

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№6 Ноябрь-Декабрь 2022
November-December

Издается с января 1992 года. Выходит 6 раз в год.
ISSN 2500-2082

© Российская академия наук, 2022
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2022

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Г.А. Романенко

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

Авидзба А.М. (Национальный НИИ винограда и вина «Магарач»), **Горлов И.Ф.** (Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции), **Долгушкин Н.К.** (заместитель главного редактора РАН), **Иванов А.Л.** (Почвенный институт имени В.В. Докучаева), **Измайлов А.Ю.** (Федеральный научный агроинженерный центр РАН), **Каракотов С.Д.** (АО «Щелково Агрохим»), **Кашеваров Н.И.** (Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН), **Кулик К.Н.** (Федеральный научный центр агроэкологии РАН), **Ван Мансвелт Ян** (Нидерланды), **Петров А.Н.** (Всероссийский НИИ технологий консервирования), **Попов В.Д.** (Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства), **Савченко И.В.** (Всероссийский НИИ лекарственных и ароматических растений), **Синеговская В.Т.** (Всероссийский НИИ сои), **Фисинин В.И.** (Федеральный научный центр «ВНИТИП» РАН), **Якушев В.П.** (Агрофизический НИИ)

член-корреспондент РАН

Багиров В.А. (Департамент координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

Журнал в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) размещен на платформе Web of Science. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук.

Полные тексты статей размещаются на сайте научной электронной библиотеки: elibrary.ru

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023
Тел.: 8 (495) 938-11-10, 8 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Published January 1992. Published 6 times a year.
ISSN 2500-2082

EDITOR
Academician of the RAS G.A. Romanenko

EDITORIAL BOARD:
Academician of the RAS

Avidzba A.M. (National Institute of Vine and Wine “Magarach”), **Gorlov I.F.** (Povolzhskiy (Volga) Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products), **Dolgushkin N.K.** (Russian Academy of Sciences), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agro-engineering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **J.D. van Mansvelt** (Netherlands), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)

Corresponding member of the RAS

Bagirov V.A. (Department of coordination of organizations in the field of agricultural Sciences of the Ministry of science and higher education of the Russian Federation)

EXECUTIVE EDITOR – S.L. Senina

The journal to a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system Agris.

Full texts of articles are placed on the website of electronic library: elibrary.ru

Address: 119334, Moscow, Leninsky prospekt, 32 A,
Department of Agricultural Sciences of the RAS, of. 1023
Tel.: +7 (495) 938 11-10, +7 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Содержание / Contents

- ОТДЕЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК РАН / AGRICULTURAL SCIENCES OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES DEPARTMENT
 - 4** Лачуга Ю.Ф., Гарист А.В. / Lachuga Yu.F., Garist A.V.
Отчет о работе бюро Отделения сельскохозяйственных наук РАН за 2017–2022 годы / Report on the work of the bureau of the Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences Department for 2017–2022
- ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ / ECONOMICS AND MANAGEMENT
 - 7** Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. / Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A.
Инструменты нормативного управления устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве / Regulatory instruments for the management of sustainability and efficiency of reproduction processes in industrial horticulture
- РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION
 - 12** Синеговская В.Т., Очкурова В.В. / Sinegovskaya V.T., Ochкурова V.V.
Роль способа посева в формировании репродуктивных органов растений и урожайности семян сортов сои / The sowing method role in the formation of reproductive organs of plants and seed yield of soybean varieties
 - 17** Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В., Леонова Т.А. и др. / Novokhatin V.V., Shelomentseva T.V., Leonova T.A. et al.
Экологическая изменчивость сортов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР в Зауралье / Ecological variability of spring soft wheat from VIR collection in Transurals
 - 22** Смирнова Ю.Д., Фомичева Н.В., Рабинович Г.Ю. / Smirnova Yu.D., Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu.
Влияние различных видов кремния на произрастание яровой пшеницы / Influence of difference silicon varieties on spring wheat growth
 - 27** Тырышкин Л.Г., Зуева А.А., Темирбекова С.К. и др. / Tyryshkin L.G., Zueva A.A., Temirbekova S.K. et al.
Эффективная ювенильная устойчивость коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы из Китая к листовым болезням / Effective juvenile resistance of collection accessions of spring soft wheat from China to foliar diseases
 - 32** Баташева Б.А., Абдуллаев Р.А., Ковалева О.Н. и др. / Batasheva B.A., Abdullaev R.A., Kovaleva O.N. et al.
Продуктивность ярового ячменя при озимом посеве в Южном Дагестане / Productivity of spring barley in South Dagestan winter sowing conditions
 - 36** Максимов В.А., Лапшин Ю.А., Золотарёва Р.И., Максимова Р.Б. / Maksimov V.A., Lapshin Yu.A., Zolotareva R.I., Maksimova R.B.
Продуктивность и экономическая эффективность возделываемых сортов ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл / Productivity and economic efficiency of spring triticale cultivated varieties in Mari El Republic conditions
 - 39** Баматов И.М., Перевергин К.А., Абасов Ш.М., Хамурзаев С.М. / Bamatov I.M., Perevertin K.A., Abasov Sh.M., Khamurzaev S.M.
Влияние биополимерной модификации минеральных удобрений на продуктивность зерна озимой пшеницы и основные элементы плодородия почвы / The influence of biopolymer modification of mineral fertilizers on the winter wheat grain productivity and the main elements of soil fertility
 - 43** Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н., Зайцева С.М. и др. / Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N., Zaitseva S.M. et al.
Биотехнологические методы получения устойчивых форм батата (*Ipomoea batatas* L.) к гипотермическому стрессу / Biotechnological methods for obtaining sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) forms resistant to hypothermic stress resistance
 - 47** Евстратова Л.П., Кузнецова Л.А., Николаева Е.В. / Evstratova L.P., Kuznetsova L.A., Nikolaeva E.V.
Перспективы использования интродуцированных сортов картофеля в условиях Карелии / Prospects for the use of introduced potato varieties in the conditions of Karelia
 - 51** Гайнатулина В.В., Хасбиуллина О.И. / Gaynatulina V.V., Khasbiullina O.I.
Влияние химических и биологических препаратов на урожайность, заболеваемость растений и клубней картофеля ризоктониозом / Influence of chemical and biological preparations on productivity, incidence of plants and tubers of potatoes with rhizoctoniosis
 - 55** Бабаева М.А., Осипова С.В. / Babaeva M.A., Osipova S.V.
Псаммофильные растительные сообщества песчаных массивов Терско-Кумской низменности на территории Кочубейской биосферной станции / Psamphilic plant communities of the sand massives of the Tersk-Kumskaya lowland at the territory of the Kochubey biosphere station
 - 58** Ковтунова Н.А., Романюкин А.Е., Ковтунов В.В., Кравченко Н.С. / Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Kovtunov V.V., Kravchenko N.S.
Параметры адаптивности и изменчивости урожайности и качества зеленой массы суданской травы / Parameters of adaptability and variability of productivity and quality of Sudanese grass herbage

- 62** Шидаков Р.С., Шидакова А.С., Халилов Б.Х. / Shidakov R.S., Shidakova A.S., Khalilov B.H.
Генотипическая взаимозависимость признаков и свойств при их наследовании гибридным потомством яблони / Genotypic interdependence of traits and properties when they are inherited by the hybrid of spring of the apple tree
- 66** Янчук Т.В., Седов Е.Н., Корнеева С.А., Вепринцева М.В. / Yanchuk T.V., Sedov E.N., Korneeva S.A., Veprintseva M.V.
Тургеневское и *Тренер Петров* – новые триплоидные сорта яблони селекции ВНИИСПК / *Turgenevskoe* and *Trainer Petrov* are new triploid apple trees varieties of VNIISP selection
- 69** Ляхова А.С. / Lyakhova A.S.
Изучение отдаленных гибридов вишни в питомнике / The study of cherries distant hybrids in the nursery
- **БИОТЕХНОЛОГИЯ / BIOTECHNOLOGY**
- 73** Егорова М.И., Николаева Е.С., Пузанова Л.Н. / Egorova M.I., Nikolaeva E.S., Puzanova L.N.
Формальдегид в белом сахаре: обнаружение и содержание / Formaldehyde in white sugar: detection and content
- 77** Скотникова Т.А., Неминушая Л.А., Еремец Н.К. и др. / Skotnikova T.A., Neminushchaya L.A., Eremets N.K. et al.
Исследование стабильности биологических лекарственных средств на основе пробиотических бактерий для ветеринарного применения / Investigations of the biological drugs stability based on probiotic bacteria for veterinary usage
- **ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS**
- 81** Татуева О.В., Кольцов Д.Н. / Tatueva O.V., Koltsov D.N.
Влияние инбридинга на продолжительность продуктивного использования коров *голландской* породы / The effect of inbreeding on the duration of the productive use of *Holstein* cows
- 88** Бабенков В.Ю., Макарова Е.Ю., Хахлинов А.И. и др. / Babenkov V.Yu., Makarova E.Yu., Khakhlinov A.I. et al.
Ранний эмбриогенез и вторичное соотношение полов при трансплантации доимплантационных эмбрионов *in vivo* / Early embryogenesis and secondary sex ratio in transplanted preimplantation embryos *in vivo*
- 93** Семикрасова А.Н., Петрова И.В., Жилина К.В. / Semikrasova A.N., Petrova I.V., Zhilina K.V.
Лечение энтеритов у соболей клеточного содержания / Treatment of enteritis in cage managed sables
- 96** Шукюрова Е.Б. / Shukyurova E.B.
Иммуногенетическая структура мясных пород крупного рогатого скота, разводимого на Дальнем Востоке / Immunogenetic structure of meat breeds of cattle bred in the Far East
- **ВЕТЕРИНАРНАЯ ЭНТОМОЛОГИЯ / VETERINARY ENTOMOLOGY**
- 100** Фёдорова О.А., Трушникова А.С., Павлик К.С. / Fedorova O.A., Trushnikova A.S., Pavlik K.S.
Репродуктивный потенциал самок кровососущих мокрецов (*Diptera: Ceratopogonidae*) на территории Тюменской области / Reproductive female blood-sucking biting midges potential (*Diptera: Ceratopogonidae*) in the territory of the Tyumen region
- 104** Серкова М.И., Роткин А.Т. / Serkova M.I., Rotkin A.T.
Видовой состав кровососущих комаров (*Diptera, Culicidae*) – переносчиков трансмиссивных заболеваний на территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа / Species composition of blood-sucking mosquitoes (*Diptera, Culicidae*) are carriers of vector-borne diseases in the Nizhnevartovsk district of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug
- **ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ / PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEER SYSTEMS**
- 109** Калашников С.С., Раднаев Д.Н., Пехутов А.С. и др. / Kalashnikov S.S., Radnaev D.N., Pekhutov A.S. et al.
Влияние ходовых систем тракторов на плодородие каштановых почв Бурятии / Influence of tractors undercarriage on the fertility of chestnut soils in Buryatia

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-63276 от 06 октября 2015 г.,
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Подписано к печати 25.11.2022 г. Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 13,69. Уч.-изд. л. 14. Заказ № 55. Тираж 21 экз. Бесплатно.

16+

Учредитель: Российская академия наук

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-131-21 ООО "Тематическая редакция",
125252, г. Москва, ул. Зорге, д. 19, этаж 3, помещ. VI, комн. 44
Отпечатано ИП Ерхова И.М.
125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

ОТЧЕТ О РАБОТЕ БЮРО ОТДЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК РАН ЗА 2017–2022 ГОДЫ

Юрий Федорович Лачуга, Академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН, академик РАН
Александр Васильевич Гарист, начальник отдела ОСХН РАН, кандидат сельскохозяйственных наук
Российская академия наук, г. Москва, Россия
E-mail: akadema1907@mail.ru

REPORT ON THE WORK OF THE BUREAU OF THE AGRICULTURAL SCIENCES OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES DEPARTMENT FOR 2017–2022

Yu.F. Lachuga, Academician-Secretary of the Department of Agricultural Sciences of the RAS, Academician of the RAS
A.V. Garist, Head of the Department of Agricultural Sciences of the RAS, PhD in Agricultural Sciences
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
E-mail: akadema1907@mail.ru

Разнообразие эколого-географических и почвенно-климатических условий в Российской Федерации потребовало проведения комплексных научных исследований (фундаментальные, поисковые и прикладные), тематика которых в отчетный период соответствовала Программам фундаментальных научных исследований на период 2013–2020 и 2021–2030 годов, разработанным с участием ученых Отделения по шести основным направлениям науки, объединенным секциями Отделения.

По инициативе Отделения подписано соглашение о сотрудничестве между Российской академией наук и Федеральной службой по ветеринарному и фитосанитарному надзору.

Деятельность ученых за отчетный период была направлена на выполнение Указа Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 года «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» и приоритетных направлений развития сельского хозяйства, определенных Стратегией научно-технологического развития страны, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642 и других нормативно-правовых актов РФ.

За отчетный период проведено 46 заседаний и четыре научные сессии. На заседаниях бюро Отделения рассматривались кадровые вопросы и заслушивались научные сообщения, по каждому из которых представляли рекомендации федеральным и региональным органам исполнительной власти по освоению полученных научных разработок, а членам РАН — пропаганде результатов исследований в средствах массовой информации. Также обсуждались меры по осуществлению контроля за выполнением государственного задания РАН в части, касающейся Отделения; согласования предложений Минобрнауки России о реорганизации научных учреждений; движения земельных и материальных ресурсов; подготовки и проведения научных конференций; согласования планов НИР и отчетов научных учреждений по их реализации; подготовки материалов к докладу РАН Президенту и Правительству Российской Федерации, ФОИВам — о реализации государственной научно-технической

политики и важнейших научных результатах, полученных российскими учеными за отчетный период; аналитические материалы и предложения по приоритетным направлениям развития фундаментальных исследований на период до 2030 года, организация работ по экспертизе планов НИР, отчетов программ и проектов и другие.

Отрабатывалась номенклатура новых специальностей ВАК, формировались совместно с ВАК экспертные советы.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2018 года № 1781 РАН ученые Отделения проводили экспертизы научных и научно-технических результатов в рамках планов НИР, проектов и программ, отчетов об их реализации.

С 2017 по 2022 год в Отделение поступило на обработку и затем отправлено в Управление научно-методического руководства экспертной деятельности около 18 тысяч заключений. Работу несколько затрудняла существующая методика проведения экспертиз, лимитирующая деятельность экспертов.

С 2017 по 2022 год были организованы комплексные фундаментальные научные исследования с отделениями РАН: химии и наук о материалах; физических наук; биологических наук; энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; нано- и IT-технологий.

Заслуживает особого внимания совместная работа с учеными Отделения химии и наук о материалах (академик-секретарь М.П. Егоров) по созданию средств защиты растений с действующим веществом отечественного производства. Базой по отработке технологий синтеза действующих веществ и размещения их производства на предприятиях химического комплекса страны стало АО «Щелково Агрохим» (руководитель — академик РАН С.Д. Каракотов).

Продолжена работа с Отделением энергетики, машиностроения, механики и процессов управления (академик-секретарь А.Н. Лагарьков) по ряду направлений: развитие эффективных систем энергообеспечения и энергопотребления сельхозпредприятий и бытового сектора; разработка универсального электротехнического модуля по построению обору-

дования для предпосевной обработки, сушки и обеззараживания зерна; создание робота для доения коров на основе элементной базы и компонентов отечественного производства.

С Отделением физических наук (академик-секретарь И.А. Щербаков) рассмотрены вопросы применения электротехнологий и достижений прикладной физики в сельскохозяйственном производстве, в том числе использования микроволнового излучения в прикладных целях; управления и контроля электрофизическими воздействиями на биологические объекты в технологических процессах.

В соответствии с Уставом РАН в каждой из шести секций по направлениям исследований работали научные советы, комитеты и комиссии.

На научном совете секции экономики, земельных отношений и социального развития села (руководитель – академик РАН А.И. Алтухов) разрабатывали предложения по комплексному развитию подотраслей АПК страны и обеспечению продовольственной безопасности, которые представляли для рассмотрения в профильные Комитеты Совета Федерации и Госдумы для выработки мероприятий по реализации положений Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.

Тематикой заседаний научного совета секции земледелия, мелиорации, водного и лесного хозяйства (руководитель – академик РАН А.А. Завалин) стали вопросы, связанные с повышением плодородия почв; стратегии развития лесного комплекса; а также подготовка Концепции развития АПК в Нечерноземной зоне Российской Федерации на период до 2030 года. Проект направлен в Госдуму и Совет Федерации, Минобрнауки России, Минсельхоз России.

На научном совете секции растениеводства, защиты и биотехнологии растений рассматривались пути решения проблем создания отечественных сортов и гибридов ряда культур, в том числе кукурузы на зерно и силос, зональные технологии их возделывания, выдвигались предложения по совершенствованию научного обеспечения производства кукурузы отечественных гибридов и другие.

В повестке дня научного совета секции зоотехнии и ветеринарии были процессы функционирования профильных учреждений в системе мер по научному обеспечению развития подотраслей животноводства, апробации выходной продукции с представлением затем в Минобрнауки России, Минсельхоз России.

На заседаниях научного совета секции механизации, электрификации и автоматизации обсуждали: развитие отечественного тракторостроения и в целом сельхозмашиностроения; создание и производство отечественных инновационных технических средств для селекции и семеноводства; научные результаты фундаментальных исследований и их применения к решению инженерных проблем АПК. Предложения направляли в законодательные органы и различные ФОИВ, в том числе по подготовке подпрограммы ФНТП «Сельскохозяйственная техника и оборудование».

Научное обеспечение развития отечественного производства специализированной продукции для оптимизации питания населения России, резуль-

тативность научных исследований и разработка мероприятий по повышению их эффективности, деятельность созданного нашим Отделением и Отделением медицинских наук Консорциума «Здоровье-сбережение, питание, демография» находились в повестке заседаний научного совета секции хранения и переработки сельхозпродукции.

В дальнейшем ученым Отделения необходимо повышать эффективность работы научных советов всех секций, результативность НИР и совершенствовать методологии инновационных подходов в интересах сельхозтоваропроизводителей.

В рамках научно-координационной деятельности бюро Отделения информационно взаимодействовало с органами государственной власти, министерствами и ведомствами, гражданами и организациями в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Созданный президиумом РАН Межведомственный координационный совет проводил анализ и мониторинг исполнения тематики научных исследований в соответствии с директивными документами, в том числе совместных мероприятий в сфере АПК Евразийского экономического союза.

За отчетный период на заседаниях Межведомственного совета рассматривали вопросы развития овощеводства; садоводства и питомниководства; селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур.

Научные учреждения уделяли большое внимание вопросам выполнения мероприятий по реализации Перечня перспективных НИОКР в сфере АПК государств – членов Евразийского экономического совета.

Участники, проведенного в 2020 году соответствующего координационного совещания, рассматривали перспективные предложения по подготовке кооперационных евразийских проектов, направленных на применение биотехнологий при разведении племенных животных, использование в АПК цифровых технологий, роботизированных систем, точного земледелия, технологий «Умная ферма», современных подходов при решении проблем ветеринарной медицины.

Большое внимание уделяли вопросам сотрудничества с зарубежными институтами и организациями более 30 стран мира. Были заключены договоры о совместной работе по различным направлениям исследований с КНР, Вьетнамом, Узбекистаном, Арменией, Казахстаном, Киргизией, Израилем, странами Южной Америки.

Под научно-методическим руководством бюро Отделения продолжилось издание журналов «Вестник российской сельскохозяйственной науки» и «Российская сельскохозяйственная наука». Последний издается в переводной версии и входит в международную базу данных Springer. Оба журнала размещены на платформе Web of Science, что существенно расширяет возможности участия научных публикаций наших ученых в мировых рейтингах.

Под постоянным контролем бюро Отделения секций находился вопрос об учреждении премий имен выдающихся ученых в области сельскохозяйственных наук. В отчетный период утверждены президиумом РАН соискатели по трем пре-

Таблица 1.

Научная продукция, полученная по результатам проведения исследований

Показатель, ед.	Год									Итого	2021 в % к 2013
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Сорта и гибриды	298	293	335	266	265	238	256	263	273	2487	91,6
Породы, типы, кроссы	4	9	7	8	2	3	3	3	5	44	125,0
Технологические процессы	301	295	273	247	224	210	197	187	172	2106	57,1
Технологические способы, приемы	295	286	241	274	195	170	162	141	117	1881	39,3
Машины, оборудование	165	140	125	149	111	95	87	74	80	1026	48,5
Вакцины, дезинфицирующие и лекарственные средства	59	47	36	36	27	15	15	14	10	259	16,9
Средства защиты растений	44	39	23	27	19	12	10	8	5	187	11,4
Методы, методики	296	240	140	195	175	170	149	129	166	1660	56,1
Нормативные документы	-	860	600	600	513	454	350	310	331	4018	38,5 (к 2014 г.)
Патенты, авторские свидетельства	755	630	649	710	730	745	753	769	783	6524	103,7

Таблица 2.

