднем по России выше, чем в области и ЦФО.

Фрукты и ягоды являются важным показателем, потребление которых в Брянской области в среднем на одного человека хотя и увеличивается, но остается на низком уровне. Относительно норматива в 100 кг потребление этого важного продукта в 2,3 раза ниже.

Хлеб и хлебопродукты потребляются больше, чем это требуется по нормативу. Их потребление снижается до 98 кг. Относительно потребления данного продукта в России и ЦФО: жители Брянской области гораздо меньше потребляют хлебные продукты.

В целом потребление основных продуктов питания в динамике 2005–2021 гг. изменилось, что связано с уровнем доходов и ценами на продукты питания. Сравнимая потребление продуктов питания жителями Брянской области с нормативом, можно заметить, что потребление дорогих продуктов питания значительно снижается и заменяется более дешевыми, такими как картофель, хлеб, сахар и растительное масло.

Уровень потребления основных продуктов питания в определенной мере зависит от уровня самообеспечения населения основной сельскохозяйственной продукцией (табл. 4).

Таблица 4. Уровень самообеспечения населения основной сельскохозяйственной продукцией в Брянской области в 2005–2021 гг., %

Table 4. The level of self-sufficiency of the population with basic agricultural products in the Bryansk region in 2005–2021., %

Вид продукции	Годы							Отклонение (+, -) 2021 г. к 2005 г.
	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021	
Зерно	64,7	56,2	80,8	102,4	106,2	128,5	109,1	+44,4
Картофель	98,9	107,9	173,8	177,2	172,6	168,2	174,7	+75,8
Овощи и бахчевые	73,5	71,8	87,2	82,6	86,1	95,0	73,6	+0,1
Мясо	68,2	114,4	359,2	411,1	411,8	420,6	452,9	+384,7
Молоко	106,3	106,0	107,3	127,4	126,4	121,1	114,0	+7,7
Яйца	127,4	99,5	91,7	81,8	59,1	62,8	63,7	-63,7

Источник: составлено авторами по электронным ресурсам¹⁰

⁹ Статистика потребления мяса: качество жизни населения страны [Электронный ресурс]. — URL: <https://vavilon.ru/statistika-potrebleniya-mjasa/> (дата обращения: 12.03.2023).

¹⁰ Сельское хозяйство Брянской области: стат. сб. / Брянск: Брянскстат. 2021; 236.

Так, уровень самообеспечения по основным видам продукции жителей области существенно повышается по всем основным видам продукции. По зерну уровень самообеспечения увеличивается на 44,4 п. п. и выше уровня требуемого количества на 9,1%. По картофелю увеличивается на 75,8 п. п. и выше требуемого количества на 74,7%. По овощам и бахчевым уровень самообеспечения значительно ниже норматива, увеличивается незначительно (на 0,1 п. п.). С появлением мясного скотоводства в Брянской области в формате основного производителя — АПХ «Мираторг» — уровень самообеспечения мясом существенно повысился и значительно превышает норматив. По молоку уровень самообеспечения в течение всего периода превышает 100% и увеличивается за анализируемый период на 7,7 п. п. Отрицательным фактором уровня самообеспечения является то, что по яйцу он не только снижается, но и является недостаточным.

В целом хотя уровень самообеспечения по большинству видов продукции довольно высокий, но всё же фактическое потребление этих продуктов довольно низкое и существенно ниже норматива. Так, в 2021 г. по потреблению хлебных продуктов и масла растительного Брянская область находится на 16-м месте по ЦФО из 17 областей округа, по потреблению овощей и бахчевых — на 9-м, мяса и мясoproductов — на 12-м, по молоку — на 14-м, по потреблению яиц и сахара — на 13-м. Только по потреблению картофеля область традиционно остается на 1-м месте, что обусловлено спецификой питания жителей [9–13].

Основной причиной несоответствия уровня питания населения Брянской области от нормативного уровня можно назвать низкий уровень заработной платы. В 2021 г. средняя заработная плата по России составила 57 244 руб., по ЦФО — 73 548 руб., а по Брянской области — 35 582 руб. Из 17 областей ЦФО Брянская область находится на 15-м месте, обгоняя только Тамбовскую и Ивановскую области. Поэтому при таком уровне заработной платы население значительно недоедает дорогостоящие продукты питания, заменяя их более дешевыми (например, больше потребляет картофель).

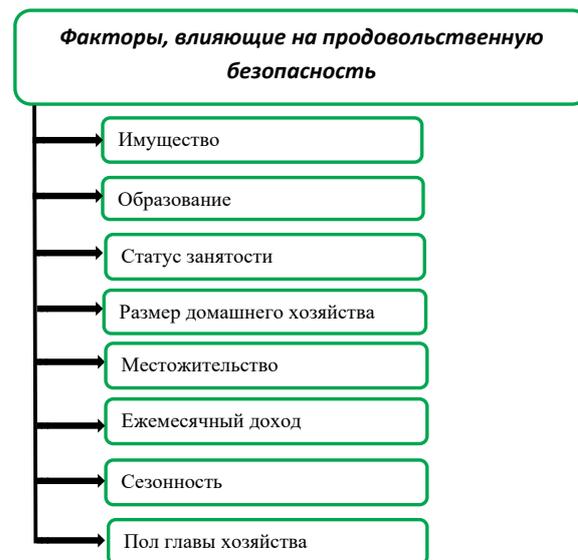
Всё вышеизложенное позволяет сделать вывод, что достижение продовольственной безопасности имеет три аспекта: обеспечение безопасного и адекватного питания на всех уровнях продовольственной безопасности (национальном, региональном и домашних хозяйств); гарантированные и устойчивые поставки продуктов питания — как из года в год, так и в течение года; физический, финансовый и экономический доступ к достаточному объему продовольствия каждого домохозяйства для удовлетворения своих потребностей безопасными продуктами питания.

Также важно, чтобы домохозяйства обладали определенными знаниями и возможностями для устойчивого производства или приобретения необходимых им продуктов питания. Информация о необходимости соблюдения сбалансированных диет прежде всего должна исходить со стороны государства, и включать сведения о: нормах питания, обеспечивающих людей необходимыми питательными веществами и энергией; влиянии питания на здоровье; вредности некоторых продуктов питания и знаниях о правильном распределении продуктов питания в домохозяйстве между его членами.

Продовольственная безопасность должна быть ключевой целью региональной и национальной политики развития. Отсутствие продовольственной безопасности

Рис. 2. Факторы, влияющие на состояние продовольственной безопасности домохозяйства, индивидуума

Fig. 2. Factors affecting the state of food security of a household, an individual



домашних хозяйств затрагивает широкий круг населения — как в сельских районах, так и в городах [14–17].

К социально-экономическим группам населения, подверженным угрозам продовольственной безопасности, по данным ФАО, относятся:

- фермеры, многие из которых женщины, с ограниченным доступом к природным ресурсам и средствам;
- рабочие, не имеющие земли для ведения сельского хозяйства;
- физические лица, осуществляющие ремесленную деятельность по изготовлению и реализации товаров, выполнению работ, оказанию услуг с применением ручного труда и инструмента, направленную на удовлетворение бытовых потребностей граждан;
- люди, занимающиеся только скотоводством;
- домашние хозяйства, возглавляемые женщинами;
- беженцы;
- иммигранты;
- безработные или частично занятые люди.