Сравнительные показатели работы научных учреждений и организаций сельскохозяйственной науки

Показатель	Единица измерений	Годы		В % к предыдущему периоду
		2008–2012	2017–2021	
Сорта и гибриды	ед.	1456	1295	88,9
Породы, типы, кроссы	ед.	69	16	23,2
Технологические процессы	ед.	1490	990	66,4
Технологические способы, приемы	ед.	1292	785	60,8
Машины, оборудование	ед.	716	447	62,4
Вакцины, дезинфицирующие и лекарственные средства	ед.	305	81	26,6
Средства защиты растений	ед.	288	54	18,8
Методы, методики	ед.	1605	789	49,2
Нормативные документы	ед.	3696	1958	53,0
Патенты, авторские свидетельства	ед.	3633	3780	104,0
Книги, монографии, брошюры	ед.	2536	2781	109,7
Статьи (всего)	тыс. ед.	73,0	78,7	107,8
в том числе				
в зарубежных изданиях	тыс. ед.	3,9	6,7	170,0

миям: имени Н.В. Рудницкого, М.И. Хаджинова, Л.К. Эрнста и 11 медалей – имени В.П. Горячкина, В.Р. Вильямса, В.С. Пустовойта, Т.С. Мальцева, В.М. Клечковского, И.В. Мичурина, М.Ф. Иванова, П.П. Лукьяненко, Г.Ф. Морозова, А.Н. Костякова, К.К. Гедройца, А.Л. Полякова. За выдающиеся заслуги в области науки и техники многим ученым присуждены премии Правительства Российской Федерации.

Ежегодно бюро представляло материалы по реорганизации учреждений, находящихся под научно-методическим руководством Отделения. Институты объединяли в научные центры не по принципу приоритетных направлений исследований, а по территориальному, причем нередко с включением в состав одного центра разнопрофильных НИИ. Было создано 57 научных центров, из которых 42 сельскохозяйственного направления и 15 комплексных. Распоряжением Правительства Российской Федерации в этом году переданы из Минобрнауки России в Минсельхоз России 11 ведущих селекционных центров для решения проблемы производства отечественных товарных семян, племенной продукции. Ежегодно в Российской Федерации высевается порядка 11–12 млн т семенного материала до 150 различных сельскохозяйственных культур, передача 11-и уч-

реждений не может привести к желаемому результату. Распоряжение о переводе научных учреждений принимали без учета позиции РАН. Такое действие не может не нарушить целостности существующей системы научных исследований в учреждениях сельскохозяйственной науки.

Отрицательно сказывается на качестве и объемах сельскохозяйственного производства отсутствие системы внедрения инновационных научных разработок как в Минсельхозе, так и в Минобрнауки России. Эта проблема до настоящего времени не нашла своего решения.

Следует отметить, что планируемое Минсельхозом России резкое сокращение реестра селекционных достижений приведет к существенному снижению биоразнообразия сельскохозяйственных культур, обеспечивающего эффективный отбор генетических источников в целях создания конкурентоспособных сортов и гибридов. Это обширное генетическое биоразнообразие растительной флоры России привлекает внимание не только отечественных, но и иностранных селекционеров, как база для широких научных исследований.

Научное сообщество и инфраструктура НИИ сельскохозяйственного профиля в процессе их реорганизации попали, к сожалению, под контроль

недостаточно квалифицированных органов управления. Сформировалась многоступенчатая процедура выборов директоров научных учреждений, при которой директор НИУ может быть уволен в любое время без объяснения причин. Немалый вред нашим организациям нанесло решение об ограничении возраста (70 лет) для руководителей научных учреждений.

В составе членов РАН, закрепленных за Отделением, – 161 академик и 127 членов-корреспондентов.

Реформа науки 2013 года не привела к повышению уровня научных исследований. Результативность работы научных учреждений в интересах АПК страны за последние девять лет существенно снизилась (табл. 1).

С 2008 года уменьшается количество наиболее значимой для АПК научной продукции, к которой относятся: сорта и гибриды сельскохозяйственных культур; породы, типы и кроссы животных, птицы, насекомых и аквакультуры; технологии и техно-

логические процессы; средства защиты растений и животных, продукты питания и другое (табл. 2).

Несмотря на создание более 100 специализированных лабораторий в НИИ, научные учреждения продолжают испытывать недостаток в оборудовании, приборах, химических реактивах и других специальных средствах для проведения экспериментальных работ.

Оказалась сниженной оценка объективности в практической значимости разработок, как и степени их актуальности для сельского хозяйства России. Неоднократные обращения в ФАНО и Министерство науки и высшего образования РФ о создании методологии совместных действий по этой проблеме не дали результата.

Новому составу бюро Отделения предстоит активно поработать со структурами власти различных уровней, чтобы исправить такое положение дел в сельскохозяйственной науке, которая имеет потенциал для более существенного вклада в решение насущных проблем аграрного сектора страны.

ИНСТРУМЕНТЫ НОРМАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ И ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПЛОДОВОДСТВЕ

Евгений Алексеевич Егоров, *академик РАН, доктор экономических наук, профессор*

Жанна Александровна Шадрина, *профессор РАН, доктор экономических наук*

Гаянэ Агоповна Кочьян, *кандидат экономических наук*

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»,
г. Краснодар, Россия
E-mail: gayanek@mail.ru

Аннотация. Обоснована необходимость разработки инструментов нормативного управления воспроизводственными процессами в промышленном плодоводстве. Определены основные критерии устойчивости и эффективности перспективных технологий возделывания плодовых культур с учетом формирующихся технологических сдвигов. Предложен алгоритм разработки экономических и технологико-экономических инструментов нормативного управления устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах с участием садовых культур. Дана сопоставимая оценка фактических и нормативных показателей, характеризующих технологико-экономическую устойчивость в субъекте промышленного плодоводства Краснодарского края. Установлены дисбалансы в соотношении показателей результативности деятельности субъектов промышленного плодоводства, превышение норматива совокупных издержек относительно доходной части, а также другие функциональные диспропорции, вызывающие дефицит экономических ресурсов для эффективной организации и управления воспроизводственными процессами. Рассмотрены технологико-экономические инструменты нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов, к которым относятся многофакторные математические модели с использованием программного и аппаратного обеспечения, основанные на многолетних эмпирических базах данных и современных способах биологизации. Дана оценка эффективности предлагаемых инструментов.

Ключевые слова: плодоводство, инструменты, управление, устойчивость, эффективность, воспроизводственные процессы

REGULATORY INSTRUMENTS FOR THE MANAGEMENT OF SUSTAINABILITY AND EFFICIENCY OF REPRODUCTION PROCESSES IN INDUSTRIAL HORTICULTURE

E.A. Egorov, *Academician of the RAS, Grand PhD in Economic Sciences, Professor*

Zh.A. Shadrina, *Professor of the RAS, Grand PhD in Economic Sciences*

G.A. Kochyan, *PhD in Economic Sciences*

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar, Russia
E-mail: gayanek@mail.ru

Abstract. The necessity of developing tools for regulatory management of sustainability and efficiency of reproduction processes in industrial fruit growing is substantiated. The main criteria for the sustainability and effectiveness of promising technologies for culti-

vating fruit crops are determined, taking into account the emerging technological shifts. An algorithm for the development of economic and technological-economic tools for regulatory management of sustainability and efficiency of reproduction processes in long-term agrocenoses with the participation of garden crops is proposed. A comparable assessment of the actual and normative indicators characterizing technological and economic stability in the subject of industrial fruit growing of the Krasnodar Territory is given. Imbalances in the ratio of performance indicators of industrial fruit growing entities, excess of the standard of total costs relative to the revenue side, as well as other functional imbalances causing a shortage of economic resources for the effective organization and management of reproductive processes have been established. The definition of tools for regulatory management of sustainability and efficiency of reproduction processes is given. The characteristics of economic and technological-economic instruments of regulatory management of the sustainability of reproductive processes in industrial fruit growing are given. The technological and economic tools of regulatory management of the sustainability of reproductive processes are considered, which include multifactorial mathematical models using software and hardware based on long-term empirical databases and modern methods of biologization. An assessment of the effectiveness of the proposed tools for regulatory management of sustainability and efficiency of reproductive processes in industrial fruit growing is given.

Keywords: fruit growing, tools, management, sustainability, efficiency, reproductive processes

Развитие промышленного плодоводства с учетом необходимости обеспечения продовольственной безопасности страны – важнейший приоритет в аграрной политике России. Основная цель развития отрасли – увеличение объемов продукции, ресурсно-технологическое снабжение воспроизводственных процессов, формирование экономического базиса территориальных образований.

Объем производства плодовой продукции в Российской Федерации в 2021 году составил 3985,5 тыс. т (108,9% к уровню 2020 года), импортировано 1859,7 тыс. т на сумму 143,7 млрд руб., что превышает объемы государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей в промышленном плодоводстве более чем в 25 раз. Годовая обеспеченность потребностей населения в плодовой продукции – 43,6%, при норме – 50 кг/чел.

Для полного импортозамещения (уровень продовольственной независимости по фруктам и ягодам согласно Доктрины продовольственной безопасности – не менее 60%) с учетом фактического потребления в Российской Федерации необходимо дополнительно заложить около 90 тыс. га промышленных садовых насаждений, из них семечковых – не менее 16,1 тыс. га, косточковых – 23,7, ягодных – 50,3 тыс. га. Обеспеченность собственным посадочным материалом в 2021 году – 73%, эффективность производства плодовой продукции существенно снизилась по сравнению с 2020. За 2020–2021 годы себестоимость плодовой продукции увеличилась на 20%, цена реализации снизилась на 5%, что обусловило снижение рентабельности производства более чем на 30%, а также возрастание дефицита собственных средств сельхозпроизводителей на осуществление текущей производственной деятельности и реновацию насаждений. При производстве плодовой продукции (яблоку) за 2017–2021 годы вырос коэффициент опережения среднего темпа ро-

ста производственных затрат над средним темпом роста оптовой цены реализации плодовой продукции в среднем на 1,2% (табл. 1).

При условии сохранения тенденций в развитии плодового подкомплекса за 2017–2021 годы и прогнозируемого уровня инфляции на 2022 год (17,2%), повышение цен на приобретаемые ресурсы других отраслей с учетом современной экономической ситуации может составить в среднем до 30%.

Таким образом, учитывая прогноз внешних (макроэкономические) и внутренних (технологико-экономические) факторов, реальная эффективность воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве может снизиться до критического уровня, что актуализирует необходимость разработки и применения комплекса регуляторов, к которым относятся инструменты нормативного управления (обоснование допустимых интервалов изменения основных параметров системы и регламентные решения для их достижения) устойчивостью и эффективностью производственно-технологических процессов в субъектах промышленного плодоводства.

Цель исследований – разработка экономических и технологико-экономических инструментов нормативного управления устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах с участием садовых культур.

Промышленное плодоводство – сложно организуемая природно-техногенная система, которая формируется с участием различных подсистем или ресурсов (биологические, техногенные и экономические).

Доминирующий технологический уклад характеризует комплекс условий достижения и поддержания конкурентоспособности производства посредством совершенствования технологий возделывания культур с ориентацией их на превышение предшествующих аналогов по количественным и качественным показателям результативности. [6]

Таблица 1.

Динамика себестоимости производства плодов в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации по годам

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	Средний темп прироста, %
Себестоимость производства, руб./ц	2358,5	2499,0	2574,9	3010,0	3625,5	11,3
Оптовая цена реализации, руб./ц	3206,9	3797,0	3565,8	4964,7	4713,0	10,1
Прибыль от реализации, руб./ц	848,4	1298,0	990,9	1954,7	1087,5	6,4
Рентабельность продукции, %	36,0	51,9	38,5	64,9	30,0	x



Рис. 1. Основные критерии устойчивости и эффективности перспективных технологий возделывания плодовых культур с учетом формирующихся технологических сдвигов.

Основные технологические сдвиги (количественные и качественные изменения в организации производственно-технологических процессов, обусловленные сменой технологических укладов) в отечественном плодоводстве: значительное сортообновление; применение широкого спектра слаборослых подвоев; дифференциация сорто-подвойных комбинаций; ресурсосберегающие формировки; новые типы насаждений; увеличение масштабов внедрения новаций за счет повышения темпов реновации насаждений и другие.

Прогнозируемые технологические сдвиги: системное повышение устойчивости культивируемых растений к воздействию внешних стресс-факторов и управление продукционным потенциалом агроценоза на основе современных методов; биологизация производственных процессов и ресурсосбережение, включая сокращение затрат живого труда.

Управлять эффективностью и устойчивостью многолетних агроценозов необходимо посредством инструментария, учитывающего технологические отраслевые сдвиги, включающего общесистемные критерии, методы управления, различные ограничения, связанные со спецификой ценотических взаимосвязей, технолого-экономических взаимовлияний, многофункциональные базы данных, многофакторные математические модели (рис. 1).

Целеполагание нормативного управления состоит в обосновании норматива, на основе которого осуществляется воздействие на воспроизводственные процессы для приведения их функциональных параметров к рациональным значениям и одновременно валидация полученных результатов. [4, 5]

Экономические и технолого-экономические нормативы – это показатели, применяемые для управления биологическими, техногенными и экономическими ресурсами для обеспечения необходимой пропорциональности в осуществлении воспроизводственных процессов.

Алгоритм разработки экономических и технолого-экономических инструментов нормативного управления устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах с участием садовых культур базируется на комплексе формализованных условий, принципов и требований, отображающих их специфику в сложных природно-техногенных системах, формирующихся технологических сдвигах, критериях устойчивости и эффективности перспективных технологий возделывания многолетних насаждений, многофакторных математических моделях, обосновывающих оптимальные параметры процессов, учитывающие весь спектр взаимосвязей и взаимовлияний на каждой стадии ведения системы плодоводства.

Управление устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов предусматривает регламентированное ресурсное управление: разработка норм и нормативов в сложных природно-техногенных системах; формирование системы мониторинга; изучение причин вариации фактических значений показателей устойчивости от их нормативно установленных величин; обоснование механизма обеспечения; разработка и реализация комплекса мер, направленных на нивелирование негативных последствий, обусловленных химико-техногенным воздействием на элементы агроценоза и макроэкономическими флуктуациями (рис. 2).

Нормирование показателей, обуславливающих экономическую устойчивость производства, должно осуществляться по предметным областям воздействия и основываться на расчетном обосновании ряда относительных показателей, характеризующих эффективность использования различных ресурсов.

Основные области внутрисистемного воздействия экономических инструментов нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов – диспропорции, балансы используемых ресурсов, товарно-денежные отношения.



Рис. 2. Механизм нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве.

Причины увеличения дефицита финансово-материальных ресурсов для эффективной организации и управления воспроизводственными процессами — дисбаланс в соотношении показателей эффективности использования экономических ресурсов и другие функциональные диспропорции (табл. 2).

Показатели устойчивости воспроизводственных процессов к нормативным параметрам определяют необходимость совершенствования экономических регуляторов управления развитием субъектов промышленного плодоводства, включающих планирование и уточнение оперативной потребности в финансировании, оценку сопоставимости технологического-экономических показателей и совокупных ресурсных издержек, мониторинг, корректировку отклонений фактических показателей устойчивости и эффективности от нормативных значений.

Для нивелирования дисбаланса в соотношении показателей рентабельности продукции и продаж необходима разработка и реализация мер организационно — правового регулирования установления закупочной и реализационной цен ритейлерами. В 2021 году средняя оптовая закупочная цена на отечественную продукцию в Российской Федерации составила 47,1 руб./кг, что на 15% ниже требуемой для эффективности производства.

В настоящее время розничная цена у ритейлеров (сетевая торговля) на плодovou продукцию более чем в два раза выше цены оптового импорта и средней оптовой закупочной цены у отечественных сельхозпроизводителей, что негативно сказывается на результативности производственной деятельности сельхозпроизводителей и потребительском спросе.

Регулирование рынка плодово-ягодной продукции, особенно его сезонной емкости, также важно для обеспечения приоритетных позиций отечественным сельхозтоваропроизводителям.

Среднее потребление населением яблок в период массового сбора плодов — 262 тыс. т при ежемесяч-

ной нормативной потребности 428 тыс. т, валовой сбор отечественной продукции за июль-октябрь — 585 тыс. т/мес., объем трудно реализуемой продукции — 157 тыс. т, реализуемой импортной — 140 тыс. т.

Сельхозтоваропроизводители вынуждены реализовывать продукцию по демпинговым ценам, теряя более 15% дохода.

Таблица 2. Сопоставимая оценка фактических и нормативных показателей, характеризующих технологическую устойчивость в субъекте промышленного плодоводства (Краснодарский край) на примере производства яблок зимнего срока созревания, 2021 год

Показатель	Значение	
	нормативное	фактическое
Урожайность, ц/га	220...320	306
Порог безубыточности, ц/га	61,5...87,5	64,7
Коэффициент превышения порога безубыточности	3,6	4,0
Издержки на производство и реализацию продукции, тыс. руб./га	640,0...930,9	1109,4
Сопоставимые с доходом издержки на производство продукции, %	не более 58	76,9
Прибыль от продаж, тыс.руб./га	396,9...577,3	332,8
Коэффициент оборачиваемости средств	4,21	3,9
Норма, %		
накопления на воспроизводство многолетних насаждений	22,9	12,4
маржинального дохода	1,38	1,27
пропорциональности (реновация насаждений)	8,3	7,0
расширенного воспроизводства	14,2	6,0
Рентабельность, %		
продукции	62,0	30,0
продаж	38,0	23,1

Таблица 3.

Расчет косвенных потерь производителей яблок в 2021 году

Показатель	Значение
Закладка на хранение	
Объем производства яблок сельхозтоваропроизводителями, крестьянскими (фермерские) хозяйствами и индивидуальными предпринимателями Краснодарского края, всего, в том числе:	431,60
закладка на хранение, тыс. т	286,2
Себестоимость яблок с учетом хранения, руб./кг	44,3
Средняя цена реализации из фруктохранилища (декабрь-апрель), руб./кг	55,82
Необходимый уровень цены производителей яблок (уровень рентабельности расширенного производства 60%), руб./кг	70,81
Рентабельность продукции, %	26,1
Средняя цена реализации в декабре-апреле импортных яблок, руб./кг	60,06
Стоимостная оценка потерь производителей яблок, млн руб.	3 075,61
Снижение качества продукции, отправляемой на передержку	
Потери продукции, отправляемой на передержку, в результате ее порчи, тыс. т (2%)	2,91
Цена реализации нестандартной продукции, руб./кг	10
Потери производителей, руб./кг	25,23
Стоимостная оценка потерь производителей яблок, млн руб.	73,38

В случае невозможности реализации плодовой продукции в периоды массового сбора сельхозпроизводители отправляют ее на передержку (срок – до 2 мес.), что обуславливает снижение качества и потери (в среднем – 2%). Величина недополученного дохода – более 12% (табл. 3).

Необходима разработка специальных мер нетарифного регулирования в отношении ввоза (импорт) плодовой продукции во время ее массового сбора и реализации (сезонное регулирование емкости рынка плодовой продукции).

Практика управления сложноорганизуемыми системами доказывает важность применения нормативных методов также для агротехнологических регламентов и минимизации негативного антропогенного влияния на агроэкосистемы. [1]

Нормирование агротехнологических регламентов базируется на реализации сформированных потенциальных возможностей, отображающих ценовую специфику и закономерности возделывания многолетних культур, корректировки по мониторингам различных видов, соблюдении сопоставимости технологических и экономических показателей.

Основные области внутрисистемного воздействия технолого-экономических инструментов нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов – элементы агроценоза, функциональные диспропорции в организации.

К важнейшим технолого-экономическим инструментам нормативного управления устойчивостью воспроизводственных процессов для нивелирования негативных последствий, обусловленных химико-техногенной интенсификацией, относятся: биотехнологические методы и способы в точном конструировании агроценозов с помощью системных баз и банков данных; автоматизированное управление регуляцией физиолого-биохимических и других процессов растений; патогенотическое регулирование на основе изученной природы вредителей и болезней, их жизненных циклов; управление почвосодержанием путем разработки биологических систем, устраняющих конкуренцию за

питание, формирующих гео-, био-, зооценоз, способные восстанавливать почвенное плодородие; механизация процессов на основе создания машинно-технологического комплекса, учитывающего принципиальную смену методов и способов управления производственными процессами. [2, 3, 7, 8]

Разработанная система экономических и технолого-экономических инструментов нормативного управления устойчивостью и эффективностью воспроизводственных процессов в многолетних агроценозах с участием садовых культур позволит обеспечить сбалансированное состояние, прирост количественных и качественных показателей и технолого-экономическую результативность производственно-технологических процессов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Экономическая сущность ресурсосбережения в интенсивном плодоводстве // Садоводство и виноградарство. 2014. № 5. С. 7–12.
2. Казаков А.Е., Борисов А.Ю., Чеботарь В.К. Биологизация АПК – путь к устойчивому развитию // Интернет-журнал «Коммерческая биотехнология». 2004. URL: <http://cbio.ru/page/43/id/860/?ysclid=15ql0gx28u447266360>. (дата обращения 01.07.2022).
3. Кирюшин В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 3–9.
4. Меркулова Е.Ю., Товмач Л.Н. Нормативная модель управления экономической надежностью производственных систем // Социально-экономические явления и процессы. 2007. № 2 (006). С. 9–105.
5. Носов А.В. и др. Налоговые инструменты и их использование в аграрном секторе региона: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. 180 с.
6. Ромадов Н. Экономические циклы и ориентиры, которые они дают инвесторам и предпринимателям / Режим доступа: URL: <https://financial-news24.ru/jekonomicheskij-cikl/> (дата обращения 15.07.2022).
7. Gangwar D.S., Tyagi S., Soni S.K. A techno-economic analysis of digital agriculture services: an ecological ap-

- proach toward green growth // International Journal of Environmental Science and Technology. 2022. № 19. P. 3859–3870. DOI: 10.1007/s13762-021-03300-7.
8. Peterson C.A., Eviner V.T., Gaudin A.C.M. Ways forward for resilience research in agroecosystems // Agricultural Systems. 2018. № 162. P. 19–27. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.01.011.
 4. Merkulova E.Yu., Tovmach L.N. Normativnaya model' upravleniya ekonomicheskoy nadezhnost'yu proizvodstvennykh sistem // Social'no-ekonomicheskie yavleniya i processy. 2007. № 2 (006). S. 97–105.
 5. Nosov A.V. i dr. Nalogovye instrumenty i ih ispol'zovanie v agrarnom sektore regiona: monografiya. Penza: RIO PG-SKHA, 2015. 180 s.

REFERENCES

1. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Koch'yan G.A. Ekonomicheskaya sushchnost' resursosberezheniya v intensivnom plodovodstve // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2014. № 5. S. 7–12.
2. Kazakov A.E., Borisov A.Yu., Chebotar' V.K. Biologizatsiya APK – put' k ustojchivomu razvitiyu // Internet-zhurnal «Kommercheskaya biotekhnologiya». 2004. URL: <http://cbio.ru/page/43/id/860/?ysclid=15ql0gx28u447266360>. (data obrashcheniya 01.07.2022).
3. Kiryushin V.I. Problema ekologizatsii zemledeliya v Rossii (Belgorodskaya model') // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2012. № 12. S. 3–9.
6. Romadov N. Ekonomicheskie cikly i orientiry, kotorye oni dayut investoram i predprinimatel'nyam / Rezhim dostupa: URL: <https://finansial-news24.ru/jekonomicheskij-cikl/> (data obrashcheniya 15.07.2022).
7. Gangwar D.S., Tyagi S., Soni S.K. A techno-economic analysis of digital agriculture services: an ecological approach toward green growth // International Journal of Environmental Science and Technology. 2022. № 19. R. 3859–3870. DOI: 10.1007/s13762-021-03300-7.
8. Peterson C.A., Eviner V.T., Gaudin A.C.M. Ways forward for resilience research in agroecosystems // Agricultural Systems. 2018. № 162. R. 19–27. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.01.011.

УДК 633.853.52 : 581.1:631.52 : 631.53

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/12-17, EDN: KDIUDK

РОЛЬ СПОСОБА ПОСЕВА В ФОРМИРОВАНИИ РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ И УРОЖАЙНОСТИ СЕМЯН СОРТОВ СОИ

**Валентина Тимофеевна Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ
Виктория Владимировна Очкурова, младший научный сотрудник**

*ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», г. Благовещенск, Амурская обл., Россия
E-mail: valsln09@gmail.com*

Аннотация. На луговой черноземовидной почве опытного поля ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2019–2021 годах исследовали сорта сои Сентябринка, Кружевница и Китросса селекции института. Изучено влияние широкорядного (45 см) и рядового (15 см) способов посева на процесс формирования репродуктивных органов в течение вегетационного периода и биологическую урожайность семян. Учет образования и абортивности цветков, завязей бобов и семян в бобах проводили по методике Э.Ф. Лопаткиной. Установлено, что отторжение репродуктивных органов было выше у всех изучаемых сортов при рядовом способе посева. Наибольшая абортивность выявлена среди завязей бобов при посеве рядовым способом у Кружевницы (69,8%), у сортов Сентябринка и Китросса она была меньше соответственно на 11,5 и 14,7%. Потеря завязей бобов при широкорядном посеве значительно ниже у всех сортов: Сентябринка – на 12,6%, Китросса – 9,3 и Кружевница – 16,9%, по сравнению с возделыванием рядовым способом. Выявлена небольшая абортивность семян в бобах у сорта Сентябринка в среднем за три года, что положительно сказалось на величине биологической урожайности. Преимущество широкорядного способа посева по влиянию на формирование количества бобов на растении было отмечено у сорта Китросса (в 2,8 раза больше, чем на растениях, выращенных рядовым способом), у Сентябринки и Кружевницы – в 2,3 раза. В результате у сорта Китросса превышение урожайности при широкорядном способе посева по сравнению с рядовым было самым высоким – 1,09 т/га. По абсолютной величине наибольшая биологическая урожайность семян получена у Сентябринки – 3,2 т/га, которая превысила урожайность посевов с междурядьями 15 см на 0,79 т/га. Выявлена тесная корреляционная связь урожайности семян от количества сформированных бобов на растении. Коэффициенты корреляции варьировали от 0,56 до 0,95 ($r_{\text{крит.}} = 0,57$) в зависимости от сорта и способа посева.

Ключевые слова: соя, репродуктивные органы, сорт, способ посева, биологическая урожайность, абортивность

THE SOWING METHOD ROLE IN THE FORMATION OF REPRODUCTIVE ORGANS OF PLANTS AND SEED YIELD OF SOYBEAN VARIETIES

**V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored Scientist of Russia
V.V. Ochкурова, Junior Researcher**

*FRC «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean», Blagoveshchensk, Amur region, Russia
E-mail: valsln09@gmail.com*

Abstract. The studies were carried out in field experiments on meadow chernozem-like soil of the experimental field of the FGBNU FNC VNI soybean in 2019–2021 with soybean varieties Sentyabrinka, Kruzhevniitsa, and Kitrossa of the Institute's breeding. The influence

of wide-row (by 45 cm) and narrow-row (by 15 cm) sowing methods on the formation of reproductive organs during the growing season and the biological yield of seeds were studied. Accounting for the formation and abortion of flowers, ovaries of pods, pods and seeds in pods was carried out according to the method of E.F. Lopatkina (1977). It was found that the abortion of the reproductive organs was higher in all studied varieties when cultivated in a narrow-row sowing method. The highest abortion was found among the ovaries of pods when sowing in a row by 15 cm – in the variety *Kruzhevitsa* it was 69.8%, in the varieties *Sentyabrinka* and *Kitrossa* it was less by 11.5 and 14.7%, respectively. The abortive of pod ovaries with a wide-row sowing method was significantly less in all soybean varieties: in the *Sentyabrinka* variety by 12.6%, in the *Kitrossa* variety by 9.3% and in the *Kruzhevitsa* variety by 16.9% in comparison with the cultivation of ordinary way. A low abortivity of seeds in pods was revealed in the *Sentyabrinka* variety on average over 3 years, which had a positive effect on the biological yield. The advantage of the wide-row sowing method in terms of its influence on the number of pods per plant was noted to a greater extent in the *Kitrossa* variety compared to the *Sentyabrinka* and *Kruzhevitsa* varieties. At the same time, 2.8 times more pods were formed in the *Kitrossa* variety compared to plants grown in crops in a narrow row way, and in the *Sentyabrinka* and *Kruzhevitsa* varieties – 2.3 times. As a result, the *Kitrossa* variety had the highest yield increase with a wide-row sowing method compared to a narrow-row one – 1.09 t/ha. In absolute terms, the highest biological seed yield was obtained in the *Sentyabrinka* variety – 3.2 t/ha, which exceeded the yield of crops with row spacing of 15 cm by 0.79 t/ha. In the variety *Kruzhevitsa*, the excess amounted to 0.76 t/ha. A close correlation dependence of seed yield on the number of formed pods per plant was revealed. Correlation coefficients varied from 0.56 to 0.95, at $r_{crit.} = 0.57$, depending on the variety and sowing method.

Keywords: soybean, reproductive organs, sorting, sowing methods, biological productivity, abortion

Соя – приоритетная сельскохозяйственная культура на Дальнем Востоке, обеспечивающая высокую рентабельность в производстве. Особенность биохимического состава семян сои (содержание белка – до 50, жира – 25%) делает ее востребованной в пищевой и медицинской отраслях. [1, 7] Благодаря работе селекционеров ВНИИ сои стало возможным возделывать теплолюбивую культуру в условиях короткого безморозного периода с суммой активных температур от 1800°C. [9, 14, 15] При этом важно правильно подобрать способ посева, который зависит от биологических особенностей сорта, в частности его способности к ветвлению. [3, 8] При рядовом посеве увеличивается высота растения и уровень прикрепления нижнего боба из-за недостатка освещения, что приводит к снижению количества сформировавшихся репродуктивных органов и качества семенного материала. [4, 5, 16]

У сои широко распространено опадение цветков, неоплодотворенных завязей и бобов. Установлено, что чем хуже условия и больше цветков в кисти, тем меньше их остается. В среднем на растении – 130...180 цветочных почек, и только из половины образуются цветки. Одна из причин абортности цветков – недостаток освещенности в результате загущения или полегания растений в узкорядных посевах. Встречается недоразвитость (абортность) семян в бобах, которая может достигать более 40%, чаще у растений с ограниченным ростом при возделывании рядовым способом. [4, 12] Абортивность семян сои – сортовой признак, который усиливается при неблагоприятных условиях. [2] Важно для каждого сорта подбирать оптимальный способ посева, основываясь на его биологических особенностях.

Цель работы – установить способ посева для новых сортов сои, обеспечивающий снижение абортности репродуктивных органов и наибольшую урожайность семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – скороспелые сорта сои *Сентябринка* и *Кружевица*, среднеспелый – *Китросса* селекции ВНИИ сои. Период вегетации *Сентя-*

бринки – 87...99 дней, урожайность семян – 2,6 т/га и более (содержание белка – до 43,8, жира – 19,2%). Сорт характеризуется индетерминантным типом роста, устойчивостью к полеганию, грибным и бактериальным болезням, формирует две-три ветви, приспособлен к условиям региона возделывания, что позволяет получать высокий урожай за короткий безморозный период в Амурской области. У сорта *Кружевица* период вегетации – 99...106 дней, урожайность семян – 2,9 т/га (содержание белка – более 42, жира – 18%). Уникальность сорта – наличие многолистковости и войлочного опушения, что отличает его от всех других сортов сои в мире. Растения комплексно устойчивы к грибным и бактериальным болезням, переувлажнению почвы. Сорт *Китросса* характеризуется продолжительным периодом вегетации – 111...114 дней, потенциальной урожайностью семян – 4 т/га (содержание белка – до 42, жира – 19%). Сорт устойчив к грибным и бактериальным болезням.

Исследования проводили на сезонно-мерзлотной луговой черноземовидной почве опытного поля ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» в 2019–2021 годах. Сою высевали ручными сажалками на глубину 5 см при температуре почвы – 10°C. Площадь делянки при ширине междурядий 45 см – 9,45 м², 15 см – 3,15 м², повторность – четырехкратная. На каждой делянке по семь рядков длиной 3 м, два из них – защитные полосы. Количество семян в одном рядке – 31 шт., расстояние между семенами – 10 см. Размещение делянок в опыте по сортам и способам

Таблица 1.
Сохранность растений к уборке в зависимости от сорта сои и способа посева по годам, %

Сорт	Способ посева							
	широкорядный				рядовой			
	2010	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
<i>Сентябринка</i>	95,4	97,8	100,0	97,7	90,0	95,5	98,5	95,0
<i>Китросса</i>	95,3	95,2	100,0	96,8	71,7	92,5	100,0	88,0
<i>Кружевица</i>	90,9	95,2	98,8	95,0	89,7	93,6	100,0	94,3

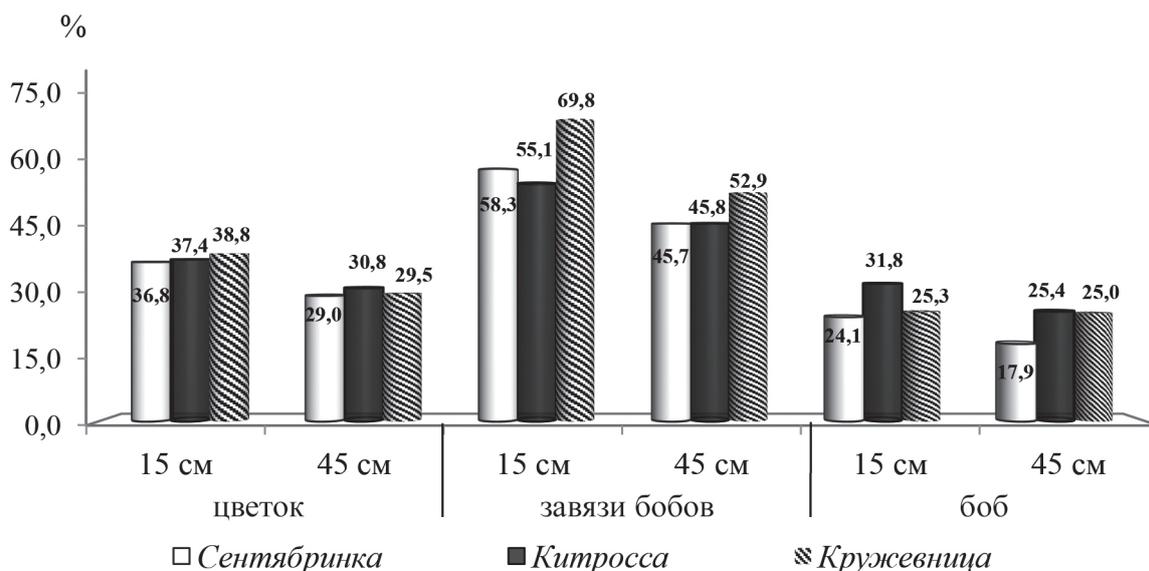


Рис. 1. Абортивность репродуктивных органов в зависимости от способа посева, средняя за 2019–2021 годы, %

посева – систематическое. Перед посевом семена проверяли на наличие болезней, определяли энергию прорастания и лабораторную всхожесть. Срок посева – 25...28 мая. Для борьбы с сорняками за семь-десять дней до посева весной в почву вносили гербицид Фронтьер Оптима в дозе 1,2 л/га или Гардогодд – 4 л/га. В течение вегетации сорняки удаляли вручную. Биологическую урожайность семян определяли при уборке и обмолоте снопов. За формированием и опадением репродуктивных органов сои наблюдали с начала цветения (R1) до полной спелости (R8) по методике количественного учета Э.Ф. Лопаткиной, каждое растение в фазе полного появления второго тройчатого листа отмечали этикеткой. [10] Данные статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [6] За ростом и развитием растений наблюдали ежедневно по методу Fehr et. al. [17] Учет репродуктивных органов проводили восемь-двенадцать раз за период вегетации в зависимости от его продолжительности. Сохранность урожая определяли на постоянных площадках по методике ГСИ, густоту стояния растений – по

всходам и перед уборкой. [11] Для аналитических расчетов использовали программы Microsoft Office и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Величина и качество урожая зависит от используемых для посева семян. Лабораторная всхожесть семян в течение трех лет составляла у сорта *Сентябринка* – 98...99%, *Китросса* – 93...97, *Кружевница* – 95...96%. По количеству продуктивных стеблей к уборке определили, что лучшая сохранность растений в среднем за время опыта была у сорта *Сентябринка* (97,7%) при широкорядном посеве и 95,0% – рядовом (табл. 1).

В среднем за три года сохранность растений к уборке у всех сортов была высокой, самая низкая при рядовом посеве у сорта *Китросса* (88,0%), широкорядном – *Кружевница* (95,0%).

Наибольшая абортивность репродуктивных органов у всех сортов сои была установлена при рядовом способе посева (рис.1). Самое высокое опадание за-

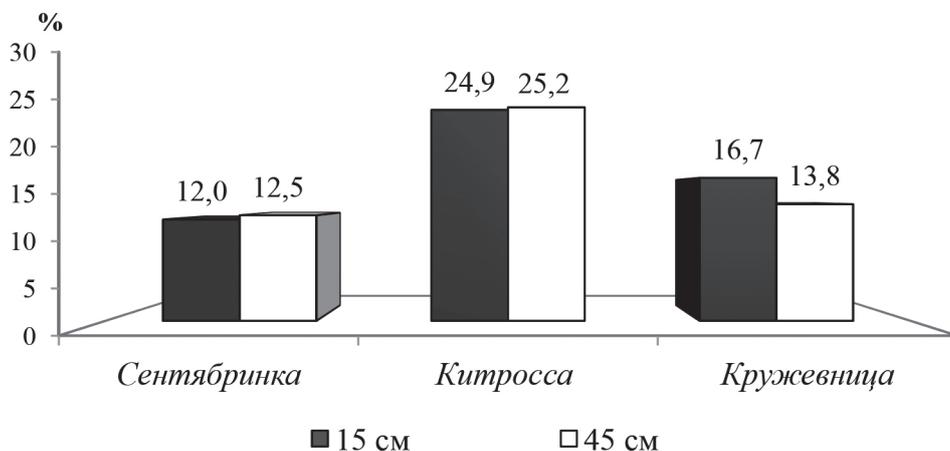


Рис. 2. Абортивность семян в бобах в зависимости от способа посева, средняя за 2019– 2021 годы, %

Таблица 2.
Формирование репродуктивных органов растений
в зависимости от способа посева у сортов сои
различной группы спелости, среднее за 2019-2021 годы, шт./раст.

Сорт	Цветок		Завязи бобов		Боб	
	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см
<i>Сентябринка</i>	163	106	114	65	46	20
<i>Китросса</i>	214	132	136	80	47	17
<i>Кружевница</i>	157	98	105	56	46	20

вязей бобов (69,8%) у сорта *Кружевница*, у *Сентябринки* и *Китросса* этот показатель был ниже на 11,5 и 14,7% соответственно.

При широкорядном способе посева абортивность завязей бобов была меньше по сравнению с рядовым у сорта *Сентябринка* на 12,6%, *Китросса* – 9,3, *Кружевница* – 16,9%. Опадение бобов при посеве на 45 см у сорта *Сентябринка* составило 17,9%, *Китросса* и *Кружевница* – 25%. Процесс абортивности семян в бобах, образовавшихся в соцветии, у сортов *Сентябринка* и *Китросса* не зависел от способа посева (рис. 2). У *Кружевницы* абортивность семян в бобах при ширине междурядий 15 см была на 2,9% выше по сравнению с этим показателем растений, возделываемых широкорядным способом.

Условия, создаваемые рядовым способом посева, отрицательно повлияли на формирование семян в бобах только у сорта *Кружевница*. Сорт *Сентябринка* имел в среднем за три года самый низкий показатель абортивности семян в бобах, что положительно сказалось на урожайности. При широкорядном способе посева у сорта *Сентябринка* сформировалось цветков больше в 1,5 раза, завязей бобов – 1,8, бобов – 2,3 раза по сравнению с рядовым, *Китросса* – 1,6, 1,7 и 2,8 раза, *Кружевница* – 1,6, 1,9 и 2,3 раза соответственно (табл. 2). Таким образом, широкорядный способ посева по влиянию на формирование количества бобов на растении имел большее преимущество у сорта *Китросса*, чем у *Сентябринки* и *Кружевницы*.

Растения сорта *Китросса* чувствительны к загущению при рядовом посеве, что приводит к большему снижению количества бобов в процессе их

формирования, чем у *Сентябринки* и *Кружевницы*. Это существенно влияет на уровень их урожайности (рис. 3).

У сорта *Китросса* превышение урожайности при широкорядном способе посева по сравнению с рядовым было самым высоким – 1,09 т/га. В абсолютной величине наибольшая биологическая урожайность семян получена у сорта *Сентябринка* (3,2 т/га) при выращивании с шириной междурядий 45 см, которая превышала урожайность посевов с междурядьями 15 см на 0,79 т/га. У *Кружевницы* превышение – 0,76 т/га. На величину урожайности сортов наибольшее влияние оказало количество сформированных бобов, которое при возделывании широкорядным способом значительно превышало этот показатель при рядовом посеве. Зависимость урожайности семян от количества бобов и массы семян с растения подтверждается корреляционным анализом (табл. 3).