Без вмешательства государства невозможно предотвратить угрозу продовольственной безопасности этих групп населения, поэтому необходимо принятие государственных программ для корректировки доходов этих групп и баланса краткосрочных и долгосрочных интересов.

На рисунке 2 представлены факторы, влияющие на продовольственную безопасность на микроуровне.

Минимальный уровень социальной защиты повлияет в основном на микроуровне (на домохозяйства и отдельных лиц) и будет иметь ограниченное влияние на факторы макроуровня [18]. Поэтому минимальный уровень социальной защиты будет недостаточным для самостоятельного достижения целей в области продовольственной безопасности и питания, но должен действовать в сочетании с дополнительными стратегиями и мероприятиями. Исходя из этого, необходимо расширять социальную защиту населения, переводя ее в ранг социальной безопасности.

Необходимы инструменты и методы государственной политики, направленные на обеспечение продовольственной безопасности домашних хозяйств, в том числе социальной безопасности, а именно:

1. Принятие стратегии развития.
2. Реализация социальных программ.

3. Осуществление политики и принятие программы по укреплению местного управления по гендерным вопросам.

4. Реализация программ занятости.

5. Стабилизация поставок продовольствия.

6. Реализация программ продовольственной помощи нуждающимся.

7. Продвижение и внедрение программы просвещения и грамотности в области питания.

8. Финансирование исследований в области продовольственной безопасности.

9. Реализация инфраструктурных программ.

10. Проведение политики землепользования.

Вышеперечисленные направления позволят повысить уровень продовольственной безопасности Брянского региона и будут способствовать обеспечению продовольственной безопасности домашних хозяйств.

Выводы/Conclusion

Результаты исследования свидетельствуют о том, что важнейшей социально-экономической задачей общества является прежде всего создание достойных условий жизни населения путем удовлетворения потребностей человека в продуктах питания в соответствии с рациональными нормами питания. Это необходимо для поддержания здоровья населения, регулирования национальных и региональных демографических процессов и создания условий для воспроизводства будущих поколений.

Основой обеспечения продовольственной безопасности населения и служит развитая продовольственная хозяйственная система страны. Продовольственная независимость государства включает в себя инновационно ориентированный агропромышленный комплекс. В процессе реализации политики импортозамещения роль агропромышленного комплекса в обеспечении продовольствием возрастает.

В современных условиях стратегия развития АПК должна быть направлена на грамотное и своевременное управление его подразделениями. Важны также своевременное выявление проблемных направлений и противодействие угрозам экономической безопасности.

В последние годы в Брянской области активизируются усилия по развитию отраслей молочного и мясного скотоводства, свиноводства, птицеводства, а также по производству зерновых культур, картофеля, овощей. Однако всё ещё остро стоит проблема с самообеспечением населения региона молоком и яйцом куриным по причине недостаточных объемов производства в отраслях молочного скотоводства и яичного птицеводства. Отрасль овощеводства на Брянщине получила интенсивный вектор развития, однако при достаточной самообеспеченности овощной продукцией потребление ее снижено. Связано это с низкой платежеспособностью населения и культурой питания, в которой потребление овощной продукции занижено.

Увеличению производства основных видов сельскохозяйственной продукции будет способствовать государственная поддержка аграрного сектора региона. В сложившихся экономических условиях сельское хозяйство выступает в качестве важнейшей и необходимой компоненты продовольственной безопасности.

Также представлены направления обеспечения продовольственной безопасности домашних хозяйств.

Для полноценной реализации политики импортозамещения в условиях санкционной экономики, вследствие которого на АПК страны (и Брянского региона, в частности) возложена дополнительная нагрузка, необходимо постоянно осуществлять мониторинг и диагностику продовольственной безопасности РФ для выявления диспропорций в обеспечении экономической безопасности в продовольственной сфере страны и регионов.

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

- Алтухов А.И. Первоочередные меры по реализации новой доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации. *Экономика сельского хозяйства России*. 2022; (3): 2–10. <https://doi.org/10.32651/203-2>
- Гумеров Р.Р. Продовольственная безопасность: структуризация понятия. *Национальная безопасность России: актуальные аспекты. Сборник избранных статей Всероссийской научно-практической конференции*. Санкт-Петербург. 2020; 35–38. <https://doi.org/10.37539/NB188.2020.13.30.003>
- Петриков А.В. Экономические и социальные проблемы современного этапа развития агропродовольственной системы России. *Научные труды Вольного экономического общества России*. 2019; 218(4): 219–226. <https://elibrary.ru/zavsbm>
- Велибекова Л.А., Ханбабаев Т.Г., Казиев М.-П.А. Продовольственная безопасность Республики Дагестан: основные направления обеспечения. *Аграрная наука*. 2023; (1): 95–103. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-95-103>
- Сычев С.М., Храмченкова А.О., Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н., Полухин А.А. Возможности и приоритеты развития агропромышленного комплекса Брянской области. *Аграрная наука*. 2022; (9): 84–91. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91>
- Просьянников Е.В., Малайко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области. *Агрохимический вестник*. 2021; (6): 45–49. <https://elibrary.ru/xtdvcs>
- Шпилев Н.С., Ториков В.Е., Сычев С.М., Лебедко Л.В., Сычева И.В. Инновации в селекционно-семеноводческом процессе зерновых культур. *Аграрная наука*. 2022; (9): 92–97. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-92-97>

REFERENCES

- Altukhov A.I. Priority measures for the implementation of the new doctrine of food security of the Russian Federation. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; (3): 2–10 (In Russian). <https://doi.org/10.32651/203-2>
- Gumerov R.R. Food security: structuring the concept. *National Security of Russia: current aspects. Collection of selected articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference*. St. Petersburg. 2020; 35–38 (In Russian). <https://doi.org/10.37539/NB188.2020.13.30.003>
- Petrikov A.V. Economic and social problems of the current stage of development of the agricultural and food system of Russia. *Scientific Works of the Free Economic Society of Russia*. 2019; 218(4): 219–226 (In Russian). <https://elibrary.ru/zavsbm>
- Velibekova L.A., Khanbabaev T.G., Kaziev M.A. Food security of Republic of Dagestan: the main directions of ensuring. *Agrarian science*. 2023; (1): 95–103 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-366-1-95-103>
- Sychev S.M., Khranchenkova A.O., Kuzmitskaya A.A., Korosteleva O.N., Polukhin A.A. Opportunities and priorities for the development of the agro-industrial complex of the Bryansk region. *Agrarian science*. 2022; (9): 84–91 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-84-91>
- Prosyannikov E.V., Malyavko G.P., Mameev V.V. Current state of natural resources of crop production in the Bryansk region. *Agrochemical Herald*. 2021; (6): 45–49 (In Russian). <https://elibrary.ru/xtdvcs>
- Shpilev N.S., Torikov V.E., Sychev S.M., Lebedko L.V., Sycheva I.V. Innovations in the selection and seed-growing process of grain crops. *Agrarian science*. 2022; (9): 92–97 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-92-97>