Коэффициенты парной корреляции биологической урожайности с количеством бобов и семян, массой семян на растении варьировали от 0,45 до 0,96 ($r_{\text{крит.}} = 0,57$) в зависимости от сорта и способа посева. Биологическая урожайность сорта *Сентябринка* при рядовом способе на 66% зависела от количества бобов на растении, 50% – семян и только на 35% – массы семян с растения. Широкий способ посева меньше лимитировал процесс образования репродуктивных органов, поэтому эта зависимость составила соответственно 31, 20 и 58%. Корреляционная зависимость урожайности сорта *Сентябринка* от формирования репродуктивных органов при широкорядном способе выращивания была ниже средней. Сорт *Китросса* при рядовом способе определялся количеством бобов на 90%, семян – 85, массой семян – 86%. При возделывании широкорядным способом эта зависимость составила от количества бобов и массы семян 85%, а от количества семян – 66%. Урожайность сорта *Кружевница* как при рядовом, так и широкорядном способе посева, в большей степени зависела от массы семян с растения – на 88 и 92% соответственно. Высокое влияние массы семян с растения на биологическую урожайность сорта *Кружевница* привело к самой низкой его урожайности по сравнению с *Сентябринкой* и *Китроссой* при разных способах

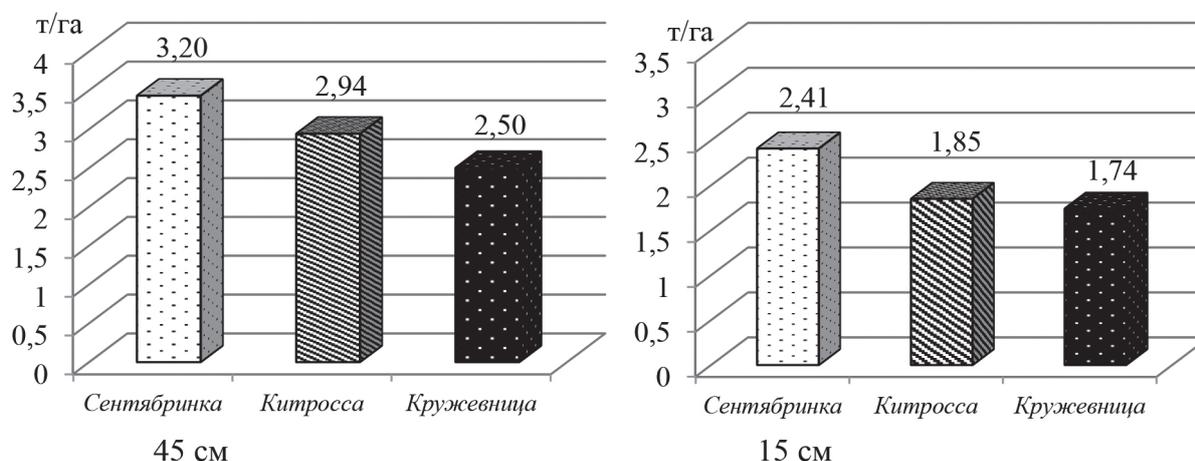


Рис. 3. Биологическая урожайность сортов сои в зависимости от способа посева, средняя за 2019–2021 годы, т/га

Таблица 3.

Коэффициенты парной корреляции (числитель) и детерминации (знаменатель) биологической урожайности сортов сои с количеством репродуктивных органов и массой семян в зависимости от способа посева, 2019–2021 годы

Количество репродуктивных органов, шт./раст.	Сорт					
	Сентябринка		Китросса		Кружевница	
	способ посева					
	45 см	15 см	45 см	15 см	45 см	15 см
цветки	0,27	-0,08	-0,34	0,19	-0,63	0,31
	0,07	0,01	0,12	0,04	0,40	0,10
завязи бобов	0,51	-0,55	0,10	-0,14	-0,68	0,43
	0,26	0,30	0,01	0,02	0,46	0,18
бобы	0,56	0,81	0,92	0,95	0,92	0,86
	0,31	0,66	0,85	0,90	0,85	0,74
семена	0,45	0,71	0,81	0,92	0,91	0,91
	0,20	0,50	0,66	0,85	0,83	0,83
Масса семян, г/раст.	0,76	0,59	0,92	0,93	0,96	0,94
	0,58	0,35	0,85	0,86	0,92	0,88

N=12 (выборка), $r_{крит} = 0,57$

посева. Выявлена отрицательная зависимость урожайности всех сортов от количества сформировавшихся цветков и бобов на растении. Исключение – сорт *Сентябринка* при посеве на 45 см, его урожайность на 7% зависела от количества цветков и на 26% – завязей бобов на растении. Следовательно, при рядовом способе посева условия формирования репродуктивных органов привели к уменьшению их количества, что снизило биологическую урожайность семян изучаемых сортов.

Таким образом, широкорядный способ посева обеспечивал наиболее благоприятные условия, по сравнению с рядовым, для формирования репродуктивных органов у сортов сои *Сентябринка*, *Китросса* и *Кружевница*, что подтверждается их количеством, низкой абортивностью в течение всего периода вегетации, высокой биологической урожайностью семян. Установлена тесная корреляционная зависимость биологической урожайности от количества бобов и семян, а также массы семян с растения. При возделывании рядовым способом она, как правило, была выше.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бельшкينا М.Е., Кобозева Т.П., Шевченко В.А., Де-лаев У.А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа // Известия ТСХА. 2018. № 4. С. 172–190.
2. Бельшкينا М.Е., Загоруйко М.Г. Особенности продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования в агроклиматических условиях ЦРНЗ РФ // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 4–9.
3. Бурцев А.С., Соловьев С.В., Данилин С.И. Влияние схемы посева на некоторые элементы структуры урожая сои // Наука и образование. Научный рецензируемый электронный журнал. 2021. Т. 4. № 1.
4. Громова А.И. Абортивность семян у сои // Тр. Амурской с.-х. опытной станции. Хабаровск: кн. Изд-во, 1968. Т. 2. С. 66–70.

5. Гуреева Е.В. Формирование урожая семян новых скороспелых сортов сои в зависимости от норм высева и способов посева в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с-х наук. М., 2009. 20 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2014. 352 с.
7. Зиновьев С.Г., Манюненко С.А., Биндюг Д.А. Особенности химического состава обычной и генномодифицированной сои // Животноводство и ветеринарная медицина. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-himicheskogo-sostava-obychnoy-i-gennomodifitsirovannoy-soi> (дата обращения: 13.07.2022).
8. Каюкова О.В., Елисеева Л.В., Елисеев И.П. Реакция сортов сои на способы посева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1(8). С. 31–35. DOI: 10.17022/xaq6-5949.
9. Ложкин А.Г., Елисеева Л.В., Филиппова С.В. Влияние способов посева и микроудобрений на продуктивность сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1(49). С. 38–44. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-38-44.
10. Лопаткина Э.Ф. Методика количественного учета репродуктивных органов сои // Науч.-тех. бюл. ВНИИ сои: Частные вопросы генетики, биологии и физиологии сои. 1977. Новосибирск, Вып. 7-8. С. 34–42.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 195 с.
12. Опадение цветков и абортивность семян сои /Agro Dialog // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agro-dialog.com.ua/opadenie-cvetkov-i-abortivnost-semyan-soi.html> (дата обращения: 11.07.2022).
13. Попова Н.П. Особенности прохождения онтогенеза сои сортов северного экотипа в условиях московского региона // Журнал Известия международной академии аграрного образования. Санкт-Петербург, 2016. Вып. 26. С. 140–144.
14. Синеговская В.Т. Научное обеспечение соеводства Приамурья // АгроСнабФорум. 2017. № 4 (152). С. 72–73.
15. Синеговская В.Т., Очкурова В.В. Формирование репродуктивных органов у скороспелого сорта сои в зависимости от способа посева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 5. С. 11–14. DOI: 10.30850/vrsn/2021/5/11-14.
16. Фадеев А.А., Фадеева М.Ф., Воробьева Л.В., Казанцев В.П. Влияние норм и способов посева на продуктивность сои сорта Чера 1 // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2009. № 2 (13). С. 16–19.
17. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, Glycine max. (L) Merr. // Crop Sci. 1971. № 11. pp. 929–930.

REFERENCES

1. Belyshkina M.E., Kobozeva T.P., Shevchenko V.A., Delaev U.A. Vli-yanie norm vyseva i sposobov poseva na urozhajnost' i kachestvo semyan rannespelyh sortov i form soi severnogo ekotipa // Izvestiya TSKHA. 2018. № 4. S. 172–190.
2. Belyshkina M.E., Zagorujko M.G. Osobennosti produkcionnogo processa sortov soi raznyh regionov rajonirovaniya v agroklimate-skih usloviyah CRNZ RF // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 3. S. 4–9.

3. Burcev A.S., Solov'ev S.V., Danilin S.I. Vliyanie skhemy poseva na nekotorye elementy struktury urozhaya soi // Nauka i obrazovanie. Nauchnyj recenziruemyy elektronnyj zhurnal. 2021. T. 4. № 1.
4. Gromova A.I. Abortivnost' semyan u soi // Tr. Amurskoj s.-h. opytnoj stancii. Habarovsk: kn. Izd-vo, 1968. T. 2. S. 66–70.
5. Gureeva E.V. Formirovanie urozhaya semyan novyh skorospelyh sortov soi v zavisimosti ot norm vyseva i sposobov poseva v usloviyah Central'nogo rajona Nechernozemnoj zony: avtoref. dis. ... kand. s-h nauk. M., 2009. 20 s.
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statistiche-skoj obrabotki rezul'tatov issledovanij. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
7. Zinov'ev S.G., Manyunenko S.A., Bindyug D.A. Osobennosti himi-cheskogo sostava obychnoj i gennomodifitsirovannoj soi // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-himicheskogo-sostava-obychnoy-i-gennomodifitsirovannoj-soi> (data obrashcheniya: 13.07.2022).
8. Kayukova O.V., Eliseeva L.V., Eliseev I.P. Reakcija sortov soi na sposoby poseva // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 1 (8). S. 31–35. DOI 10.17022/xaq6-5949.
9. Lozhkin A.G. Eliseeva L.V., Filippova S.V. Vliyanie sposobov poseva i mikroudobrenij na produktivnost' soi // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2020. № 1 (49). S. 38–44. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-1-38-44.
10. Lopatkina E.F. Metodika kolichestvennogo ucheta reproductivnyh organov soi // Nauch.-tekh. byul. VNII soi: Chastnye voprosy genetiki, biologii i fiziologii soi. 1977. Novosibirsk, Vyp. 7-8. S. 34–42.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M., 1989. 195 s.
12. Opadenie cvetkov i abortivnost' semyan soi / Agro Dialog // [Elektronnyj resurs]. URL: <https://www.agrodialog.com.ua/opadenie-cvetkov-i-abortionnost-semyan-soi.html> (data obrashcheniya: 11.07.2022).
13. Popova N.P. Osobennosti prohozhdeniya ontogeneza soi sortov severnogo ekotipa v usloviyah moskovskogo regiona // Zhurnal Iz-vestiya mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. Sankt-Peterburg, 2016. Vyp. 26. S. 140–144.
14. Sinegovskaya V.T. Nauchnoe obespechenie soevodstva Priamur'ya // AgroSnabForum. 2017. № 4 (152). S. 72–73.
15. Sinegovskaya V.T., Ochкурова V.V. Formirovanie reproductivnyh organov u skorospelogo sorta soi v zavisimosti ot sposoba poseva // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 5. S. 11–14. DOI: 10.30850/vrsn/2021/5/11-14.
16. Fadeev A.A. Fadeeva M.F., Vorob'eva L.V., Kazancev V.P. Vliyanie norm i sposobov poseva na produktivnost' soi sorta Chera 1 // Agrar-naya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2009. № 2 (13). S. 16–19.
17. Fehr W.R., Caviness C.E., Burmood D.T., Pennington J.S. Stages of development descriptions for soybeans, Glycine max. (L) Merr. // Crop Sci. 1971. № 11. pp. 929–930.

УДК: 633.11 : 631.527

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/17-22, EDN: KDLPAN

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР В ЗАУРАЛЬЕ*

Владимир Васильевич Новохатин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный агроном России

Татьяна Владимировна Шеломенцева¹

Татьяна Алексеевна Леонова¹

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова², доктор биологических наук, профессор

Евгений Валерьевич Зуев³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья, филиал Тюменского научного центра СО РАН, Тюменская обл., Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

³ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. Зауралье — один из основных регионов страны по производству продовольственного зерна мягкой яровой пшеницы. Но из-за контрастных климатических условий происходит варьирование валовых сборов зерна. Хорошо развитая система земледелия, с активным применением минеральных удобрений и средств защиты растений может повысить производство

* Работа выполнена по Проекту 1-3 НИИСХ Северного Зауралья «Управление селекционным процессом создания новых генотипов культурных растений с высокоценными признаками продуктивности и качества, устойчивости к био- и абиострессорам; методы и способы реализации генетического потенциала новых генотипов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур» (номер НИОКТР 121041600036-6, номер ИКРБС 222011400359-9) и в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка» / The work was carried out under the Project 1-3 of the Northern Trans-Urals Research Institute «Management of the breeding process of creating new genotypes of cultivated plants with high-value signs of productivity and quality, resistance to bio- and abiotic stressors; methods and methods of realizing the genetic potential of new genotypes of agricultural, medicinal and aromatic crops» (R&D number 121041600036-6, ICRBS number 222011400359-9) and within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR project No. 0481-2022-0001 «Structuring and disclosure of the potential of hereditary variability of the world collection of cereals and cereals of the VIR for the development of an optimized genebank».

адаптированных, урожайных, пластичных сортов. Районированные сорта тюменской селекции: Икар, АВИАДа, Рикс, Тюменская 25, Тюменская 29, Гренада имеют высокий потенциал урожайности (6-7 т/га), устойчивы к полеганию, пониканию колоса, выносливы к предуборочному прорастанию зерна в колосе. В связи с потеплением климата новым сортам необходимо повысить засухоустойчивость, адаптивность в сочетании с пластичностью и выносливостью к абиотическим факторам среды, сохранив при этом, высокую продуктивность. Решить эти задачи можно с помощью селекционной работы. Было изучено 362 образца яровой мягкой пшеницы из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Лучшие по хозяйственно ценным признакам 30 сортов изучали с 2011 по 2016 годы в контрастных погодных условиях и выделили наиболее адаптированные к местным агроклиматическим условиям – Дуэт Черноземья, Челябинская Стенная, PS 87, Сибирская 14, Тарская 10, AC Gabriel, Aletch, Струна Мироновская, Алтайская 110, Торчинська. Их рекомендуем использовать в селекционных программах для создания климатоустойчивых сортов.

Ключевые слова: Северное Зауралье, яровая мягкая пшеница, сорт, экологическое сортоиспытание, ранговая изменчивость, эффект реакции сортов на условия среды

ECOLOGICAL VARIABILITY OF SPRING SOFT WHEAT FROM VIR COLLECTION IN TRANSURALS

V.V. Novokhatin¹, *PhD in Agricultural Sciences, Honored Agronomist of Russia*

T.V. Shelomentseva¹

T.A. Leonova¹

S.K. Temirbekova², *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*

E.V. Zuev³, *PhD in Agricultural Sciences*

¹Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals, branch of the Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen region, Russia

²All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

³N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. Trans-Urals is one of the main regions of the country in the production of food grain of soft spring wheat. An intensive farming system is actively conducted in the region, but the climatic conditions here are quite contrasting by year, which affects the variation of gross grain harvests. A well-developed farming system, with the active use of mineral fertilizers and plant protection products, can increase the production of high-yielding, plastic varieties adapted in the zone. Realized varieties of Tumen' breeding: Icarus, AVIADa, Riks, Tyumenskaya 25, Tyumenskaya 29, Grenada, having a high yield potential – 6-7 t/ha, resistant to lodging, drooping of the ear, hardy to pre-harvest germination of grain in the ear. In connection with the general sanitary warming of the climate new varieties need to increase drought resistance, adaptability, combined with plasticity and endurance to a-biotic environmental factors. While preserving the intensity and high productivity achieved by breeding work in the created varieties. These complex tasks can be solved only by breeding, the basis of which is the World Collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetics Resources (VIR). 362 cultivars of spring bread wheat from the VIR collection were studied. 30 varieties with the best agronomical characteristics were studied from 2011 to 2016. in contrasting weather conditions. Cultivars: Duet Chernozemya, Chelyaba Stepnaya, PS 87, Sibirskaya 14, Tarskaya 10, AC Gabriel, Aletch, Struna Mironovskaya, Altaiskaya 110 and Torchinska, are the most adapted to local agro-climatic conditions, they are recommended for use in breeding programs to create climate-resistant varieties.

Keywords: Northern Trans – Urals, spring bread wheat, variety, ecological testing, rank variability, effect of varieties reaction to environmental conditions

Основной метод создания генетически разнокачественного исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы – внутривидовая гибридизация. [11] При этом подбор пар должен обосновываться на их эколого-географическом происхождении и генетической дивергенции (отдаленность), определяющих их контрастность и отличимость. [1] Это позволяет создавать исходный материал с проявлением трансгрессивных форм и выраженной адаптивностью. [7] Бесперспективно вести селекцию с использованием распространенных и местных сортов на улучшение урожайности. У гибридов с участием инорайонных сортов в расщепляющихся поколениях маловероятно получение желательных рекомбинантов. [13] Эколого-генетическая селекция позволяет при минимальных затратах выделить формы и сорта, сочетающие высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к неблагоприятным услови-

ям среды. [10] Лимитирующее влияние на продуктивность оказывает не только фактор, находящийся в минимуме, но и максимуме. Смена спектров продукт генов при изменении лимитирующих факторов среды – проявление адаптации. [12] Взаимодействие генотип-среда (ВГС) находится под сложным эколого-генетическим контролем. [9] Поэтому повышение экологической устойчивости сортов – важный фактор увеличения сбора зерна. Сложное неаллельное взаимодействие генотипа со средой приводит к изменению генотип-средового взаимодействия, определяющего урожайность сорта, и ранговому их распределению. [3] Управление эффектами ВГС – резерв повышения урожая. [4]

Цель работы – изучить образцы яровой мягкой пшеницы и выделить наиболее адаптированные к условиям Северного Зауралья для включения в селекционные программы по созданию климатоустойчивых сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – 362 образца яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР. После предварительного изучения в условиях Тюменской области было оставлено 30 сортов среднеранней и среднеспелой групп спелости, наиболее урожайных и устойчивых к полеганию. Сорта изучали на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья в 2011–2016 годах. Почва участка – темно-серая. Образцы высевали по черному пару, удобренному N₃₀P₄₅K₃₀ кг д.в./га. Агротехника – общепринятая в зоне. Площадь делянки – 3 м², повторность – однократная, стандартный сорт *Лютесценс 70* размещали через десять номеров, норма высева – 600 всх. зерен/м². Посев проводили в оптимальные сроки (20...25 мая) порционной сеялкой СКС-6-10, учеты и наблюдения – по методике ГСИ. [6] 2012 год был засушливым (ГТК = 0,44), 2016 – средnezасуш-

ливым (0,62), остальные – увлажненными (1,18...1,46, норма – 1,31). Экспериментальные данные обработаны по основным материалам базовой статистики. [2] Коэффициенты ранговой корреляции рассчитаны по Спирмену. [5]

Показатель эффекта реакции сортов на условия среды (Эр) определяли по методу В.В. Новохатина.

$$Эр = (Ai - Afi) - Ii,$$

где Ai – величина признака в год изучения; Afi – средняя величина признака за годы изучения; Ii – индекс условий среды (по Эберхарту и Расселлу в интерпретации В.В. Новохатина). [8]

РЕЗУЛЬТАТЫ

В засушливый 2012 год, когда за период вегетации выпало 93 мм осадков, при норме 243 мм, сред-

Таблица 1.