8. Башина С.И., Горшкова Е.В., Адельгейм Е.Е., Ткачева Л.В. Производство свинины в зонах с различной экологической напряженностью в Брянской области. *Зоотехния*. 2021; (4): 34–36. <https://doi.org/10.25708/ZT.2021.67.22.010>
9. Храмченкова А.О. Оценка эффективности труда в молочном скотоводстве. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2020; (1): 124–133. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2020.1.124>
10. Sorokina S.Y., Sorokin N.S., Sychev S.M., Okorokova O.A. Effectiveness of preparations for increasing the activity of plant growth processes at no-till technology. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 650: 012084. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012084>
11. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020; 29(3): 3764–3781. <https://elibrary.ru/zcyupk>
12. Chulkova G.V., Lukashova O.L., Novikova N.E., Trofimenkova E.V., Podolnikova E.M. Cluster approach for the development of the agro-industrial complex in the region. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 22052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022052>
13. Просянников Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия. *Агрохимический вестник*. 2019; (5): 13–17. <https://elibrary.ru/cdqbw>
14. Ульянова Н.Д., Чирков Е.П. Цифровизация аграрного производства в Брянской области. *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2020; (9): 52–58. <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2020-0-9-52-58>
15. Кузьмицкая А., Гришаева С., Кондрашова Н. Прогнозирование как фактор повышения устойчивости производства овощных культур. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2012; (4): 47–50. <https://elibrary.ru/pchhxx>
16. Belous N.M., Vaskin V.F., Kuzmitskaya A.A., Kubyshkin A.V., Schmidt Yu.I. Dynamics of crop production and rational use of agricultural lands. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981: 042009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/4/042009>
17. Vaskin V.F., Korosteleva O.N., Kuzmitskaya A.A., Repnikova V.I., Khvostenko T.M. Strategy of innovative development of animal husbandry in the Bryansk region. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408007>
18. Borodin K.G. Экономическая доступность продовольствия: факторы и методы оценки. *Экономический журнал ВШЭ*. 2018; 22(4): 563–582. <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2018-22-4-563-582>
8. Bashina S.I., Gorshkova E.V., Adelgeim E.E., Tkacheva L.V. Production of pork in areas with different ecological intensity in the Bryansk region. *Zootekhnika*. 2021; (4): 34–36 (In Russian). <https://doi.org/10.25708/ZT.2021.67.22.010>
9. Khramchenkova A.O. Evaluation of labor efficiency in dairy farming. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2020; (1): 124–133 (In Russian). <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2020.1.124>
10. Sorokina S.Y., Sorokin N.S., Sychev S.M., Okorokova O.A. Effectiveness of preparations for increasing the activity of plant growth processes at no-till technology. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 650: 012084. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/650/1/012084>
11. Lebedko L.V., Shpilev N.S., Sychev S.M., Evdokimenko S.N., Aitzhanova S.D. Innovations in crop seed breeding. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2020; 29(3): 3764–3781. <https://elibrary.ru/zcyupk>
12. Chulkova G.V., Lukashova O.L., Novikova N.E., Trofimenkova E.V., Podolnikova E.M. Cluster approach for the development of the agro-industrial complex in the region. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 677: 22052. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022052>
13. Prosyannikov E.V. Agrochemical aspects of sustainable agriculture. *Agrochemical Herald*. 2019; (5): 13–17 (In Russian). <https://elibrary.ru/cdqbw>
14. Ulyanova N.D., Chirkov E.P. Digitalization of agricultural production in the Bryansk region. *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2020; (9): 52–58 (In Russian). <https://doi.org/10.31442/0235-2494-2020-0-9-52-58>
15. Kuzmitskaya A., Grishaeva S., Kondrashova N. Prognosticating as a factor of the rise of stability of vegetables. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2012; (4): 47–50 (In Russian). <https://elibrary.ru/pchhxx>
16. Belous N.M., Vaskin V.F., Kuzmitskaya A.A., Kubyshkin A.V., Schmidt Yu.I. Dynamics of crop production and rational use of agricultural lands. *IOP Conference. Series: Earth and Environmental Science*. 2022; 981: 042009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/981/4/042009>
17. Vaskin V.F., Korosteleva O.N., Kuzmitskaya A.A., Repnikova V.I., Khvostenko T.M. Strategy of innovative development of animal husbandry in the Bryansk region. *E3S Web of Conferences*. 2021; 254: 08007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125408007>
18. Borodin K. Economic Access to Food: Factors and Methods of Assessment. *HSE Economic Journal*. 2018; 22(4): 563–582 (In Russian). <https://doi.org/10.17323/1813-8691-2018-22-4-563-582>

ОБ АВТОРАХ:

Анна Алексеевна Кузьмицкая, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2А, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., 243365, Россия
Anna_Kuzm79@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4790-0690>

Ольга Николаевна Коростелева, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2А, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., 243365, Россия
korosteleva.66@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5985-4014>

Андрей Валентинович Кубышкин, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и менеджмента, Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2А, с. Кокино, Выгоничский р-н, Брянская обл., 243365, Россия
andrey.kubyshkin@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8715-5632>

Татьяна Михайловна Хвостенко, заведующая кафедрой информатики и программного обеспечения, кандидат экономических наук, доцент, Брянский институт управления и бизнеса, ул. 2-я Почепская, 42, Брянск, 241019, Россия
madamTMX@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-2814-1977>

ABOUT THE AUTHORS:

Anna Alekseevna Kuzmitskaya, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Bryansk State Agrarian University, 2A Sovetskaya Str., Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russia
Anna_Kuzm79@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4790-0690>

Olga Nikolaevna Korosteleva, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Bryansk State Agrarian University, 2A Sovetskaya Str., Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russia
korosteleva.66@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5985-4014>

Andrey Valentinovich Kubyshkin, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Bryansk State Agrarian University, 2A Sovetskaya Str., Kokino village, Vygonichsky district, Bryansk region, 243365, Russia
andrey.kubyshkin@internet.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8715-5632>

Tatyana Mikhailovna Khvostenko, Head of the Department of Computer Science and Software, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Bryansk Institute of Management and Business, 42 2nd Pochepskaya Str., Bryansk, 241019, Russia
madamTMX@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0005-2814-1977>

УДК 338.57.055)

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-163-167

Э.Ф. Амирова¹, ✉
И.Н. Сафиуллин¹,
Е.В. Губанова²,
М.М. Ханнанов¹

¹Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Калужский филиал, Калуга, Россия

✉ elmira_amirova@mail.ru

Поступила в редакцию:
28.04.2023

Одобрена после рецензирования:
01.06.2023

Принята к публикации:
21.06.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-372-7-163-167

Elmira F. Amirova¹, ✉
Ilnur N. Safiullin¹,
Elena V. Gubanova²,
Marat M. Khannanov¹

¹Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

²Financial University under the Government of the Russian Federation, Kaluga Branch, Kaluga, Russia

✉ elmira_amirova@mail.ru

Received by the editorial office:
28.04.2023

Accepted in revised:
01.06.2023

Accepted for publication:
21.06.2023

Особенности ценообразования на рынке зерна

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Рынок зерна является одним из ключевых секторов агропромышленного комплекса и имеет важное значение для развития всей экономики страны. В России существует множество проблем, связанных с ценообразованием на рынке зерновых продуктов, в том числе неравномерное распределение сельскохозяйственных товаропроизводителей по территории страны и недостаточно развитая инфраструктура для хранения и транспортировки зерна.

Методы. Представлены общенаучные и специальные методы исследования, в том числе описательный метод (приемы обобщения, наблюдения, интерпретации, сопоставления и т. д.), методы анализа ценообразования и прогнозирования цен на зерно, а также рекомендации по оптимизации ценообразования на рынке зерна.

Результаты. В результате анализа особенностей ценообразования на рынке зерна получены следующие результаты: урожайность является одним из основных факторов, влияющих на цену зерновых, недостаточный валовой сбор зерновых приводит к дефициту продукции на рынке и повышению цен; спрос и предложение также оказывают значительное влияние на цену зерна; при девальвации национальной валюты цены на зерно могут вырасти; при неблагоприятной конъюнктуре цен на транспортировку зерна цена на продукцию также будет увеличиваться. Цена на зерно является ключевым фактором для всех участников рынка, поэтому необходимо отслеживать изменения на рынке и адаптироваться к ним. Для обеспечения стабильности и рентабельности бизнеса необходимо учитывать все факторы, влияющие на цену зерна, и принимать эффективные решения на основе анализа ситуации на рынке.

Ключевые слова: волатильность, спрос, предложение, рынок зерна, ценообразование

Для цитирования: Амирова Э.Ф., Сафиуллин И.Н., Губанова Е.В., Ханнанов М.М. Особенности ценообразования на рынке зерна. *Аграрная наука*. 2023; 372(7): 163–167. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-163-167>

© Амирова Э.Ф., Сафиуллин И.Н., Губанова Е.В., Ханнанов М.М.

Peculiarities of pricing in the grain market

ABSTRACT

Relevance. The grain market is one of the key sectors of the agro-industrial complex and is important for the development of the entire economy of the country. In Russia, there are many problems associated with pricing in the grain market, including the uneven distribution of agricultural producers across the country and an underdeveloped infrastructure for storing and transporting grain. Thus, this article is relevant and relevant for modern business conditions.

Methods. General scientific and special research methods are presented, including a descriptive method (generalization techniques, observations, interpretation, comparison, etc.), methods of pricing analysis and forecasting grain prices, as well as recommendations for optimizing pricing in the grain market.

Results. As a result of the analysis of the peculiarities of pricing in the grain market, the following results were obtained: yield is one of the main factors affecting the price of grain, insufficient gross grain harvest leads to a shortage of products on the market and an increase in prices; supply and demand also have a significant impact on the price of grain; with the devaluation of the national currency, grain prices may rise; when due to the unfavorable price environment for grain transportation, the price of products will also increase. The price of grain is a key factor for all market participants, so it is necessary to monitor changes in the market and adapt to them. To ensure the stability and profitability of the business, it is necessary to take into account all factors affecting the price of grain and make effective decisions based on the analysis of the market situation.

Key words: volatility, demand, supply, consumer market, pricing

For citation: Amirova E.F., Safiullin I.N., Gubanova E.V., Hannanov M.M. Peculiarities of pricing in the grain market. *Agrarian science*. 2023; 372(7): 163–167 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-372-7-163-167>

© Amirova E.F., Safiullin I.N., Gubanova E.V., Khannanov M.M.

Введение/Introduction

Цены на зерно — это важный и неразрывно связанный элемент международной экономики, от которого зависит уровень жизни миллионов людей по всему миру. Основные факторы, влияющие на ценообразование на рынке зерна, включают в себя изменение предложения и спроса, конъюнктуру мировой экономики, финансовые и политические риски, а также факторы, связанные с изменением климата и погодными условиями [1–3].

Существует большое количество научных исследований, посвященных проблемам ценообразования на рынке зерна. В данном обзоре рассмотрены некоторые из них. В статьях Г.С. Клычковой, А.Р. Закировой, Н.В. Жахова и других рассматриваются особенности формирования цен на зерновые культуры в России и мире. Данное исследование базируется на теории экономического ценообразования, которая учитывает множество факторов, включая спрос и предложение, мировые цены на зерно, сезонные колебания и пр. Авторы считают, что в условиях мирового кризиса рынок зерна становится всё более рискованным и требует более тщательного анализа [4, 5].

В статье А.А. Валерианова, Н.В. Алексеевой, Т.А. Медведевой и др. [6] рассматриваются меры государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей через регулирование ценового механизма, особенности динамики цен на зерно в различных регионах, их взаимосвязь и влияние факторов на их изменение. Авторы отмечают, что на рынке зерна наблюдается высокая волатильность цен, вызванная, в частности, климатическими изменениями, периодическими кризисами, изменениями мировых тенденций в потреблении и пр.

Ф.Н. Мухаметгалиев и другие авторы в статье «Проблемы развития регионального зернового рынка» рассматривают особенности ценообразования на рынке зерна в Республике Татарстан и механизмы регулирования цен. Авторы считают, что многие проблемы на региональном рынке зерна связаны с наличием монополий и неэффективными механизмами государственного регулирования цен, и предлагают ряд мер, которые могут помочь решить эти проблемы [7].

Все вышеперечисленные исследования дают общее представление о проблемах ценообразования на рынке зерна в различных регионах. Они учитывают множество факторов, влияющих на формирование цен на зерновые культуры, и предлагают методы и механизмы их регулирования. На сегодняшний день одним из основных параметров рынка зерна является ценовая волатильность, что обуславливает высокую актуальность исследования ценообразования на рынке зерна.

Цель исследования — обозначение особенностей и проблем ценообразования на рынке зерна для дальнейшего решения современных проблем на рынке зерна.

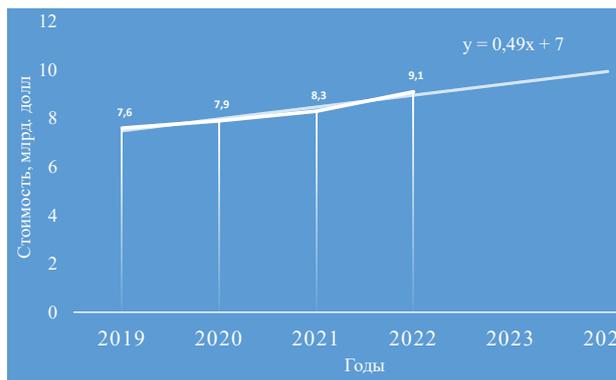
Материал и методы исследования / Materials and method

Для проведения исследования особенностей ценообразования на рынке зерна были использованы данные о ценах на зерно и его производные продукты на российском рынке с 2015 по 2021 год. Данные собраны из различных источников, включая статистические отчеты Министерства сельского хозяйства России, аналитические отчеты агрегаторов рынка зерна и других открытых источников.