Урожайность образцов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР, г/м²

Номер по каталогу ВИР	Сорт, происхождение	Год						Среднее
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	
64851	<i>Маргарита</i> , РФ, Ульяновская обл.	338	254	280	375	135	293	279
64852	<i>Башкирская 28</i> , РФ, Башкортостан	534	175	355	100	170	230	261
64863	<i>Дуэт Черноземья</i> , РФ, Белгородская обл.	436	202	350	325	205	253	295
64867	<i>Новосибирская 44</i> , РФ, Новосибирская обл.	252	217	205	250	120	307	225
64871	<i>Челяба 75</i> , РФ, Челябинская обл.	621	183	270	225	210	187	283
64872	<i>Челяба Степная</i> , РФ, Челябинская обл.	473	254	255	325	255	273	306
64878	<i>Соановская 4</i> , РФ, Новосибирская обл.	449	142	490	275	160	230	291
64891	<i>PS 90</i> , неизвестно	357	156	350	275	330	293	294
64893	<i>PS 87</i> , неизвестно	480	202	180	350	225	357	299
64895	<i>PS 136</i> , неизвестно	396	151	235	275	135	303	249
64975	<i>AC Pollet</i> , Канада	526	145	255	175	140	435	279
64976	<i>CDC Merlin</i> , Канада	383	175	210	250	240	333	265
64980	<i>AC Corinne</i> , Канада	460	149	160	225	360	353	285
64982	<i>Jasna</i> , Польша	653	185	200	425	185	373	337
64989	<i>Сибирская 14</i> , РФ, Новосибирская обл.	487	88	315	300	260	457	318
64994	<i>Серебристая</i> , РФ, Омская обл.	367	229	435	350	125	107	269
64996	<i>Тарская 10</i> , РФ, Омская обл.	280	222	330	300	230	310	279
64997	<i>Воевода</i> , РФ, Саратовская обл.	241	182	365	275	150	340	259
65005	<i>AC Gabriel</i> , Канада	451	153	425	325	285	397	339
65011	<i>Aletch</i> , Чехия	628	203	290	200	295	330	324
65016	<i>Струна Мироновская</i> , Украина	653	205	325	225	215	303	321
65089	<i>Местный</i> , Алжир	240	132	200	175	175	357	213
65116	<i>India 288</i> , Индия	301	124	280	175	220	303	234
65123	<i>ФПЧ-Ррд-05</i> , РФ, Ленинградская обл.	252	184	260	175	200	267	223
65128	<i>Алтайская 110</i> , РФ, Алтайский край	508	225	325	325	150	317	308
65132	<i>Памяти Вавенкова</i> , РФ, Новосибирская обл.	378	197	305	300	185	280	274
65142	<i>Тюменская 28</i> , РФ, Тюменская обл.	218	266	300	300	180	300	261
65143	<i>Челяба Золотистая</i> , РФ, Челябинская обл.	402	329	430	300	150	300	319
65148	<i>Срібнянка</i> , Украина	230	162	390	275	130	297	247
65151	<i>Торчинська</i> , Украина	419	177	405	325	305	303	322
62201	<i>Лютесценс 70</i> (стандарт)	306	198	320	175	180	220	233
	x _{р.}	410	189	306	269	203	303	280
	min	218	88	160	100	120	107	213
	max	653	329	490	425	360	457	339
	Sx	23,1	8,6	14,8	12,8	11,4	12,3	6,2
	V, %	31,4	25,2	26,8	26,5	31,2	22,6	12,4

Таблица 2.

**Ранговая изменчивость урожайности
у сортов яровой мягкой пшеницы из коллекции ВИР**

Номер по каталогу ВИР	Сорт	Год						Сумма рангов/ новый ранг
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	
64851	<i>Маргарита</i>	22	3	17	2	24	16	84/19
64852	<i>Башкирская 28</i>	4	17	8	12	20	22	83/18
64863	<i>Дуэт Черноземья</i>	13	10	9	4	14	20	70/11
64867	<i>Новосибирская 44</i>	25	7	23	7	27	12	101/24
64871	<i>Челяба 75</i>	3	14	18	9	13	23	80/15
64872	<i>Челяба Степная</i>	9	3	20	4	7	18	61/9
64878	<i>Соановская 4</i>	12	25	1	6	21	22	87/20
64891	<i>PS 90</i>	21	19	9	6	2	16	73/12
64893	<i>PS 87</i>	8	10	25	3	10	5	61/9
64895	<i>PS 136</i>	16	21	21	6	24	13	101/24
64975	<i>AC Pollet</i>	5	23	20	11	23	2	84/19
64976	<i>CDC Merlin</i>	17	17	22	7	8	8	79/14
64980	<i>AC Corinne</i>	10	22	26	9	1	6	74/13
64982	<i>Jasna</i>	1	12	24	1	17	4	59/7
64989	<i>Сибирская 14</i>	7	26	12	5	6	1	57/5
64994	<i>Серебристая</i>	20	4	2	3	26	24	79/14
64996	<i>Тарская 10</i>	24	6	10	5	9	11	65/10
64997	<i>Воевода</i>	26	15	7	6	22	7	83/18
65005	<i>AC Gabriel</i>	11	20	4	4	5	3	47/1
65011	<i>Aletch</i>	2	9	15	10	4	9	49/2
65016	<i>Струна Мироновская</i>	1	8	11	9	12	13	54/3
65089	<i>Местный</i>	27	24	24	11	19	5	110/25
65116	<i>India 288</i>	23	25	17	11	11	13	100/23
65123	<i>ФПЧ-Ррд-0s</i>	24	13	19	11	15	19	101/24
65128	<i>Алтайская 110</i>	6	5	11	4	22	10	58/6
65132	<i>Памяти. Вавенкова</i>	18	11	13	5	17	17	81/16
65142	<i>Тюменская 28</i>	29	2	14	5	18	14	82/17
65143	<i>Челяба Золотистая</i>	15	1	3	5	22	14	60/8
65148	<i>Срібнянка</i>	28	18	6	6	25	15	98/22
65151	<i>Торчинська</i>	14	16	5	4	3	13	55/4
62201	<i>Лютесценс 70, ст.</i>	19	16	16	8	16	21	96/21

ная урожайность составила 189 г/м². Недостаток влаги в почве отмечен в 2015 году в период кушения и колошения – 53...66% НПВ, урожайность – 203 г/м². В благоприятном 2011 году урожайность достигла 410 г/м². Отмечено сильное варьирование показателя у сортов по годам – 25,2...31,4%

Таблица 3.

Ранговая корреляция урожайности яровой мягкой пшеницы по годам

	Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016
X1	2011	1,000	0,043	0,071	-0,007	0,389*	0,114
X2	2012	0,043	1,000	0,210	0,391*	-0,053	-0,231
X3	2013	0,071	0,210	1,000	0,236	0,044	-0,286
X4	2014	-0,007	0,391*	0,26	1,000	0,012	0,073
X5	2015	0,389*	-0,053	0,044	0,012	1,000	0,237
X6	2016	0,114	-0,231	-0,286	0,073	0,237	1,000

Примечание. Порог достоверности – 5% (R = 0,312).

(табл. 1). В то же время изменение средних значений урожайности было в 2,0...2,5 раза меньше (12,4%).

Образцы пшеницы по-разному реагируют на лимитирующие факторы среды. Наименьший показатель в 2012 году у сорта *Сибирская 14* (к-64982) – 88 г/м². Низкая урожайность была у образцов *India 288* (к-65116), *Местный* (к-65089), *Соановская 4* (к-64878) – 124...142 г/м². Недостаточно засухоустойчивыми в 2015 году оказались сорта: *Маргарита* (к-64851), *PS 136* (к-64895), *AC Pollet* (к-64975), *Серебристая* (к-64994), *Срібнянка* (к-65148), *Новосибирская 44* (к-64867), их урожайность варьировала от 120 до 135 г/м², что на 25...33% меньше, чем у стандартного сорта *Лютесценс 70* (180 г/м²) и ниже среднего по опыту (203 г/м²). Эту особенность генотипов следует учитывать при включении их в гибридизацию.

Высокой потенциальной урожайностью (621...653 г/м²) характеризовались сорта: *Jasna* (к-64982), *Струна Мироновская* (к-65016), *Aletch* (к-65011), *Челяба 75* (к-64871). Для стандарта *Лютесценс 70* показатель составил 306 г/м², при среднем значении по опыту – 410 г/м². Высокоурожайные сорта были включены в гибридизацию, направленную на создание интенсивных генотипов повышенной продуктивности. *Челяба Золотистая* (к-65143) показала самую высокую урожайность (329 г/м²) в засушливом 2012 году, что на 40...43% выше стандарта и средней по опыту. У *Торчинська* (к-65161) и *AC Gabriel* (к-65005) общая средняя урожайность по годам – 319...339 г/м², у стандарта – 233 г/м², средняя по опыту – 280 г/м². Эти же сорта имеют меньшую сумму рангов и входят в первую семерку мест по ранжировке, что указывает на их пластичность (табл. 2).

Ранговое распределение сортов по годам зависит от их реакции на лимитирующие факторы среды и показывает как сходство климатических условий, так и выраженные отличия, особенно проявляющиеся в засушливые и благоприятные годы. Это подтверждается результатами ранговой корреляции урожайностей, которые показывают, что она положительно проявилась у 2011 года с 2015 (r = 0,389) и 2012 с 2014 (r = 0,391, R = 0,312) (табл. 3). Такая сопряженность указывает на определенную направленность действия продукт генов в данные годы. Отрицательная корреляция 2016 года с 2012 и 2013 (r = -0,231, -0,286 соответственно) свидетельствует о том, что здесь продукт гены по-другому контролируют урожайность. Следовательно, смена лимитирующих факторов среды в эти годы сказывается на изменении системы регуляции генов продуктивности. Отсутствие ранговой корреляции продуктивности у большинства других сравниваемых лет доказывает разнонаправленное действие продукт генов формирования урожайности. В контрастных условиях по-разному происходит работа генетических систем распределения ассимилянтов и контролируемость ими ростовых функций растений, что и обуславливает варьирование урожайностей генотипов.

Реакция сортов на климатические условия среды выражается через индексы (Ii), которые были высокими в благоприятном 2011 году (+130) и хо-

Таблица 4.
Эффект реакции сортов яровой мягкой пшеницы на условия среды (Эр) по годам

Номер по каталогу ВР	Сорт	Год					
		2011	2012	2013	2014	2015	2016
64851	Маргарита	-72	65	-26	106	-68	-10
64852	Башкирская 28	124	-14	49	-169	-33	-73
64863	Дуэт Черноземья	26	13	44	56	2	-50
64867	Новосибирская 44	-158	28	-101	-19	-83	4
64871	Челяба 75	211	-6	-36	-44	7	-116
64872	Челяба Степная	63	65	-51	56	52	-30
64878	Соановская 4	39	-47	184	6	-43	-73
64891	PS 90	-53	-33	44	6	127	-10
64893	PS 87	70	13	-126	81	22	54
64895	PS 136	-14	-38	-71	6	-68	0
64975	AC Pollet	116	-44	-51	-94	-63	132
64976	CDC Merlin	-27	-14	-96	-19	37	30
64980	AC Corinne	50	-40	-146	-44	157	50
64982	Jasna	243	-4	-106	156	-18	70
64989	Сибирская 14	77	-101	9	31	57	154
64994	Серебристая	-43	40	129	81	-78	-196
64996	Тарская 10	-130	33	24	31	27	7
64997	Воевода	-169	-7	59	6	-53	37
65005	AC Gabriel	41	-36	119	56	82	94
65011	Aletch	218	14	-16	-69	92	27
65016	Струна Мироновская	243	16	19	-44	12	0
65089	Местный	-170	-57	-106	-94	-28	54
65116	India 288	-109	-65	-26	-94	17	0
65123	ФПЧ-Ррд-0s	-158	-5	-46	-94	-3	-36
65128	Алтайская 110	98	36	19	56	-53	14
65132	Памяти Вавенкова	-32	8	-1	31	-18	-23
65142	Тюменская 28	-192	77	-6	31	-23	-3
65143	Челяба Золотистая	-8	140	124	31	-53	-3
65148	Срібнянка	-180	-27	84	6	-73	-6
65151	Торчинська	9	-12	99	56	102	0
62201	Лютесценс 70, стандарт	-104	9	14	-94	-23	-83
	li (индекс среды)	130	-91	26	-11	-77	23

рошими в 2013 и 2016 годах (+26 и +23) (табл. 4). Индексы имели отрицательные, значимые показатели в 2012 и 2015 годах (-91 и -77) и менее выраженные в 2014 (-11). Детерминацию урожая лимитирующими факторами среды хорошо отражают эффекты реакции сортов на условия среды (Эр), которые во многом обусловлены генотипически и имеют выраженную по годам ранжировку. Сорта *Башкирская 24*, *Челяба 75*, *AC Pollet*, *Jasna*, *Aletch*, *Струна Мироновская* с высокими положительными значениями Эр в благоприятных условиях 2011 года рекомендуются в качестве исходного материала для селекции на повышение интенсивности. Положительно выраженные величины показателя эффекта реакции на условия среды в засушливом 2012 году у образцов: *Тарская 10*, *Алтайская 110*, *Серебристая*, *Маргарита*, *Челяба Степная* и *Челяба Золотистая* указывают на их засухоустой-

чивость. Сильно реагировали на экстремальные условия засухи 2012 года образцы: *PS 90*, *AC Corine*, *AC Gabriel*, *India 288* и *Сибирская 14*. Определенную устойчивость к раннелетней засухе в 2015 году показали сорта: *PS 90*, *AC Corine*, *AC Gabriel*, *Aletch*, *Торчинська*, что подтверждается значительными положительными величинами показателя Эр. Слабая засухоустойчивость в эти годы отмечена у сортов: *Башкирская 28*, *Соановская 4*, *PS 136*, *AC Pollet*, *Срібнянка*, *Маргарита*, *Новосибирская 24*, *Серебристая*, *Алтайская 110*, *Челяба Золотистая*, *Воевода* показавших отрицательные значения Эр. Эти особенности генотипов необходимо учитывать при использовании их в качестве исходного материала для селекции культуры.

Сорта: *Дуэт Черноземья*, *Челяба Степная*, *PS 87*, *Сибирская 14*, *Тарская 10*, *AC Gabriel*, *Aletch*, *Струна Мироновская*, *Алтайская 110* и *Торчинська*, показавшие в четырех-пяти годах положительные значения Эр, наиболее адаптированные к местным агроклиматическим условиям, рекомендуются для включения в селекционные программы для создания климатоустойчивых сортов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции пшеницы. М.: Наука, 1987. 506 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Колос, 1985. 351 с.
3. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г. и др. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск, 1984. 203 с.
4. Драгавцев В.А., Якушев В.П. Инновационные технологии селекции растений на повышение продуктивности и урожая // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 130–137.
5. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. С. 92.
6. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (второй выпуск). М. 1980. 194 с.
7. Новохатин В.В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 627–635.
8. Новохатин В.В. Экологическая селекция мягкой яровой пшеницы. Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства. Красноярск: Изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019. С. 92–102.
9. Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Леонова Т.А., Шеломенцева Т.В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 5. С. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.905 rus.
10. Новохатин В.В., Драгавцев В.А. Научное обоснование эколого-генетической селекции мягкой яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 33–40. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206
11. Сочалова Л.П., Лихенко И.Е. Генетическое разнообразие яровой пшеницы по устойчивости к мигрирующим заболеваниям. Новосибирск, 2015. 195 с.

12. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus.
13. Novokhatin V.V., Zuev E.V., Shelomentseva T.V., Leonova T.A. The source material of soft spring wheat for improving the quality of grain and resistance to lodging // BIO Web Conf. International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). 2021. Vol. 36. № 01023. doi.org/10.1051/bioconf/20213601023
- REFERENCES**
- Vavilov N.I. Teoreticheskie osnovy selekcii pshenicy. M.: Nauka, 1987. 506 s.
 - Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. Kolos, 1985. 351 s.
 - Dragavcev V.A., Cil'ke R.A., Rejter B.G. i dr. Genetika priznakov produktivnosti yarovykh pshenic v Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk, 1984. 203 s.
 - Dragavcev V.A., Yakushev V.P. Innovacionnye tekhnologii selekcii rastenij na povyshenie produktivnosti i urozhaya // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 54. S. 130–137.
 - Zajcev G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike. M.: Nauka, 1984. S. 92.
 - Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur (vtoroy vypusk). M. 1980. 194 s.
 - Novohatin V.V. Obosnovanie geneticheskogo potenciala u intensivnykh sortov myagkoj pshenicy (*Triticum aestivum* L.) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 5. S. 627–635.
 - Novohatin B.V. Ekologicheskaya selekciya myagkoj yarovoj pshenicy. Optimizaciya selekcionnogo processa – faktor stabilizacii i rosta produkcii rastenievodstva. Krasnoyarsk: Izd-vo IF FIC KNC SO RAN, 2019. S. 92–102.
 - Novohatin V.V., Dragavcev V.A., Leonova T.A., Shelomentseva T.V. Sozdanie sorta myagkoj yarovoj pshenicy Grenada s pomoshch'yu innovacionnykh tekhnologij selekcii na osnove teorii ekologo-geneticheskoy organizacii kolichestvennykh priznakov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 5. S. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.905 rus.
 - Novohatin V.V., Dragavcev V.A. Nauchnoe obosnovanie ekologo-geneticheskoy selekcii myagkoj yarovoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 12. S. 33–40. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206
 - Sochalova L.P., Lihenko I.E. Geneticheskoe raznoobrazie yarovoj pshenicy po ustojchivosti k migriruyushchim zabolevaniyam. Novosibirsk, 2015. 195 s.
 - Yakushev V.P., Mihajlenko I.M., Dragavcev V.A. Agrotekhnologicheskie i selekcionnye rezervy povysheniya urozhaev zernovykh kul'tur v Rossii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 5. S. 550–560. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.550rus.
 - Novokhatin V.V., Zuev E.V., Shelomentseva T.V., Leonova T.A. The source material of soft spring wheat for improving the quality of grain and resistance to lodging // BIO Web Conf. International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021). 2021. Vol. 36. № 01023. doi.org/10.1051/bioconf/20213601023

УДК 631.811

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/22-26, EDN: KDV5XK

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КРЕМНИЯ НА ПРОИЗРАСТАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
 Наталья Викторовна Фомичева, кандидат биологических наук
 Галина Юрьевна Рабинович, доктор биологических наук, профессор
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
 E-mail: ulayad@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – изучить влияние двух видов кремния (аморфный кремний Ковелос-Сорб и метасиликат натрия) на биометрические параметры яровой пшеницы. Пшеницу выращивали в лабораторных условиях при моделировании температурного и водных стрессов. Кремний вводили на стадии нормализации в жидкофазный биогеенный препарат – ЖФБ, разработанный отделом биотехнологий ВНИИМЗ. Препараты ЖФБ-К (с аморфным кремнием) и ЖФБ-С (метасиликатом натрия) применяли для опрыскивания растений в фазе всходов. Рост биометрических показателей растений пшеницы зависел от влияния самого биогеенного препарата ЖФБ и оксида кремния. При моделировании температурного стресса большее воздействие оказал оксид кремния, при водных – биогеенный препарат. Метасиликат натрия снижал качественные характеристики исходного препарата, поэтому от его применения прирост сырой и сухой биомассы растений был меньше, чем с опрыскиванием проростков ЖФБ-К. Определена оптимальная концентрация содержания оксида кремния в препарате ЖФБ для обеих форм кремния – 0,5%. Максимальную отзывчивость растений на опрыскивание пшеницы отмечали при моделировании понижения температуры после всходов: увеличение сырой и сухой биомассы от применения ЖФБ-К (0,5%) составило 9,2 и 14,0%, ЖФБ-С (0,5%) – 10,0 и 11,9%. Используя Ковелос-Сорб в качестве источника кремния, отмечали статистически значимый прирост сырой и сухой биомассы пшеницы относительно исходного ЖФБ.

Ключевые слова: аморфный кремний, метасиликат натрия, яровая пшеница, абиотический стресс, биомасса

INFLUENCE OF DIFFERENCE SILICON VARIETIES ON SPRING WHEAT GROWTH

Yu.D. Smirnova, *PhD in Biological Sciences*

N.V. Fomicheva, *PhD in Biological Sciences*

G.Yu. Rabinovich, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*

FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute», Moscow, Russia

E-mail: ulayad@yandex.ru

Abstract. *The market for silicon preparations is growing every year, and the range of studies to study its effect on crops is expanding. The purpose of this work is to study the effect of two sources of silicon (amorphous silicon Kovelos-Sorb and sodium metasilicate) on the biometric parameters of spring wheat. Wheat cultivation was carried out under laboratory conditions while modeling temperature and water stresses. The source of silicon was introduced at the stage of normalization into a liquid-phase biogenic preparation, LPB, developed by the Biotechnology Department of VNIIMZ. Preparations LPB-K (with amorphous silicon) and LPB-S (with sodium metasilicate) were used for spraying plants in the phase of wheat seedlings. It was revealed that the increase in the biometric parameters of wheat plants consisted of the influence of the biogenic preparation of LPB itself and silicon oxide. When modeling temperature stress, silicon oxide had a greater influence, and when water stresses, a biogenic preparation had a greater effect. Sodium metasilicate reduced the qualitative characteristics of the original preparation, therefore, when using it, the increase in wet and dry plant biomass was less than in the case of spraying seedlings with LPB-K. Based on the data obtained on the biometrics of wheat plants, the optimal concentration of silicon oxide in the LPB preparation was determined – 0.5% for both forms of silicon. The maximum responsiveness of plants to wheat spraying with the resulting preparations was noted when modeling a decrease in temperature after germination: the increase in wet and dry biomass from the use of LPB-K (0.5%) was 9.2 and 14.0%, from LPB-S (0.5%) 10.0 and 11.9%. When using Kovelos-Sorb as a source of silicon, a statistically significant increase in raw and dry wheat biomass relative to the initial LPB was more often than sodium metasilicate.*

Keywords: *amorphous silicon, sodium metasilicate, spring wheat, abiotic stress, biomass*

Практика сельского хозяйства многих стран мира свидетельствует об эффективности кремниевых препаратов и удобрений, исследований по изучению их влияния на культуры. [3] При выращивании сельскохозяйственных культур применяют различные источники кремния (Si) – это природные диатомиты и цеолиты, промышленные шлаки, аморфный кремний, силикаты и силатраны, коммерческие препараты. Способы их внесения: в почву; опудривают или замачивают семена; при корневой и фолиарной обработке; в питательные смеси для микроклонирования растений. Популярность кремния связана с его многофункциональностью. Он защищает растения от биотических и абиотических стрессов, например, повышает устойчивость растений к патогенным микроорганизмам, перепадам температуры, засухе и переувлажнению. [2] Исследования свидетельствуют о его положительном влиянии на использование растениями фосфора из почвенного раствора, повышении фотосинтетической деятельности и морфо-биометрических показателей.