В качестве методов исследования были использованы методы статистического анализа, анализа рыночной

Рис. 1. Прогнозируемый объем экспорта зерна из России на 2019–2024 гг., млрд долл.

Fig. 1. The projected volume of grain exports from Russia for 2019–2024, billion dollars.



конъюнктуры, экспертные оценки. Для анализа динамики цен на зерно применялся метод временных рядов. Был произведен анализ изменения объемов производства и потребления зерна. Оценка уровня конкуренции на рынке зерна проводилась на основе анализа концентрации рынка и оценки ее динамики.

Оценка влияния факторов, влияющих на ценообразование на рынке зерна, осуществлялась с помощью статистико-экономического анализа, который позволяет выявить степень взаимосвязи между ценами на зерно и его производными продуктами и экономическими факторами, такими как уровень производства, потребления, экспорта и т. д.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Рынок зерна — это единый комплекс, который распределяет и формирует в соответствии с запросом потребителей и обеспечивает их взаимодействие с производителями зерновых ресурсов для установления нормы цен и объемов продукции, а также ее качества [8, 9]. Один из основных факторов, влияющих на рентабельность компаний, производящих зерновые, — цена продукта, поэтому базой развития рынка зерна является соответствие уровня цен рыночной конъюнктуры. Как и в прошлом веке, ключевыми характеристиками установления цены остаются потребление, доступное предложение и запасы зерновых культур [10, 11].

Россия — один из мировых лидеров по производству и экспорту зерна. С учетом текущих рыночных цен на зерно экспортный потенциал российского зерна в ближайшие годы будет стабильно расти. При сохранении существующей тенденции экспорт зерна к 2024 году составит более 11 млрд долл. США, что будет достаточно для выполнения целевых показателей, установленных федеральным проектом по экспорту сельхозпродукции (рис. 1). Таким образом, совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) составляет 7,7%.

По данным Росстата, удельный вес зерновых и зернобобовых культур в общем объеме посевных площадей составляет около 60%. На 2021 год общий объем посевных площадей сократился на 0,3% по сравнению с предыдущим годом, тем не менее был замечен прирост объема посевных площадей России зерновых и зернобобовых культур в 2021 году по сравнению с 2019-м, а именно наблюдалось увеличение объема площади для таких посевных культур, как пшеница, рожь, просо, кукуруза и другие. В 2021 году в большей степени были

расширены посевные площади под рожь, которые увеличились на 16,2%. Пшеница занимает наибольшую долю среди зерновых культур в России в течение последних 20 лет. В 2021 году данная культура заняла 36% от общей посевной площади под зерновые. Значительный объем занимают ячмень с долей посевной площади в 11% и овес — 3%.

Рыночная модель Gustafson, которая, используя численные методы, определяет спрос на хранение в соответствии с такими параметрами, как потребительский спрос, распределение доходности, стоимость хранения продукта и процентная ставка. Данная модель учитывает максимизацию ожидаемой прибыли с бесконечным горизонтом. Спустя годы экономисты назвали Gustafson рыночной моделью рациональных ожиданий. Johnson и Sumner и Gardner в своих публикациях предложили способы использования данной модели для решения вопросов сельскохозяйственной политики, большинство из которых в определяющей степени зависит от распределения товаров в определенные промежутки времени. По данным этой модели, ключевым фактором для интерпретации поведения цен и определения причин высокой волатильности на рынке зерна является связь между ценами и запасами зерна [12–15].

Одной из основных особенностей зерновых культур является то, что предельные затраты на хранение за определенный период времени, которые включают в себя физическую защиту, страхование и порчу, на практике обычно не превышают критических значений (в климатически благоприятных условиях), поэтому используется допущение на постоянные удельные затраты как разумное приближение. Размер мировых запасов зерновых культур обычно не ограничивается емкостью хранилищ, когда, например, хранение дополнительной воды в резервуаре или нефти в надземных резервуарах не требует дополнительных затрат до того момента, пока не будет достигнута полная емкость, после чего дополнительное хранение невозможно в краткосрочной перспективе. Для установления причин ценовой волатильности зерновых культур необходимо установить взаимосвязь между ценой продукта, уровнем потребления и запасами. Если увеличивать запасы зерна, когда цены находятся на низком уровне, можно предотвратить резкое падение цен. Далее накопленные запасы можно использовать, когда цены находятся на высоком

Рис. 2. Структура мощностей для хранения зерна в Российской Федерации*, %

Fig. 2. Structure of capacities for storage in the Russian Federation, %

*Рассчитано автором по данным Росстата^{1, 2, 3}.



Таблица 1. Динамика ввода в действие новых мощностей по хранению зерна в Российской Федерации*, тыс. т

Table 1. Dynamics of commissioning of new grain storage capacities in the Russian Federation, thousand tons

Виды хранилищ зерна	Год				
	2017	2018	2019	2020	2021
Механизированные зерносклады	252,5	192	298	153,3	204,4
Хранилища зерна и семян	556,8	733,6	670,5	855,9	1244,5
Итого	809,3	925,6	968,5	1009,2	1448,9

*Рассчитано автором по данным Росстата.

уровне, для сглаживания скачков цен на продукт. Но данный подход возможен только в том случае, если запасы имеются в зернохранилищах. Так, прошлый сельскохозяйственный год показал рекордное количество по сбору зерновых в объеме 150 млн т. Необходимость найти места для хранения рекордного урожая зерна не вызывает реальной проблемы, поскольку объем зерна, используемого на внутренние нужды, составляет около 8 млн т в месяц, а всего продукта нового урожая будет использовано около 25 млн т. Кроме того, часть зерна можно хранить у мукомолов, которые располагают свободными емкостями. Наблюдается переизбыток мощностей для хранения зерна, особенно в Ростовской области, поскольку хранение на элеваторах слишком дорого и хозяйства предпочитают строить склады у себя. В целом по России мощности зерноскладов и прочих емкостей составляют, по оценкам Российского зернового союза, около 82 млн т, комбинаты хлебопродуктов и элеваторы — 47,4 млн т, перерабатывающие предприятия — 17,4 млн т. Структура мощностей для хранения зерна в настоящее время представлена на рисунке 2.

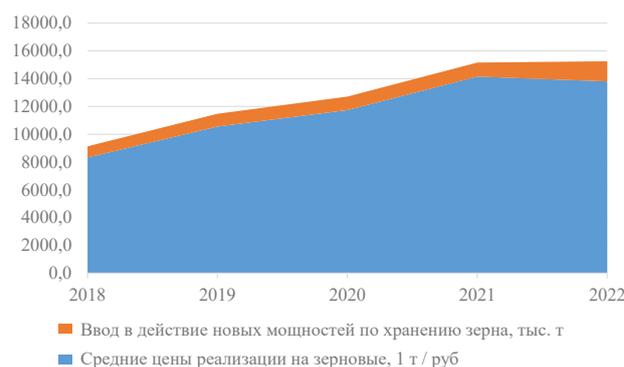
В последние пять лет темпы строительства зернохранилищ показывает растущую динамику (табл. 1).

Анализируя ретроспективу ввода мощностей по хранению зерна, можно было заметить резкий рост ввода мощностей зернохранилищ в 2021 году после 2020-го, который привел к росту цены на зерно с последующим падением цен на зерновые в 2022 году (рис. 3).

Таким образом, на итоговую стоимость зерна влияет технология хранения, выбранная производством. Также технология влияет на итоговое качество продукта. Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (Москва, Россия)⁴ оценивает,

Рис. 3. Ввод мощностей зернохранилищ и изменения цены на зерновые в 2018–2022 гг. в Российской Федерации

Fig. 3. Commissioning of granary capacities and changes in grain prices in 2018–2022 In Russian Federation



что средний объем внутреннего потребления зерна в России в 2014–2018 годах составил 74 млн т и ожидается, что среднегодовой темп роста (CAGR) с 2019 по 2024 год будет 1,1%. Это приведет к увеличению объема внутреннего потребления зерна в 2020–2024 годах до 78,9 млн т. Зерно, используемое на кормовые цели, является наиболее значимой частью потребления и составляет 60%. Ожидается, что в 2020–2024 годах его доля увеличится до 67%.

Результаты исследования показали, что на рынке зерна существует несколько факторов, которые влияют на ценообразование. Один из главных факторов — урожайность. В случае большого урожая цены на зерно снижаются, а в случае низкой урожайности цены значительно вырастают. Были определены различные сезонные особенности ценообразования на рынке зерна. Например, в период сбора урожая цены на зерно снижаются, а вне сезона урожая наблюдается рост цен. Важными факторами являются спрос и предложение на рынке зерна. Немаловажный фактор ценообразования на рынке зерна — использование цифровых технологий в управлении и в самом процессе производства в зерновом секторе экономики [16, 17]. В случае когда спрос превышает предложение, цены на зерно вырастают. Если ситуация обратная — цены снижаются. Было установлено, что на формирование цены на зерно влияют и факторы, связанные с транспортировкой и хранением зерна. Например, транспортировка зерна из дальних регионов может привести к повышению цен на него из-за дополнительных расходов на перевозку. В целом исследование позволило выявить основные факторы, определяющие ценообразование на рынке зерна. Понимание этих особенностей позволяет прогнозировать изменение цен на зерно и принимать

обоснованные решения при покупке или продаже зерна на рынке [18, 19].

Выводы/Conclusion

В заключение можно сказать: ценообразование на рынке зерна является важным фактором стабильности национальной экономики, поскольку от его уровня зависит благосостояние всей страны; ценообразование на рынке зерна зависит от множества факторов: конъюнктуры мировой экономики, финансовых и политических рисков, изменения климата и погодных условий, технологии хранения зерновых и др.; ценовая волатильность на рынке зерна является одной из основных проблем, вызывая риски для продавцов и покупателей; для решения проблем ценообразования на рынке зерна необходимо проводить регулярный мониторинг и анализ факторов, влияющих на ценообразование, внедрять методы и механизмы их регулирования для обеспечения стабильности цен на зерно на рынке; исследования в области ценообразования на рынке зерна, проводимые учеными, дают общее понимание о проблемах, связанных с ценообразованием на рынке зерна в различных регионах, и предлагают методы и механизмы их решения. При этом важно заметить, что цена на зерно является ключевым фактором для всех участников рынка — начиная от производителей и заканчивая потребителями. В связи с этим необходимо отслеживать изменения на рынке зерна и адаптироваться к ним, чтобы обеспечить стабильность и рентабельность хозяйственной деятельности сельхозпроизводителей. Таким образом, на основании полученных результатов была сделана оценка факторов, влияющих на ценообразование на рынке зерна и дана характеристика конъюнктуры данного рынка.

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. Амирова Э.Ф. Оптимизация структуры российского зернопродуктового подкомплекса АПК. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2007; 2(1): 5–8. <https://elibrary.ru/kwhmjo>
2. Жахов Н.В., Сироткина Н.В. Региональная политика формирования и развития продовольственного рынка. *Регион: системы, экономика, управление*. 2018; (3): 32–38. <https://elibrary.ru/ylllel>
3. Амирова Э.Ф. Оптимизация экономических показателей предприятий зернопродуктового подкомплекса. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2008; 3(3): 11–14. <https://elibrary.ru/jxddnd>
4. Klychova G., Zakirova A., Safiullin I., Zakirov Z., Khusainov S., Zakharova G. Rational placement of grain production is the basis for ensuring food security. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 08013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017508013>
5. Сироткина Н.В., Жахов Н.В. Политика обеспечения продовольственной безопасности населения региона. *Курск: ТОП*. 2017; 180. ISBN 978-5-905622-87-8 <https://elibrary.ru/yqyqah>
6. Валерианов А.А., Алексеева Н.В., Медведева Т.А., Семенов А.А., Сафиуллин Н.А. О мерах государственной поддержки и регулирования АПК. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2021; 16(4): 75–81. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-75-81>
7. Mukhametgaliev F., Sitdikova L., Avkhadiev F., Gainutdinov I., Petrova V. Problems of regional grain market development. *BIO Web of Conferences*. 2020; 17: 00082. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700082>
8. Амирова Э.Ф. Функционирование зернопродуктового подкомплекса в условиях продовольственного эмбарго. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018; 13(1): 147–151. https://doi.org/10.12737/article_5afc1e968f2193.60952736

REFERENCES

1. Amirova E.F. Optimization of the structure of the Russian grain subcomplex of the agro-industrial complex. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2007; 2(1): 5–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/kwhmjo>
2. Zhakhov N.V., Sirotkina N.V. Regional policy formation and development food market. *Region: systems, economics, management*. 2018; (3): 32–38 (In Russian). <https://elibrary.ru/ylllel>
3. Amirova E.F. Optimization of economic indicators of enterprises of the grain product subcomplex. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2008; 3(3): 11–14 (In Russian). <https://elibrary.ru/jxddnd>
4. Klychova G., Zakirova A., Safiullin I., Zakirov Z., Khusainov S., Zakharova G. Rational placement of grain production is the basis for ensuring food security. *E3S Web of Conferences*. 2020; 175: 08013. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017508013>
5. Sirotkina N.V., Zhakhov N.V. The policy of ensuring food security of the population of the region. *Kursk: TOP*. 2017; 180 (In Russian). ISBN 978-5-905622-87-8 <https://elibrary.ru/yqyqah>
6. Valerianov A.A., Alekseeva N.V., Medvedeva T.A., Semenov A.A., Safiullin N.A. On measures of state support and regulation of AIC. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2021; 16(4): 75–81 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2022-75-81>
7. Mukhametgaliev F., Sitdikova L., Avkhadiev F., Gainutdinov I., Petrova V. Problems of regional grain market development. *BIO Web of Conferences*. 2020; 17: 00082. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700082>
8. Amirova E.F. Functioning of the grain product sub-complex in the conditions of food embargo. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13(1): 147–151 (In Russian). https://doi.org/10.12737/article_5afc1e968f2193.60952736