Внесение высококремнистого цеолита под яровую пшеницу способствовало увеличению площади листовой поверхности, содержания в листьях хлорофилла и чистой продуктивности фотосинтеза. Этот эффективный прием повысил урожайность зерна – в среднем за два года прибавка составила 65% к контролю. [7]

Обработка суспензией ультрадисперсных частиц диоксида кремния клубней картофеля сорта *Тарасов* в концентрации 0,09 и 0,18 г/кг способствовала увеличению активности пероксидазы в два раза. [1]

Введение в состав питательной среды хелата кремния и силиката натрия для выращивания микро-растений картофеля *Ред Скарлет* стимулировало ростовые процессы и образование узлов. Наибольший эффект достигнут при внесении 3 мл/л хелата

Si – высота растений увеличилась на 8,27 мм, длина корней – 27,51 мм, количество узлов – 0,67 шт. [5]

Влияние двух видов кремния (растворимый силикат и аморфный) на ростовые параметры и активность ферментов антиоксидантного стресса показано в работе иранских исследователей на растениях пажитника (*Trigonella foenum-graecum* L.), выращиваемого на гидропонике. [8] Эффект от внесения обеих форм кремния был одинаков в отношении поглощения и накопления Si, лигнификации клеточной стенки ксилемы, толщины клеточной стенки, активности фенилаланин-аммиак-лиазы и концентрации белка в проростках пажитника, и не было воздействия на активность ферментов антиоксидантного стресса (каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза). С ростом дозы внесения силиката натрия увеличивалось накопление Si в побегах, данный эффект не обнаружен при использовании аморфного кремния. Экспрессия генов предполагаемого переносчика кремния активировалась на более высоком уровне с силикатом натрия. [8]

В научной литературе встречается информация о положительном воздействии на произрастание различных сельскохозяйственных культур аморфного диоксида кремния под торговой маркой Ковелос-Сорб, производимого ООО «Экокремний». В Брянском государственном университете исследовано его влияние на урожайность, физиологические и морфометрические показатели различных овощных культур. Использование кремнезоля в концентрации 2 г/л для предпосевной обработки семян моркови сорта *Лосиноостровская* и томата *Виноградная гроздь*, привело к увеличению урожайности в 1,2 и 2 раза соответственно. При опудривании аморфным кремнеземом корней рассады кабачков *Аэронавт* в количестве 3 г/кг урожайность выросла в 1,7 раза, картофеля – 1,14 по сравнению с контрольным вариантом. [4]

Опыты на различных видах капусты (пекинская – *Бокал*, цветная – *Сноубол 123*, белокочанная – *Слава 1305*), проведенные этими же исследователями, показали, что опудривание семян белокочанной капусты аморфным кремнеземом (100...150 мг/г) или замачивание в кремнезоле (0,0001%) приводило к увеличению параметров роста в 1,3...1,7 раза и содержания пигментов фотосинтеза в проростках пекинской и белокочанной капусты. [5]

Цель работы – изучить влияние различных источников кремния на ростовые параметры яровой пшеницы, выращиваемой в условиях абиотического стресса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе исследовали эффективность двух видов кремния: водорастворимый метасиликат натрия ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$) с содержанием оксида кремния (SiO_2) 28% и аморфный Ковелос-Сорб (97%).

Для оценки влияния кремния на биометрические параметры пшеницы были созданы новые кремнийсодержащие препараты на основе жидкофазного биогенного препарата – ЖФБ, разработанного отделом биотехнологий ВНИИМЗ (филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»). Отличительная черта ЖФБ – высокая численность различных групп почвенных микроорганизмов (до 10^{12} КОЕ/мл), наличие макро- и микроэлементов, физиологически активных веществ, в том числе метаболитов микроорганизмов.

Кремний вводили на стадии нормализации ЖФБ с дальнейшим перемешиванием смеси в течение 30 мин. После препараты оставляли на семь суток для завершения процессов трансформации и формирования готового жидкофазного биосредства с протекторными свойствами.

Исследовали по четыре концентрации Ковелос-Сорб в ЖФБ – 0,1%, 0,5, 2,5, 5,0% и метасиликата натрия – 0,05, 0,1, 0,5, 2,5% (концентрация указана в пересчете на SiO_2). При выборе концентраций руководствовались рекомендациями ООО «Экокремний» и данными научной литературы по применению кремнийсодержащих препаратов. Препараты, полученные с использованием Ковелоса, обозначили как ЖФБ-К (С), а с метасиликатом натрия – ЖФБ-С (С).

Степень влияния источников кремния на качество биогенного препарата оценивали по содержанию азоттрансформирующих микроорганизмов, микроскопических грибов, энтеробактерий и уровню рН, а на проростки яровой пшеницы в лабораторном эксперименте путем моделирования стрессовых условий. Агрехимическая характеристика дерново-подзолистой почвы: рН – 4,31; P_2O_5 – 192,1 мг/кг; K_2O – 156,2; Нлг. – 35,1 мг/кг, гумус – 2,83%. Почву высушивали до воздушно-сухого состояния, просеивали, раскладывали в пластиковые контейнеры по 150 г и увлажняли до 70% наименьшей влагоемкости (НВ). Препараты использовали для опрыскивания растений в фазе всходов после проведенных моделируемых стрессов. Рабочий раствор 1:100. Контроль – без препарата. Заложены варианты с произрастанием пшеницы без стресса – температура 22...23°C, влажность почвы – 70% НВ. Длительность эксперимента – две недели, повтор-

ность опыта – трехкратная. Заданную влажность почвы поддерживали регулярным поливом.

Имитировали водные и температурный стрессы в фазе всходов (пятые сутки после посева): держали растения в хладотермостате при температуре 5...7°C двое суток – пониженная температура; убирали полив до наступления начала увядания проростков – засуха; дополнительно поливали до наступления влажности почвы 140% НВ – избыточная влажность.

Оценивали эффективность кремния, определяя длину проростков, сырую и сухую биомассу растений. Статистическая обработка включает вычисления среднеарифметических значений показателей (объем выборки $n = 63$) с последующим проведением однофакторного дисперсионного анализа с НСР на 5%-м уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Введение источников кремния в биогенный препарат ЖФБ повлияло на внешний вид жидкофазных препаратов – приготовленные с аморфным оксидом кремния имели жидкую консистенцию со взвешенными частицами, а метасиликатом натрия – хлопьевидный осадок. Перед непосредственным использованием препаратов их еще раз перемешивали. Химически нейтральный статус Ковелос-Сорб не оказывал влияния на изменение уровня рН, а метасиликат натрия увеличивал значения кислотности практически до 13, поскольку он при растворении разлагается на оксид кремния и гидроксид натрия (табл. 1).

Смешивание Ковелос-Сорб с ЖФБ не повлияло на уровень микробной обсемененности. Численность микроорганизмов всех исследуемых групп снизилась с увеличением дозы метасиликата натрия. Количество аммонифицирующих микроорганизмов в кремнийсодержащих биосредствах с содержанием 0,05% SiO_2 уменьшилось в шесть-семь раз по сравнению с исходными ЖФБ; с 0,1%-м – в 10...13 раз; 0,5%-м – на два-три порядка; 2,5%-м – четыре-пять порядков. Численность амилитических микроорганизмов снизилась с 10^{12} КОЕ/мл в исходных биосредствах ЖФБ до 10^{10} КОЕ/мл в биосредствах с содержанием

Таблица 1.

Характеристика препаратов

Препарат	рН	Аммонификаторы	Амилитические микроорганизмы	Грибы	Энтеробактерии
		КОЕ/мл			
ЖФБ	7,92	$22,4 \cdot 10^{10}$	$25,0 \cdot 10^{12}$	16	$4,1 \cdot 10^5$
ЖФБ-К (0,1%)	8,11	$25,6 \cdot 10^{10}$	$27,2 \cdot 10^{12}$	14	$3,9 \cdot 10^5$
ЖФБ-К (0,5%)	8,09	$29,2 \cdot 10^{10}$	$26,4 \cdot 10^{12}$	12	$4,6 \cdot 10^5$
ЖФБ-К (2,5%)	8,03	$27,2 \cdot 10^{10}$	$25,6 \cdot 10^{12}$	13	$4,0 \cdot 10^5$
ЖФБ-К (5,0%)	7,96	$27,0 \cdot 10^{10}$	$22,8 \cdot 10^{12}$	8	$4,2 \cdot 10^5$
ЖФБ-С (0,05%)	9,05	$3,28 \cdot 10^{10}$	$24,0 \cdot 10^{10}$	7	$0,52 \cdot 10^5$
ЖФБ-С (0,1%)	9,26	$1,71 \cdot 10^{10}$	$23,6 \cdot 10^{10}$	1	$0,23 \cdot 10^5$
ЖФБ-С (0,5%)	10,59	$0,21 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^8$	0	0
ЖФБ-С (2,5%)	12,84	$0,80 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^4$	0	0

Таблица 2.
Сырая масса проростков пшеницы при опрыскивании всходов различными препаратами

Концентрация SiO ₂ в ЖФБ	Средняя сырая масса одного проростка, x10 ⁻³ г							
	без стресса		понижение температуры		засуха		повышенная влажность	
	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С
Без препарата	89,5		87,4		79,7		90,9	
0	95,4		90,0		86,6		96,4	
0,05	–	95,2	–	92,4	–	89,2	–	98,4
0,1	97,5	97,2	96,8	92,4	87,7	89,5	97,2	98,3
0,5	98,0	98,1	96,8	96,1	88,3	88,5	99,3	97,2
2,5	96,4	90,2	91,8	95,2	88,8	86,5	98,3	94,3
5,0	86,2	–	87,8	–	89,2	–	98	–
НСР _{0,5}	4,75	4,62	5,21	4,53	4,68	3,87	4,26	5,24

0,05 и 0,1% SiO₂ и упала до 10⁴...10³ КОЕ/мл при содержании оксида кремния в биосредствах 2,5%. Микроорганизмы группы энтеробактерий при высоких концентрациях метасиликата натрия из-за повышенной щелочности среды не обнаружены.

Воздействие всех абиотических стрессов отразилось на биометрических показателях растений. В варианте без опрыскивания наибольшее угнетающее воздействие на биомассу проростков пшеницы отмечали при имитировании засухи: количество сухой биомассы снизилось на 5,7% (табл. 3), сырой – 10,9 (табл. 2), длина проростков – 9,2% (с 18,4 до 16,7 см).

Применение препарата ЖФБ для опрыскивания растений способствовало приросту сырой биомассы относительно контроля на 3,0...8,7%, сухой – 3,0...6,1% в зависимости от режима проращивания. Наименьший прирост был при понижении температуры после всходов, из-за уменьшения активно-

Таблица 3.
Сухая масса проростков пшеницы при опрыскивании всходов различными препаратами

Концентрация SiO ₂ в ЖФБ	Средняя сухая масса одного проростка, x10 ⁻³ г							
	без стресса		понижение температуры		засуха		повышенная влажность	
	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С	ЖФБ-К	ЖФБ-С
Без препарата	10,5		10,1		9,9		10,0	
0	11,1		10,4		10,5		10,5	
0,05	–	11,1	–	10,4	–	10,9	–	10,8
0,1	11,6	11,1	11,3	10,6	10,5	10,7	10,8	10,6
0,5	11,7	11,2	11,4	11,3	10,7	10,7	11,4	10,5
2,5	11,5	10,7	10,5	11,3	10,6	10,5	11,1	9,9
5,0	10,3	–	10,2	–	10,8	–	10,8	–
НСР _{0,5}	0,46	0,51	0,51	0,48	0,38	0,47	0,42	0,43

сти микроорганизмов и ферментов, содержащихся в ЖФБ, максимальный – в условиях засухи. Длина проростков яровой пшеницы достоверно увеличилась от применения ЖФБ только в блоке с имитированием засухи – с 16,7 до 17,4 см.

Хорошая отзывчивость пшеницы на опрыскивание кремнийсодержащими препаратами выражалась в увеличении сырой и сухой биомассы растений (табл. 2, 3). В случае применения препарата ЖФБ-К практически абсолютным лидером, независимо от условий произрастания, был вариант с содержанием оксида кремния 0,5%. Максимальный прирост биомассы пшеницы был при опрыскивании проростков препаратом с метасиликатом натрия концентрацией SiO₂ 0,1% при моделировании водных стрессов, 0,5% – понижении температуры и в условиях без стресса. Суммарно больший эффект от ЖФБ-С получен при содержании SiO₂ 0,5%. Опрыскивание проростков самыми высокими концентрациями оксида кремния (ЖФБ-К (5,0%) и ЖФБ-С (2,5%)) в большинстве вариантов приводило к угнетению развития растений пшеницы, что выражалось в уменьшении биомассы проростков.

Прибавка сырой и сухой биомассы пшеницы в зависимости от условий проращивания изменялась при опрыскивании ЖФБ-К (0,5%) относительно варианта без препарата следующим образом: засуха (10,0 и 11,9%) – без стресса (9,5 и 13,6) – повышенная влажность (9,2 и 14,0) – пониженная температура (10,8 и 12,9%). В случае с ЖФБ-С (0,5%): повышенная влажность (6,9 и 5,0%) – без стресса (9,6 и 8,7) – засуха (11,1 и 8,1) – пониженная температура (10,0 и 11,9%). Степень воздействия препаратов в зависимости от моделируемых стрессов различалась, суммарно эффективнее был препарат, содержащий аморфный кремний ЖФБ-К, и прибавки по биомассе были практически одинаковые, только в условиях засухи немного ниже. Выявлено, что использование ЖФБ-С максимально эффективно при температурном стрессе, дает минимальную прибавку при повышенной влажности.

Отличалось накопление биомассы растениями, обработанными препаратами с аморфным кремнием, выращиваемыми при засухе. Отмечен рост сырой и сухой биомассы с увеличением концентрации оксида кремния в ЖФБ, максимальный прирост от применения 5,0%-й концентрации составил 2,7 и 2,9% сырой и сухой биомассы соответственно.

В случае использования в качестве источника кремния Ковелос-Сорб прирост биомассы изменялся в том же ряду (в сторону увеличения), что и препарата ЖФБ-К: засуха – без стресса – повышенная влажность – пониженная температура. С метасиликатом натрия ряд изменился: без стресса – повышенная влажность – засуха – пониженная температура. Соответственно, максимальное влияние обеих форм кремния относительно ЖФБ наблюдали при понижении температуры после посева: прибавки сырой массы составили 7,6 и 6,8%, сухой – 9,6 и 8,7%.

Это связано с тем, что при понижении температуры происходит изменение клеточных мембран растений, резко возрастает их проницаемость по отношению к воде и ионам, что способствует проникновению питательных веществ из ЖФБ и кремния

в растения при непосредственном контакте препарата с их листовой поверхностью.

Под действием препарата Ковелос-Сорб увеличивалась сухая масса проростков пшеницы при моделировании повышенной влажности (прирост – 8,6%) и в условиях без стресса (5,4%).

Низкая отзывчивость растений на опрыскивание исходным биогенным препаратом и максимальный прирост биомассы с применением кремнийсодержащих препаратов свидетельствует о том, что присутствие кремния скомпенсировало негативный ответ микроорганизмов ЖФБ на понижение температуры окружающей среды, наблюдался синергетический эффект от воздействия биогенного препарата и оксида кремния.

Величина прироста биомассы с растворимым силикатом натрия при моделировании водных стрессов и в оптимальных условиях была недостоверна относительно варианта с исходным ЖФБ и находилась в пределах до 3%.

Выводы. Выявлено положительное воздействие полученных новых кремнийсодержащих препаратов ЖФБ-К и ЖФБ-С на произрастание растений пшеницы в условиях моделируемых абиотических стрессов. Увеличение биометрических показателей растений складывалось из влияния самого биогенного препарата ЖФБ и введенного источника кремния. При моделировании температурного стресса большее действие оказывал оксид кремния, при водных стрессах – биогенный препарат. Более агрессивный в химическом плане метасиликат натрия снижал качественные характеристики исходного препарата, в связи с этим прирост сырой и сухой биомассы растений был меньше, чем в случае опрыскивания проростков препаратом, полученным с участием аморфного кремния. На основании полученных данных по биометрии растений пшеницы определена оптимальная концентрация содержания оксида кремния в препарате ЖФБ (0,5%) для обеих форм кремния. Максимальная отзывчивость растений на опрыскивание пшеницы полученными препаратами отмечалась при моделировании понижения температуры после всходов: увеличение сырой и сухой биомассы от применения ЖФБ-К (0,5%) – 9,2 и 14,0%, ЖФБ-С (0,5%) – 10,0 и 11,9%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аминова Е.В., Мушинский А.А., Саудабаева А.Ж. Стрессоустойчивость растений *Solanum tuberosum* под влиянием УДЧ диоксида кремния // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 16–23. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-16.
2. Безручко Е.В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10411.
3. Мнатсаканян А.А., Чуварлеева Г.В., Волкова А.С. Включение в технологию выращивания подсолнечника препарата на основе биологически активного кремния // Новые технологии. 2020. Т. 15. № 4. С. 110–117. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-15-4-110-117>.
4. Немцова Е.В., Харин А.В., Разлуга И.А. и др. Влияние аморфного диоксида кремния «Ковелос» на урожайность, морфометрические и физиологические показатели овощных культур // Известия Самарского на-

- учного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 2. С. 95–100.
5. Полякова М.Н., Хабарова Л.Н. Влияние различных источников кремния на растения оздоровленного семенного картофеля в культуре *in vitro* // Научный вклад молодых исследователей в сохранение традиций и развитие АПК: Сб. науч. трудов Межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов. 2016. С. 54–56.
6. Разлуга И.А., Немцова Е.В. Влияние синтетического диоксида кремния на морфометрические показатели и содержание пигментов фотосинтеза в проростках некоторых видов капусты // Разнообразие растительного мира. 2019. № 1 (1). С. 67–73. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-67-73.
7. Шупинская И.А., Самсонова Н.Е., Антонова Н.А. Влияние корневого и фолиарного питания растений минеральными удобрениями и соединениями кремния на показатели фотосинтетической деятельности и урожайность зерна яровой пшеницы // Агрохимия. 2017. № 2. С. 11–18.
8. Nazaralian S., Majd A., Irian S. et. al. Comparison of silicon nanoparticles and silicate treatments in fenugreek // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2017. No 115. P. 25–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.03.009>

REFERENCES

1. Aminova E.V., Mushinskij A.A., Saudabaeva A.Zh. Stressoustojchivost' rastenij *Solanum tuberosum* pod vliyaniem UDCH dioksida kremniya // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2020. T. 103. № 3. S. 16–23. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-16.
2. Bezruchko E.V. Kremnij – nedoocenennyj element pitaniya rastenij // *Zemledelie*. 2020. № 4. S. 40–46. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10411.
3. Mnatzakanyan A.A., Chubarleeva G.V., Volkova A.S. Vkluchenie v tekhnologiyu vyrashchivaniya podsolnechnika preparata na osnove biologicheski aktivnogo kremniya // *Novye tekhnologii*. 2020. T. 15. № 4. S. 110–117. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2020-15-4-110-117>.
4. Nemcova E.V., Harin A.V., Razluga I.A. i dr. Vliyanie amorfного dioksida kremniya «Kovelos» na urozhajnost', morfometricheskie i fiziologicheskie pokazateli ovoshchnyh kul'tur // *Izvestiya Samarского nauchного центра Rossijskoj akademii nauk*. 2019. T. 21. № 2. S. 95–100.
5. Polyakova M.N., Habarova L.N. Vliyanie razlichnyh istochnikov kremniya na rasteniya ozdorovlennogo semenного kartofelya v kul'ture *in vitro* // *Nauchnyj vklad molodyh issledovatelej v sohranenie tradicij i razvitie APK: Sb. nauch. trudov Mezhd. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh i studentov*. 2016. S. 54–56.
6. Razluga I.A., Nemcova E.V. Vliyanie sinteticheskogo dioksida kremniya na morfometricheskie pokazateli i sodержание pigmentov fotosinteza v prorstkah nekotoryh vidov kapusty // *Raznoobrazie rastitel'nogo mira*. 2019. № 1 (1). S. 67–73. DOI: 10.22281/2686-9713-2019-1-67-73.
7. Shupinskaya I.A., Samsonova N.E., Antonova N.A. Vliyanie korneвого i foliarnого pitaniya rastenij mineral'nymi udobreniyami i soedineniyami kremniya na pokazateli fotosinteticheskoy deyatelnosti i urozhajnost' zerna yarovoй pshenicy // *Agrohimiya*. 2017. № 2. S. 11–18.
8. Nazaralian S., Majd A., Irian S. et. al. Comparison of silicon nanoparticles and silicate treatments in fenugreek // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2017. No 115. P. 25–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.03.009>