9. Мухаметгалиев Ф.Н., Ситдикова Л.Ф., Авхадиев Ф.Н., Асадуллин Н.М., Гайнутдинов И.Г. Тенденции развития зернопроизводства в условиях импортозамещения. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020; 15(1): 117–122. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-117-122>
10. Ибрагимов Л.Г., Сафиуллин И.Н., Амирова Э.Ф. Основные проблемы проведения кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения на примере Республики Татарстан. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018; 13(3): 116–121. https://doi.org/10.12737/article_5bc57a4bf7079.34058146
11. Kashapov N.F., Nafikov M.M., Gazetdinov M.X., Gazetdinov Sh.M., Nigmatzyanov A.R. Modeling the processes of forming the organizational structure of management in iterated formations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 915: 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/915/1/012024>
12. Faskhutdinova M.S., Amirova E.F., Safiullin I.N., Ibragimov L.G. Human resources in the context of digitalization of agriculture. *BIO Web of Conferences*. 2020; 27: 00020. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700020>
13. Agumbayeva A.Y., Chmyshenko E.G., Pulyaev N.N., Bunkovsky D.V., Kolesov K.I., Amirova E.F. Industrial Transformation of Kazakhstan in Digitalization's Era. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019; 10(6): 1861–1867. <https://elibrary.ru/iuimile>
14. Kirillova O.V., Sadreeva A.F., Markova S.V., Mukhametshina F.A. Current trends in the development of the Russian agrarian economy in ensuring food security. *BIO Web of Conferences*. 2020; 27: 00035. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700035>
15. Куракова Ч.М., Сафиуллин Н.А. Внедрение методологии Agile в процесс управления цифровой трансформацией сельского хозяйства. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020; 15(3): 114–120. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114120>
16. Сафиуллин Н.А., Куксин С.В. Анализ причин цифрового разрыва между городским и сельским населением России. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2022; 15(3): 163–172. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_163
17. Газетдинов М.Х., Семичева О.С., Газетдинов Ш.М. Особенности развития сельских территорий в условиях модернизации экономики. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019; 14(3): 143–148. https://doi.org/10.12737/article_5db98b0c862ba8.00690321
18. Генералов И.Г., Губанова Е.В., Лосев А.Н. Цифровая трансформация зернового хозяйства региона. *Вестник НГИЭИ*. 2022; (5): 104–112. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-5-104-112>
19. Губанова Е.В., Кочергина Т.В., Хохолуш М.С. Пространственная организация зернового производства в РФ. *Вестник НГИЭИ*. 2022; (8): 113–122. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-113-122>
9. Mukhametgaliev F.N., Sitdikova L.F., Avhadiev F.N., Asadullin N.M., Gaynutdinov I.G. Trends of grain production development in the conditions of import substitution. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2020; 15(1): 117–122 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-117>
10. Ibragimov L.G., Safiullin I.N., Amirova E.F. Main problems of cadastral estimation of agricultural land on the example of the Republic of Tatarstan. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2018; 13(3): 116–121 (In Russian). https://doi.org/10.12737/article_5bc57a4bf7079.34058146
11. Kashapov N.F., Nafikov M.M., Gazetdinov M.X., Gazetdinov Sh.M., Nigmatzyanov A.R. Modeling the processes of forming the organizational structure of management in iterated formations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 915: 012024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/915/1/012024>
12. Faskhutdinova M.S., Amirova E.F., Safiullin I.N., Ibragimov L.G. Human resources in the context of digitalization of agriculture. *BIO Web of Conferences*. 2020; 27: 00020. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700020>
13. Agumbayeva A.Y., Chmyshenko E.G., Pulyaev N.N., Bunkovsky D.V., Kolesov K.I., Amirova E.F. Industrial Transformation of Kazakhstan in Digitalization's Era. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019; 10(6): 1861–1867. <https://elibrary.ru/iuimile>
14. Kirillova O.V., Sadreeva A.F., Markova S.V., Mukhametshina F.A. Current trends in the development of the Russian agrarian economy in ensuring food security. *BIO Web of Conferences*. 2020; 27: 00035. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700035>
15. Kurakova Ch.M., Safiullin N.A. Implementation of Agile methodology in the process of digital transformation of agriculture. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2020; 15(3): 114–120 (In Russian). <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2020-114120>
16. Safiullin N.A., Kuksin S.V. Investigation into the causes of the digital divide between urban and rural population of Russia. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2022; 15(3): 163–172 (In Russian). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2022_3_163
17. Gazetdinov M.H., Semicheva O.S., Gazetdinov Sh.M. Features of rural territories development under conditions of modernization of economy. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2019; 14(3): 143–148 (In Russian). https://doi.org/10.12737/article_5db98b0c862ba8.00690321
18. Generalov I.G., Gubanova E.V., Losev A.N. Digital transformation of the region's grain economy. *Bulletin NGIEI*. 2022; (5): 104–112 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-5-104-112>
19. Gubanova E.V., Kochergina T.V., Khokholush M.S. Spatial organization of grain production in the Russian Federation. *Bulletin NGIEI*. 2022; (8): 113–122 (In Russian). <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-8-113-122>

ОБ АВТОРАХ:

Эльмира Фаиловна Амирова, кандидат экономических наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 65, Казань, 420015, Россия elmira_amirova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1528-5219>

Ильнур Наилевич Сафиуллин, кандидат экономических наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 65, Казань, 420015, Россия sin.ek.09@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5689-570X>

Елена Витальевна Губанова, кандидат экономических наук, доцент, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Калужский филиал, ул. Чижевского, 17, Калуга, 248016, Россия el-gubanova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-7922-8400>

Марат Минигаянович Ханнанов, кандидат экономических наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, 65, Казань, 420015, Россия marchan1@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7619-9247>

ABOUT THE AUTHORS:

Elmira Faylovna Amirova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University, 65 K. Marx Str., Kazan, 420015, Russia elmira_amirova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1528-5219>

Ilnur Nailevich Safiullin, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University, 65 K. Marx Str., Kazan, 420015, Russian Federation sin.ek.09@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5689-570X>

Elena Vitalievna Gubanova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, Kaluga Branch, 17 Chizhevsky Str., Kaluga, 248016, Russia el-gubanova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0001-7922-8400>

Marat Minigayanovich Khannanov, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University, 65 K. Marx Str., Kazan, 420015, Russia marchan1@mail.ru <https://orcid.org/0009-0003-7619-9247>

Оксид азота (NO) в эмбриональном и постэмбриональном развитии птиц : монография / В. Ю. Титов, И. И. Кочиш, А. М. Долгорукова. — М. : Зооветкнига, 2022. — 140 с. Шифр 23-1653.

Монографии проанализированы данные зарубежных и отечественных ученых, а также приведены результаты собственных многолетних исследований о механизме физиологического действия универсального медиатора оксида азота (NO), о его роли в эмбриогенезе птиц и возможности использования монооксида азота для регулирования физиологических процессов в период эмбриогенеза и постэмбрионального развития. Приведены данные о некоторых закономерностях метаболизма NO в живых тканях, полученные на модельных системах и живых организмах. Птичьи эмбрионы являются очень удобным объектом для таких исследований, так как представляют собой относительно замкнутую систему, имеющую крупные размеры. Представлены методы определения доноров NO, нитрата, нитрита, нитрозосоединений и способы контроля активности каталазы. Подробно описана роль оксида азота в эмбриогенезе птиц. Изучены синтез и метаболизм NO в тканях птичьего эмбриона, особенности наследования показателя интенсивности окисления оксида азота в птичьем эмбрионе, взаимосвязь эмбрионального окисления NO и экспрессии ряда генов, ответственных за митогенез. Уделено внимание изучению состава нитро- и нитрозосоединений крови эмбриона и цыплят после вылупления. Отдельно рассмотрена роль NO в процессах, затрагивающих иммунную систему и прежде всего активность фагоцитов. Приведены сведения о практическом применении научных результатов, сформулированы рекомендации и предложения производству. Книга содержит 19 иллюстраций, 50 таблиц и библиографический список из 133 отечественных и иностранных источников. Предназначена для специалистов птицеводческой отрасли, научных работников, аспирантов, преподавателей студентов сельскохозяйственных вузов.

Реализация воспроизводительных и продуктивных качества свиной иммунотропными препаратами : монография / В. Г. Семенов, В. Г. Тюрин, Д. А. Никитин, А. В. Соляник, Л. П. Гладких, А. В. Обухова. — Чебоксары : Фирма «Крона-2» в форме ООО, 2022. — 232 с. Шифр ЦНСХБ 23-1662.

В монографии научно обоснована и экспериментально доказана целесообразность применения разработанных иммунотропных препаратов PigStim-C и PigStim-M в технологии промышленного свиноводства. В обзоре литературных данных представлены ветеринарно-гигиенические приемы обеспечения репродуктивного здоровья свиноматок и продуктивности молодняка свиной, использование иммунокоррекции в реализации биоресурсного потенциала организма свиной. Собственные исследования были посвящены оценке воздействия препаратов PigStim-C и PigStim-M на клинико-физиологические показатели состояния свиной, заболеваемость, сохранность, гематологический, биохимический и иммунологический профиль и продуктивные качества молодняка свиной. Оценена эффективность применения препарата PigStim-C для профилактики болезней послеродового периода у свиноматок и обеспечения здоровья полученных от них поросят-сосунков. Экспериментально доказана возможность коррекции клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма свиной иммунотропными препаратами нового поколения. Дана оценка реализации потенциала продуктивных и воспроизводительных качеств свиной при использовании препаратов PigStim-C и PigStim-M. Рассчитана экономическая эффективность применения данных препаратов в условиях промышленного содержания свиной. На основании полученных результатов сформулированы предложения производству. Книга содержит 19 иллюстраций, 32 таблицы и список использованной отечественной и

иностранной литературы из 345 источников. Предназначена для руководителей и специалистов животноводческих хозяйств, научных работников, аспирантов, преподавателей и студентов аграрных вузов.

Оценка физиологического состояния птицы и качества продукции : монография / Под науч. ред. Т. М. Околеловой, С. В. Енгашева. — Москва : РИОР, 2023. — 184 с. — (Научная мысль). Шифр ЦНСХБ 23-1770.

Монография написана на основании результатов работы авторского коллектива с привлечением данных отечественных и зарубежных исследователей по характеристике физиологического и продуктивного состояния птицы и получаемой продукции. В книге в краткой форме изложены критерии оценки и отбора птицы мясного и яичного направлений продуктивности. Уделено внимание, прежде всего, нормативным показателям оценки экстерьера, органов пищеварения, яйцеобразования и спермопродукции. Описан минимальный набор данных, позволяющий судить о состоянии стада. Даны ориентировочные нормативы по гематологическим, физиолого-биохимическим показателям крови, микробиому желудочно-кишечного тракта и общей резистентности птицы. Приведены данные по качеству инкубационных и пищевых яиц, мяса всех видов сельскохозяйственной птицы. Описаны возможные дефекты яиц, тушек и мяса птицы, их причины, способы профилактики и минимизации потерь. Книга содержит 9 иллюстраций, 79 таблиц и список использованной отечественной и иностранной литературы из 73 источников. Предназначена для зооветспециалистов, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов аграрных вузов.

Оценка овец романовской породы по различным типам иммунологических и генетических маркеров : монография / Н. С. Марзанов, Д. А. Девришов, С. Н. Марзанова, Е. А. Корецкая, М. Ю. Озеров. — М. : ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА им. К. И. Скрябина, 2022. — 154 с. Шифр ЦНСХБ 23-1787.

Монография представляет собой первое обобщение литературных данных и результатов собственных научных исследований авторов по изучению различных типов иммунологических и генетических маркеров в романовском овцеводстве. Дан всесторонний обзор новейших материалов по таким важным разделам иммунологии и генетики, как группы крови, полиморфизм белков, микросателлиты, методика оценки нестабильности генетического аппарата в эритроцитах крови овец. Представлены классификация иммунологических и генетических маркеров, системы групп крови и методы их выявления у овец, требования к моноспецифическим сывороткам-реагентам и контроль специфичности. Уделено внимание методам выявления транспортных белков крови, полиморфизму белков крови у овец романовской породы. Разработана технология использования различных типов иммунологических и генетических маркеров в теории и практике разведения овец романовской породы. Изучен генетический профиль романовских овец, разводимых в различных экологических зонах Центральной нечерноземной зоны Российской Федерации, проведен сравнительный анализ с рядом локальных пород овец, разводимых в РФ и за рубежом. Даны рекомендации по использованию достижений иммунологической, цитологической и молекулярной генетики для целей селекции и сохранения генофонда овец романовской породы. Книга содержит диаграммы, иллюстрации, фотографии, 35 таблиц и список использованной отечественной и иностранной литературы из 181 источника. Предназначена для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов ветеринарных, зоотехнических и биологических факультетов, специалистов племенного дела в овцеводстве, слушателей системы аграрного дополнительного профессионального образования.

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**



Сделайте ваш посевной материал неуязвимым с протравителями ГК «Шанс»



ШАНС
группа компаний



ДВД ШАНС, КС

Двухкомпонентный протравитель семян зерновых культур

Действующее вещество: 30 г/л дифеноконазола + 6,3 г/л ципроконазола



ШАНСОМЕТОКС ТРИО, КС

Комбинированный инсектофунгицидный протравитель семян зерновых культур и клубней картофеля

Действующее вещество: 262,5 г/л тиаметоксама + 25 г/л дифеноконазола + 25 г/л флудиоксонила



ШАНСИЛ ТРИО, КС

Протравитель семян зерновых культур

Действующее вещество: 60 г/л тиабендазола + 60 г/л тебуконазола + 40 г/л имазалила

8-800-700-9036

shans-group.com

Генеральным партнером завода-производителя «Шанс Энтерпрайз» по реализации продукции на территории РФ является ООО «Шанс Трейд».

Реклама