ЭФФЕКТИВНАЯ ЮВЕНИЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ КИТАЯ К ЛИСТОВЫМ БОЛЕЗНЯМ

Лев Геннадьевич Тырышкин¹, доктор биологических наук, профессор
Анастасия Александровна Зуева²

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова³, доктор биологических наук, профессор
Алла Николаевна Брыкова¹

Евгений Валерьевич Зуев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР),
г. Санкт-Петербург, Россия

²Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н.М. Тулайкова, г. Самара, Россия

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия
E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. Согласно данным научной литературы, среди образцов мягкой пшеницы из Китая присутствуют формы, устойчивые к ряду заболеваний. В работе представлены результаты изучения ювенильной устойчивости к листовой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.), темно-бурой листовой пятнистости (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.) и септориозу (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano) 263 образцов яровой мягкой пшеницы из Мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова китайского происхождения. Исследованы местные (ландрасы) и селекционные сорта и линии. Для оценки устойчивости интактные проростки заражали водными суспензиями уредоспор природной популяции *P. triticina*, конидий изолятов *B. sorokiniana* и *S. nodorum*. Все образцы были высоковосприимчивы к листовой ржавчине и темно-бурой листовой пятнистости. К септориозу высокоустойчив сорт Bai Quan 3087 (к-67801), он представляет интерес для селекции мягкой пшеницы на устойчивость к *S. nodorum*.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, коллекция ВИР, Китай, листовая ржавчина, темно-бурая листовая пятнистость, септориоз, ювенильная устойчивость

EFFECTIVE JUVENILE RESISTANCE OF COLLECTION ACCESSIONS OF SPRING SOFT WHEAT FROM CHINA TO FOLIAR DISEASES

L.G. Tyryshkin¹, Grand PhD in Biological Sciences, Professor
A.A. Zueva²

S.K. Temirbekova³, Grand PhD in Biological Sciences, Professor
A.N. Brykova¹

E.V. Zuev¹, PhD in Agricultural Sciences

¹N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

²Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,

N.M. Tulaykov Samara Scientific Research Institute of Agriculture, Samara, Russia

³All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. According to the scientific literature data, some samples of bread wheat from China are resistant to a range of diseases. The paper presents the results of the study of juvenile resistance to leaf rust (*Puccinia triticina* Erikss.), dark-brown leaf spot blotch (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.) and septoriosis (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano) in 263 samples of spring bread wheat from the World Collection of the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) originating from China. The material was presented by landraces and breeding varieties and lines. To evaluate resistance/susceptibility, intact seedlings were pulverized with water suspensions of natural *P. triticina* population uredospores, of mixture of *B. sorokiniana* and *S. nodorum* isolates conidia. All samples under study were highly susceptible to the rust and dark-brown leaf spot blotch. Variety Bai Quan 3087 (k-67801) was highly resistant to used isolates of *S. nodorum*. This sample is of undoubted interest for the breeding of bread wheat for resistance to septoriosis.

Keywords: spring bread wheat, VIR collection, China, leaf rust, dark-brown leaf spot blotch, septoriosis, juvenile resistance

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – основная продовольственная культура в Российской Федерации. По данным Росстат яровая мягкая пшеница в РФ занимала в 2020 году площадь 12,4 млн га, в 2021 – 13,1 млн га. Валовые сборы культуры в последние годы достигали 21,079 млн т. [11] По посевным площадям пшеницы у России второе место в мире после Индии, третье место по данному

показателю занимает Китай. По валовому сбору Россия находится на третьем месте после Китая и Индии. [10]

Один из существенных факторов, снижающих урожайность возделываемых сортов и ухудшающих качество семян – заражение листьев грибными болезнями. Среди них вредоносны и широко распространены листовая ржавчина (*Puccinia triticina*

Erikss.), темно-бурая листовая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, телеоморфа *Cochliobolus sativus* (Ito et Kurib.) и септориоз (*Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano). Листовая ржавчина поражает пшеницу во всех регионах ее выращивания, эпифитотии наблюдаются каждые два-три года, средние потери урожая в России составляют 10...30%. [12] Темно-бурая листовая пятнистость ранее рассматривалась как вредоносная болезнь пшеницы в нетрадиционных регионах ее возделывания с высокой температурой и влажностью [17, 18], однако сильное развитие заболевания отмечено в Северо-Западном регионе России [13] и Татарстане. [1] Средние потери урожая пшеницы в России оцениваются в 10...30% [12], а в годы эпифитотийного развития болезни в благоприятных условиях могут достигать 100%. [17] Септориоз, вызываемый *S. nodorum* – широко распространен во многих частях мира, включая Российскую Федерацию. Среднегодовые потери урожая в связи с развитием этого заболевания в России составляют 10...30%. [12]

Несмотря на разработку достаточно широкого спектра методов защиты пшеницы от этих болезней, создание устойчивых сортов – наиболее экономически выгодно и экологически безопасно. Ранее выявленные и созданные доноры эффективной резистентности могут потерять этот признак как из-за быстрых микроэволюционных процессов в популяциях фитопатогенов, приводящих к изменению вирулентности и агрессивности, так и в большей степени из-за глобальных климатических изменений в основных регионах выращивания пшеницы. Следовательно, поиск новых источников устойчивости к основным заболеваниям остается актуальной задачей.

По литературным данным в Мировой коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) присутствует большое количество образцов мягкой пшеницы устойчивых к листовой ржавчине [8, 22, 23], темно-бурой листовой пятнистости [9, 13] и септориозу. [4, 5] В то же время, нашими более ранними исследованиями установлено, что генофонд коллекции мягкой пшеницы ВИР крайне беден по генам эффективной проростковой и взрослой устойчивости к этим болезням. [14, 15]

Согласно третьему закону естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям Н.И. Вавилова существует «соответствие реакции иммунитета к паразитическим заболеваниям с экологическим типом растения». [3] В качестве одного из примеров, доказывающих справедливость данного закона, Н.И. Вавилов приводит наличие большого количества форм мягкой пшеницы из Центрального и Южного Китая с резко выраженным иммунитетом к бурой ржавчине. Позднее была показана высокая частота образцов из Китая, устойчивых к темно-бурой листовой пятнистости. [13] Были выделены сорта пшеницы из КНР, высокоустойчивые к септориозу. [16] В мировой коллекции ВИР имеется 635 образцов яровой мягкой пшеницы происхождением из Китая. Основываясь на законе Вавилова и литературных данных, можно предположить наличие среди этого материала образцов,

ценных для селекции на устойчивость к вышеперечисленным болезням.

Цель работы – провести скрининг на эффективную ювенильную устойчивость к указанным заболеваниям китайских пшениц из коллекции ВИР и выделить селекционно-ценные формы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – 263 образца яровой мягкой пшеницы китайского происхождения, 163 из которых включены в коллекцию за последние 20 лет.

Из образцов новых поступлений значительная часть (125) поступила в коллекцию из Института генетических ресурсов сельскохозяйственных растений (Пекин). Они были доставлены сотрудниками ВИР В.Ф. Чапуриным в 2006 году и Н.Н. Дзюбенко в 2014. Девять образцов получены из Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук, 8 – из Синьцзянской сельскохозяйственной Академии, 7 переданы из Всероссийского института защиты растений (доставлены Т.Ю. Гагкаевой), три из Тианминской зерновой компании (привезены Е.Е. Радченко), из других источников – 11 образцов. Среди них: местные сорта – 12, селекционные линии – 10, селекционные сорта – 141.

Также были изучены 100 местных сортов из Китая, которые представлены следующим образом: 4 образца, собранных Н.И. Вавиловым в экспедиции 1929 в Синьцзян-Уйгурской провинции и 96 сортов, полученных в ВИР в 1932 году из Корнельского Университета США от профессора Г. Лау (Н.Н. Lowe). 194 образца яровой мягкой пшеницы были изучены на ювенильную устойчивость к грибным болезням в период с 2000 по 2020 год, 69 – в 2022 году.

Семена (15...20 шт.) высевали на смоченные водой ватные валики в три пластиковые кюветы, которые после прорастания семян помещали на светоустановку (22°C, постоянное освещение 2500 лк). Через 10 сут. проростки (один-два листа) помещали в прозрачные контейнеры и из пульверизатора опрыскивали водной суспензией спор возбудителей болезней.

Для заражения возбудителем листовой ржавчины в качестве инокулюма использовали сборную популяцию *P. triticina* (смесь сборов с листьев нескольких восприимчивых сортов пшеницы в Северо-Западном регионе России), которую поддерживали на отрезках листьев сорта пшеницы Ленинградка в световой камере (2500 лк, 20...22°C). В таких условиях популяция была вирулентна на линиях и сортах с генами устойчивости *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3bg*, *Lr10*, *Lr11*, *Lr12*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr14b*, *Lr15*, *Lr16*, *Lr17*, *Lr18*, *Lr20*, *Lr21*, *Lr22a*, *Lr22b*, *Lr23*, *Lr25*, *Lr26*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr27+31*, *Lr32*, *Lr33*, *Lr34*, *Lr35*, *Lr36*, *Lr37*, *Lr38*, *Lr43*, *Lr44*, *Lr45*, *Lr46*, *Lr48*, *Lr49*, *Lr52*, *Lr57*, *Lr60*, *Lr63*, *Lr64*, *Lr67* и авирулентна к генам резистентности *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr39* (= *Lr41*) и *Lr47*.

Полевую оценку устойчивости к листовой ржавчине в условиях Самарского НИИСХ и Пушкинских лабораторий ВИР проводили по методике ВИР. [7]

B. sorokiniana изолировали из пораженных листьев пшеницы (сбор в Северо-Западном регионе России) в чашках Петри на полуселективной среде

ЧЛМ с добавками. [14] Чашки инкубировали при 22...25°C в темноте. Инокулюм размножали на среде ЧЛМ. Конидии с поверхности среды скальпелем переносили в воду. Суспензию спор пяти изолятов фильтровали через двойной слой марли. Концентрацию спор определяли подсчетом их количества в капле объемом 5 мкл и довели до 3×10^4 спор/мл.

Изоляты *S. nodorum* размножали на стерильной перловой крупе в колбах под ультрафиолетовым светом. [14] Инокулировали растения суспензией спор пяти изолятов *S. nodorum*, полученной из равного количества зараженных зерен каждого изолята. Зерна погружали в воду на 15 мин., затем их удаляли, а концентрацию конидий определяли по количеству спор в каплях суспензии (по 5 мкл). Конечная концентрация — 10^7 конидий/мл.

Контейнеры с зараженными растениями сразу закрывали полиэтиленовой пленкой и герметичной крышкой и помещали на светоустановку. На следующие сутки контейнеры с проростками, зараженными возбудителем ржавчины, открывали, а инокулированные возбудителями листовой пятнистости и септориоза оставляли закрытыми пленкой и крышкой до конца эксперимента.

Типы реакций на заражение *P. triticina* оценивали через 12 дней после инокуляции по общепринятой шкале с модификациями, где: 0 — отсутствие симптомов ржавчины; 0; — некротические пятна без образования пустулы; 1 — очень мелкие пустулы, окруженные некрозом; 2 — пустулы среднего размера, окруженные некрозом или хлорозом; 3 — крупные пустулы без некроза; s.p. — единичные пустулы восприимчивого типа без некроза; X — пустулы разных типов на одном листе. Образцы с типами 0, 0;, 1 были классифицированы как высокоустойчивые, 2, ep. и X — умеренно устойчивые и 3 — восприимчивые.

Развитие темно-бурой листовой пятнистости и септориоза определяли на седьмые сутки после заражения возбудителями по шкале: 0 — отсутствие симптомов поражения, 1, 2, 3, 4 — поражено 10, 20, 30, 40% листовой поверхности, 5 — более 50%, 6 — гибель листа. Образцы с баллами поражения типами 0–1 рассматривали как высокоустойчивые, 2–4 — умеренно устойчивые и 5–6 — восприимчивые.

Образцы, выделенные как обладающие каким-либо уровнем резистентности к болезни по результатам одного эксперимента, проверяли в двух дополнительных независимых опытах по вышеприведенным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам трех независимых экспериментов все изученные 263 образца яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР из Китая были высоковосприимчивы в ювенильной стадии к листовой ржавчине (тип реакции 3) (рис. 1, 3-я стр. обл.).

В полевых условиях Ленинградской области в 2003–2005 годах при низком развитии листовой ржавчины слабопораженными были селекционные сорта: Long 94-4083 (к-64396), Long 98-4723 (к-64397), Long 98-5211-1 (к-64398), Long 98-5501

(к-64399), Xin Ke Han 9 (к-64401). Местные образцы как давних, так и новых поступлений коллекции проявили высокую восприимчивость к болезни.

В условиях Самарской области в 2011–2013 годах (сильное развитие ржавчины) полевую устойчивость (балл 7) показали сорта: Zhong Pin 5 (к-65008), Long Fu 7 (к-66196), Long Fu 8 (к-66197), Long Fu 9 (к-66198), Long Fu 13 (к-66199).

В стадии одного-двух листьев все образцы были высоковосприимчивы к темно-бурой листовой пятнистости (баллы 5 и 6). (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Только один образец к-67801 по результатам трех независимых экспериментов показал высокую устойчивость к инокулюму возбудителя септориоза (0-1 балл), остальные формы были поражены на 5–6 баллов (рис. 3, 3-я стр. обл.).

При изучении 3765 образцов мягкой пшеницы из коллекции ВИР на эффективную ювенильную устойчивость к листовой ржавчине, темно-бурой листовой пятнистости и септориозу было показано отсутствие высокорезистентных форм к двум последним болезням. К ржавчине были устойчивы 90 образцов, но все они защищены известными генами *Lr* 9, 19, 24 [14], причем каждый из них достаточно давно потерял эффективность в различных регионах РФ. Выявленное нами крайне узкое генетическое разнообразие по эффективным генам устойчивости пшеницы к вышеназванным болезням обуславливает актуальность поиска новых источников и доноров резистентности. Образцы пшеницы из Китая могут представлять интерес для такого поиска. Так, Н.И. Вавилов указывал на данный регион как важный для выделения форм пшеницы, устойчивых к листовой ржавчине. [2]

Однако, при изучении 100 местных пшениц из Китая была показана их восприимчивость к листовой ржавчине как в ювенильной стадии роста, так и в стадии флаг-листа. [6] Эти 100 образцов входили в сортимент, изучив который, Н.И. Вавилов делал вывод о высокой частоте резистентных к ржавчине форм. Изменение пораженности данных образцов в полевых условиях связано либо с изменением генетической структуры популяций возбудителя болезни, либо с существенным изменением агроклиматических условий (и через них на фенотипическое проявление вирулентности и агрессивности патогена). Китайские селекционные сорта пшеницы интенсивно изучаются в последние годы в КНР на устойчивость к листовой ржавчине. [19, 21, 24] Показана их восприимчивость к болезни в стадии проростков по крайней мере к некоторым монопустульным изолятам возбудителя заболевания, что указывает на отсутствие у них высокоэффективных генов ювенильной резистентности. Исключение — идентификация у сорта 12P106 Su 553 гена *Lr19* с помощью молекулярного маркирования. [21] С нашей точки зрения эта идентификация скорее всего ошибочна, поскольку сами авторы отмечают высокую эффективность данного гена устойчивости в Китае, при том что образец в поле сильно поражен листовой ржавчиной.

Все изученные 263 образца пшеницы были восприимчивы в стадии проростков к болезни и не представляют интереса для селекции на эффективную ювенильную устойчивость к листовой ржав-

чине. В полевых условиях по пять селекционных сортов были слабо поражены болезнью в двух регионах, вероятно они обладают генами резистентности взрослых растений (устойчивость по типу slow-rusting). Ранее устойчивость такого типа была выявлена среди селекционных сортов в условиях КНР. [19, 24]

Необходимо отметить, что набор образцов, предположительно обладающих полевой устойчивостью к листовой ржавчине, отличался в Северо-западном регионе РФ и среднем Поволжье, что может быть обусловлено как генетическими отличиями в структуре популяции возбудителя по признаку вирулентности, так и резкими отличиями в агроклиматических условиях этих регионов. Для рекомендации использования выделенных форм в селекции на устойчивость взрослых растений необходима дополнительная проверка их полевой резистентности при создании жестких инфекционных или провокационных фонов.

Ранее при изучении китайских пшениц из коллекции ВИР было показано, что 67% из них устойчивы к темно-бурой листовой пятнистости. Среди селекционного материала из Хэйлунцзянской академии сельскохозяйственных наук резистентны к болезни 38% образцов. [13] Однако в настоящей работе все изученные образцы были высоковосприимчивы к болезни. Резкие отличия наших данных от цитируемых связаны в первую очередь с использованием разных методик оценки устойчивости. Мы заражали интактные проростки смесью изолятов патогена и оценивали степень развития болезни на седьмые сутки после инокуляции *B. sorokiniana*, тогда как автор цитируемой работы инокулировала отрезки листьев в бензимидазоле единичными изолятами гриба и балл поражения учитывала через трое суток после заражения. Использование данной методики приводит к выделению большого количества образцов, которые затем не подтверждают свою резистентность при заражении интактных растений. [14]

При изучении ограниченного набора новейших поступлений коллекции ВИР на устойчивость к септориозу были выделены три образца из Китая, резистентных к *S. nodorum* в ювенильной стадии роста. [16] Но все они были восприимчивы в настоящей работе. Различия в результатах скорее всего обусловлены разницей в методиках заражения растений возбудителем болезни. В цитируемой работе заражали либо интактные проростки без создания условий постоянной влажности, либо отрезки листьев в бензимидазоле. При этом концентрация спор патогена была 1 млн/мл суспензии. В нашей работе концентрация спор — 10 млн/мл, а интактные проростки заражались с созданием условий высокой влажности. Только один образец Bai Quann 2143 (к-67801) из 263 изученных по результатам исследования проявил высокий уровень резистентности. После проверки в стадии взрослого растения он может быть рекомендован для селекции на устойчивость к септориозу. Такого уровня ювенильной резистентности ранее нами не наблюдалось среди тысяч изученных образцов из коллекции ВИР.

Таким образом, показана восприимчивость в ювенильной стадии образцов коллекции ВИР происхождением из Китая к листовой ржавчине

и темно-бурой листовой пятнистости. К септориозу, вызываемому *S. nodorum* устойчив в данной стадии онтогенеза только один сорт Bai Quann 2143.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асхадуллин Дан.Ф., Асхадуллин Дам.Ф., Василова Н.З. и др.// Темно-бурая листовая пятнистость на яровой мягкой пшенице в Татарстане // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 17–19.
2. Вавилов Н.И. Законы естественного иммунитета к инфекционным заболеваниям (ключи к нахождению иммунных форм). Избранные произведения в 2-х томах. Т. 2. Л.: «Наука», 1967. С. 396.
3. Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Наука, 1986. С. 486.
4. Колесников Л.Е., Власова Э.А., Виноградов А.А. Развитие септориоза на коллекционных образцах мягкой пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 5. С. 90–93.
5. Коломиец Т.М., Панкратова Л.Ф., Скatenок О.О. и др. Создание генбанка источников устойчивости сортов пшеницы к септориозу // Защита и карантин растений. 2015. № 7. С. 44–46.
6. Курбанова П.М. Генетическое разнообразие яровой мягкой пшеницы по эффективной возрастной устойчивости к листовой ржавчине / П.М. Курбанова: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. С-Пб.: ВИР, 2011. 20 с.
7. Мережка А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопа и тритикале // Методические указания. СПб.: ВИР, 1999. 81 с.
8. Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы / Под ред. М.М. Левитина. С-Пб, 2006. 80 с.
9. Михайлова Л.А., Коваленко Н.М., Смурова С.Г. и др. Устойчивость видов *Triticum L.* и *Aegilops L.* из коллекции ВИР к возбудителям желтой и темно-бурой листовых пятнистостей (каталог). С-Пб, 2007. 60 с.
10. Официальный сайт ФАО — <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата обращения 15 мая 2022 г.).
11. Официальный сайт Росстат — <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226> (дата обращения 15 апреля 2022 г.).
12. Санин С.С., Макаров А.А. Биологические, агроэкологические и экономические аспекты фитосанитарного мониторинга // Вестник защиты растений. 1999. Вып. 1. С. 62–77.
13. Смурова С.Г. Новые источники и доноры устойчивости пшеницы к *Cochliobolus sativus* Drechs. Ex Dastur. Дисс. ... канд. биол. наук. С-Пб.: ВИЗР, 2008. 236 с.
14. Тырышкин Л.Г. Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения. Дисс. ... докт. биол. наук. С-Пб.: ВИР, 2007. 251 с.
15. Тырышкин Л.Г., Сюков В.В., Захаров В.Г. и др. Источники эффективной устойчивости мягкой пшеницы и ее родичей к грибным болезням — поиск, создание и использование в селекции // Труды по прикл. бот., ген. и сел. 2012. Т. 170. С. 186–199.
16. Харина А.В., Шешегова Т.К. Сравнительный анализ методов оценки яровой мягкой пшеницы на устойчивость к *Parastagonospora nodorum* и поиск источников признака для селекции // Аграрная наука Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 230–238. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.230-238.

17. Chowdhury A.K., Singh G., Tyagi B.S. et al. Spot blotch disease of wheat – a new thrust area for sustaining productivity // *Journal Wheat Res.* 2013. Vol. 5. № 2. P. 1–11.
18. Duveiller E.M., Sharma R.C. Genetic improvement and crop management strategies to minimize yield losses in warm non-traditional wheat growing areas due to spot blotch pathogen *Cochliobolus sativus* // *Journal of Phytopathology.* 2009. Vol. 157. Issue 9. P. 521–534.
19. Li Z.F., Xia X.C., He Z.H. et al. Seedling and slow rusting resistance to leaf rust in Chinese wheat cultivars // *Plant Dis.* 2010. Vol. 94. № 1. P. 45–53. DOI: 10.1094/PDIS-94-1-0045.
20. Phan H.T.T., Rybak K., Bertazzoni S. et al. Novel sources of resistance to *Septoria nodorum* blotch in the Vavilov wheat collection identified by genome-wide association studies // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 6. P. 1223–1238. DOI: 10.1007/s00122-018-3073-y.
21. Ren Z., Li Z., Shi L. et al. Molecular identification of wheat leaf rust resistance genes in sixty Chinese wheat cultivars // *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2018. Vol. 54. № 1. P. 1–8. DOI: 10.17221/6/2016-CJGPB.
22. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S. et al. Mining Vavilov's treasure chest of wheat diversity for adult plant resistance to *Puccinia triticina* // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 2. P. 317–323. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0614-RE.
23. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S.K. et al. Unlocking new alleles for leaf rust resistance in the Vavilov wheat collection // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 8. P. 127–144. DOI: 10.1007/s00122-017-2990-5.
24. Gebrewahid T.W., Yao Z., Yan X. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 10. P. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE 39.
9. Mihajlova L.A., Kovalenko N.M., Smurova S.G. i dr. Ustojchivost' vidov *Triticum L.* i *Aegilops L.* iz kolekcii VIR k vzbuditel'nyam zheltoj i temno-buroj listovyh pyatnistostej (katalog). S-Pb, 2007. 60 s.
10. Oficial'nyj sajt FAO – <https://www.fao.org/faostat/en/#-data/QCL> (data obrashcheniya 15 maya 2022 g.).
11. Oficial'nyj sajt Rosstat – <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13226> (data obrashcheniya 15 aprelya 2022 g.).
12. Sanin S.S., Makarov A.A. Biologicheskie, agroekologicheskie i ekonomicheskie aspekty fitosanitarnogo monitoringa // *Vestnik zashchity rastenij.* 1999. Vyp. 1. S. 62–77.
13. Smurova S.G. Novye istochniki i donory ustojchivosti pshenicy k *Cochliobolus sativus* Drechs. Ex Dastur. Diss. ... kand. biol. nauk. S-Pb.: VIZR, 2008. 236 s.
14. Tyryshkin L.G. Geneticheskoe raznoobrazie pshenicy i yachmenya po effektivnoj ustojchivosti k boleznyam i vozmozhnosti ego rasshireniya. Diss. ... dokt. biol. nauk. S-Pb.: VIR, 2007. 251 s.
15. Tyryshkin L.G., Syukov V.V., Zaharov V.G. i dr. Istochniki effektivnoj ustojchivosti myagkoj pshenicy i ee rodichej k gribnym boleznyam – poisk, sozdanie i ispol'zovanie v selekcii // *Trudy po prikl. bot., gen. i sel.* 2012. T. 170. S. 186–199.
16. Harina A.V., SHeshegova T.K. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki yarovoj myagkoj pshenicy na ustojchivost' k *Parastagonospora nodorum* i poisk istochnikov priznaka dlya selekcii // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 2022. T. 23. № 2. S. 230–238. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.230-238.
17. Chowdhury A.K., Singh G., Tyagi B.S. et al. Spot blotch disease of wheat – a new thrust area for sustaining productivity // *Journal Wheat Res.* 2013. Vol. 5. № 2. P. 1–11.
18. Duveiller E.M., Sharma R.C. Genetic improvement and crop management strategies to minimize yield losses in warm non-traditional wheat growing areas due to spot blotch pathogen *Cochliobolus sativus* // *Journal of Phytopathology.* 2009. Vol. 157. Issue 9. P. 521–534.
19. Li Z.F., Xia X.C., He Z.H. et al. Seedling and slow rusting resistance to leaf rust in Chinese wheat cultivars // *Plant Dis.* 2010. Vol. 94. № 1. P. 45–53. DOI: 10.1094/PDIS-94-1-0045.
20. Phan H.T.T., Rybak K., Bertazzoni S. et al. Novel sources of resistance to *Septoria nodorum* blotch in the Vavilov wheat collection identified by genome-wide association studies // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 6. P. 1223–1238. DOI: 10.1007/s00122-018-3073-y.
21. Ren Z., Li Z., Shi L. et al. Molecular identification of wheat leaf rust resistance genes in sixty Chinese wheat cultivars // *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2018. Vol. 54. № 1. P. 1–8. DOI: 10.17221/6/2016-CJGPB.
22. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S. et al. Mining Vavilov's treasure chest of wheat diversity for adult plant resistance to *Puccinia triticina* // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 2. P. 317–323. DOI: 10.1094/PDIS-05-16-0614-RE.
23. Riaz A., Athiyannan N., Periyannan S.K. et al. Unlocking new alleles for leaf rust resistance in the Vavilov wheat collection // *Theor. Appl. Genet.* 2018. Vol. 131. № 8. P. 127–144. DOI: 10.1007/s00122-017-2990-5.
24. Gebrewahid T.W., Yao Z., Yan X. et al. Identification of leaf rust resistance genes in Chinese common wheat cultivars // *Plant Disease.* 2017. Vol. 101. № 10. P. 1729–1737. DOI: 10.1094/PDIS-02-17-0247-RE 39.

REFERENCES

1. Askhadullin Dan.F., Askhadullin Dam.F., Vasilova N.Z. i dr. // *Temno-buraya listovaya pyatnistost' na yarovoj myagkoj pshenice v Tatarstane* // *Zashchita i karantin rastenij.* 2018. № 9. S. 17–19.
2. Vavilov N.I. Zakony estestvennogo immuniteta k infekcionnym zabolevaniyam (klyuchi k nahozhdeniyu immunnyh form). Izbrannye proizvedeniya v 2-h tomah. T. 2. L.: «Nauka», 1967. S. 396.
3. Vavilov N.I. Immunitet rastenij k infekcionnym zabolevaniyam. M.: Nauka, 1986. S. 486.
4. Kolesnikov L.E., Vlasova E.A., Vinogradov A.A. Razvitie septorioza na kolekcionnyh obrazcah myagkoj pshenicy // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya.* 2009. № 5. S. 90–93.
5. Kolomic T.M., Pankratova L.F., Skatenok O.O. i dr. Sozdanie genbanka istochnikov ustojchivosti sortov pshenicy k septoriozu // *Zashchita i karantin rastenij.* 2015. № 7. S. 44–46.
6. Kurbanova P.M. Geneticheskoe raznoobrazie yarovoj myagkoj pshenicy po effektivnoj vozrastnoj ustojchivosti k listovoj rzhavchine / P.M. Kurbanova: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk. S-Pb.: VIR, 2011. 20 s.
7. Merezhko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy, egilopsa i tritikale // *Metodicheskie ukazaniya.* SPb.: VIR, 1999. 81 s.
8. Mihajlova L.A. Genetika vzaimootnoshenij vzbuditel'nykh buroj rzhavchiny i pshenicy / Pod red. M.M. Levitina. S-Pb, 2006. 80 s.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОЗИМОМ ПОСЕВЕ В ЮЖНОМ ДАГЕСТАНЕ*

Белахан Абдурашидовна Баташева¹, доктор биологических наук
Ренат Абдуллаевич Абдуллаев², кандидат биологических наук
Ольга Николаевна Ковалева², кандидат биологических наук
Игорь Альбертович Звейнек², кандидат биологических наук
Евгений Евгеньевич Радченко², доктор биологических наук

¹Дагестанская опытная станция – филиал ВИР, г. Дербент, Республика Дагестан, Россия

²Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Аннотация. Одна из важнейших задач селекции – обеспечение устойчивого роста количества и качества урожая в разных по почвенно-климатическим и погодным условиям зонах. Для каждого сельскохозяйственного региона, района и даже местности необходимо обеспечить подбор и создание соответствующих сортов. Важнейшее требование к новым сортам – стабильность высоких урожаев в комплексе с другими хозяйственно полезными признаками, определяющими высокую пластичность и продуктивность. В зерновом балансе России второе место по посевным площадям стабильно занимает ячмень – высококачественная фуражная культура, универсальная по своему хозяйственному использованию. Его зерно – сырье для производства крупы (перловая, ячневая); солода для пивоваренной промышленности; солодовой вытяжки (мальц-экстракты), которые широко применяются в медицине, кондитерской, текстильной и кожевенной промышленности. В годы с неблагоприятными условиями в период осеннего сева посевные площади под озимыми зерновыми культурами сокращаются. Наибольшую опасность для урожая озимых культур в южном регионе представляют часто повторяющиеся осенние засухи, недостаток влаги в почве, высокие среднесуточные температуры и активность микрофлоры, в результате чего формируется изреженный посев и снижается урожайность. Продуктивность современных сортов ярового ячменя ограничивает абиотические стрессы. Для «ремонта» вымерзших озимых посевов в качестве страховой культуры используют яровой ячмень. В условиях южной равнинной зоны Дагестана с мягкими зимами возделывают яровой ячмень в озимом посеве. Климат субтропический, полусухой. Почвы преимущественно светло-каштановые тяжелосуглинистые солонцевато-солончаковые. Самые холодные месяцы – декабрь, январь, февраль. Среднемесячные температуры за 2019–2021 годы: 5,5–7,3; 4,4–5,5; 3,5–5,5 °С соответственно. При озимом посеве яровых культур в регионах, где климатические условия позволяют, искусственно удлиняется продолжительность вегетационного периода, растения эффективно используют благоприятные почвенно-климатические факторы для роста и развития. Отмечается повышение урожайности по сравнению с яровым посевом. Сорт максимально проявляет генетический потенциал. В озимом сроке сева изучен 361 образец ячменя из мирового генофонда ВИР разного типа развития. Интерес представляет динамика элементов структуры урожая в связи с их вкладом в формирование конечной продуктивности. Исследованы показатели: число продуктивных стеблей (шт./м²), масса 1000 зерен (г), масса зерна с единицы площади (г/м²).

Ключевые слова: ячмень, тип развития, сорт, срок сева, продуктивность

PRODUCTIVITY OF SPRING BARLEY IN SOUTH DAGESTAN WINTER SOWING CONDITIONS

B.A. Batasheva¹, Grand PhD in Biological Sciences
R.A. Abdullaev², PhD in Biological Sciences
O.N. Kovaleva², PhD in Biological Sciences
I.A. Zveynek², PhD in Biological Sciences
E.E. Radchenko², Grand PhD in Biological Sciences

¹Dagestan OS – branch of VIR, Derbent, Republic of Dagestan, Russia

²Federal Research Center “All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov”,
St. Petersburg, Russia

E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Abstract. One of the most important tasks of breeding is to ensure a steady increase in the quantity and quality of crops in different soil, climatic and weather conditions zones. For each agricultural region, district and even locality, it is necessary to ensure the selection and creation of appropriate varieties. The most important requirement for new varieties is the stability of high yields in combination with other

* Работа выполнена на ДОС в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0481-2022-0001 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития, оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве» / The work was carried out at the DOS within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR project No. 0481-2022-0001 «Structuring and disclosure of the potential of hereditary variability of the world collection of cereals and cereals of the VIR for the development, optimized genbank and rational use in breeding and crop production».

economically useful qualities that determine high plasticity and productivity. In the grain balance of Russia, the second place in terms of sown areas is consistently occupied by barley. This is a universal culture in its economic use. First of all, barley is a high-quality forage crop. Its grain is a raw material for the production of cereals (pearl barley and barley), malt for the brewing industry, malt extract (malts extracts), which are widely used in medicine, confectionery, textile and leather industries. In years with unfavorable conditions during the autumn sowing, the acreage under winter grain crops is reduced. The greatest danger to the harvest of winter crops in the conditions of the southern region is often repeated autumn droughts, lack of moisture in the soil, high average daily temperatures and microflora activity, resulting in sparse sowing and reduced yields. However, the productivity of modern varieties of spring barley is limited by abiotic stresses. For the "repair" of frozen winter crops, spring barley is used as an insurance crop. In the conditions of the southern plain zone of Dagestan with mild winters, it is customary to cultivate spring barley in winter sowing. The climate is subtropical, semi-dry. The soils are mainly light chestnut, heavy loamy, saline-saline. The coldest months are December-January-February. The average monthly temperatures in the period 2019–2021 are: 5,5–7,3; 4,4–5,5; 3,5–5,50 With, respectively. With winter sowing of spring crops in regions where climatic conditions allow, the duration of the growing season is artificially lengthened and plants effectively use favorable soil and climatic factors for growth and development. At the same time, as a rule, there is an increase in yield compared to spring sowing. The variety shows the maximum genetic potential. In the winter sowing period, a comprehensive laboratory and field study of 361 samples of barley from the world gene pool of different types of development was carried out. Of interest is the dynamics of the elements of the crop structure in connection with their contribution to the formation of final productivity. Such indicators as the number of productive stems (pcs/m²), the mass of 1000 grains (g), the mass of grain per unit area (g/m²) were studied.

Keywords: barley, growth habit, variety, sowing period, productivity

В литературе отсутствуют данные по изучению яровых зерновых в РФ при озимом сроке сева. В настоящее время внимание уделяется изучению сортов-двуручек ячменя и пшеницы, способных развиваться как по озимому, так и яровому типу, формировать урожай при осеннем и весеннем посеве. [3–6] Осенью они замедляют свое развитие при коротком дне и ведут себя как озимые сорта. Основная биологическая особенность двуручек — повышенная чувствительность к сокращенному фотопериоду, вызывающая торможение процесса формирования генеративных органов. Ячмени-двуручки могут быть использованы при поздних сроках сева в годы с сухой и теплой осенью, также для подсева и пересева поврежденных и погибших в результате перезимовки посевов.

Для современного сельского хозяйства необходимо выделять и создавать сорта, сочетающие продуктивность и качество с сопротивляемостью экстремальным факторам среды, способностью в резко меняющихся условиях Юга России давать стабильный урожай из-за более высокой устойчивости к полеганию, распространенным в регионе листовым болезням и вредителям. Такие сорта могут обеспечить эффективное использование природных ресурсов, энергосбережение и рентабельность.

Цель работы — изучить ячмень в широком спектре признаков, чтобы использовать в качестве страховой культуры для озимых посевов в условиях Юга России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на Дагестанской опытной станции. Объект изучения — 361 образец двурядного ячменя разного эколого-географического происхождения и типа развития из коллекции ВИР (г. Санкт-Петербург). Полевые опыты заложены в один срок при озимом посеве. Лабораторно-полевые исследования проведены в соответствии с методическими указаниями ВИР. [2] Результаты статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представлен сравнительный анализ по селекционно ценным признакам. Средняя урожайность ярового ячменя составляет 403,3 г/м² при 357,5 у озимых форм. Показатель продуктивного стеблестоя — 611,6 и 587,7 шт./м² соответственно (табл. 1). Зерно озимого ячменя крупнее (52,1 г), чем ярового (47,3 г). По результатам наших многолетних исследований выявлена тенденция определенного превосходства яровых форм по продуктивности при озимом сроке сева.

Выделено 15 образцов озимого ячменя селекции Германии и Франции с продуктивностью 500...635 г/м² при 440...560 г/м² у стандартов (табл. 2). Средняя урожайность — 534,9 г/м². Формирование урожая зерна зависит от числа продуктивных стеблей ($r = 0,289$) и массы 1000 зерен ($r = 0,206$). Гу-

Таблица 1.
Характеристика двурядного ячменя при озимом посеве по селекционно ценным признакам в связи с типом развития

Показатель	Озимый			Яровой		
	число продуктивных стеблей, шт/м ²	масса 1000 зерен, г	урожайность, г/м ²	число продуктивных стеблей, шт/м ²	масса 1000 зерен, г	урожайность, г/м ²
n (выборка)	196	196	196	165	165	165
x (среднее)	587,7	52,1	357,5	611,6	47,3	403,3
Sx (стандартное отклонение)	198,1	5,98	134,3	256,8	4,56	173,7
sx (ошибка средней)	22,4	0,430	9,62	27,1	0,356	13,6
Cv (коэффициент вариации)	33,7	11,5	37,6	42,0	9,65	43,1

Таблица 2.

Продуктивные образцы двурядного озимого ячменя

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Дата колошения ст. 1 ± дни	Устойчивость, балл			Высота растения, см.	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Масса зерна, г	
				мучнистая роса	карликовая ржавчина	полегание			1000 шт.	с 1 м ²
30791	<i>Bombay</i>	Германия	+8	5	5	7	101,7	536,5	59,9	500,0
30535	<i>Petula</i>	Франция	+5	3	5	7	95,0	600,0	53,8	503,3
30765	<i>Yura</i>	Германия	+6	7	7	5	106,7	404,0	59,5	503,3
30506	<i>Kelibia</i>	Франция	-1	3	7	5	95,0	777,0	55,9	503,3
29967	<i>Kira</i>		+1	5	3	7	110,0	454,5	56,2	510,0
30768	<i>Viraca</i>	Германия	+3	7	5	7	108,3	477,0	61,7	513,3
30792	<i>Cobalt</i>		+6	3	7	7	91,7	657,5	58,1	513,3
30783	<i>Punch</i>		+5	9	7	7	98,3	689,5	55,5	520,0
30508	<i>Docile</i>	Франция	+2	3	3	5	103,3	886,0	53,5	520,0
30516	<i>Intro</i>	Германия	+6	5	7	5	115,0	469,0	63,2	526,7
30784	<i>Tiffany</i>		+6	5	7	7	103,3	522,5	58,3	528,3
30502	<i>Caprise</i>		+5	1	5	5	98,3	945,0	52,6	561,7
30521	<i>Marlen</i>	Франция	+3	7	5	5	100,0	838,0	51,8	575,0
30525	<i>Merry</i>		-2	3	5	7	101,7	834,0	56,0	610,0
30531	<i>Opaline</i>		+6	7	5	5	108,3	638,0	51,3	635,0
26894	<i>Виктория</i> (стандарт 1)	Румыния	2.05.	5	7	7	99,9	783,7	48,7	439,7
30781	<i>Дагестанский золотистый</i> (стандарт 2)	ДОС ВИР	3.05.	3	5	5	104,0	771,0	49,7	566,0

стога продуктивного стеблестоя варьирует в пределах 404,0 ... 945,0 шт. (средняя — 648,6 шт.). Масса 1000 зерен — 51,3 ... 63,2 г (средняя — 56,5 г). Выделены крупнозерные образцы германской селекции: *Yura*, *Bombay*, *Viraca*, *Intro* (59,5...63,2 г).

Максимальную урожайность (635,0 г/м²) сорта *Opaline* из Франции обеспечило сочетание густоты стеблестоя (638,0 шт./м²) и крупнозерности (51,3 г). Хорошая продуктивность (561,7...610,0 г) отмечена у сортов *Caprise*, *Marlen*, *Merry*.

Важный фактор, определяющий урожайность в условиях орошаемого земледелия Южного Дагестана, — устойчивость к полеганию. Она определяется высотой и прочностью соломины. Высота растения выделенных образцов — 91,7...115,0 см, что оптимально для зоны проведения исследований. Устойчивость к полеганию средняя (5...7 баллов).

В регионе распространены листовые болезни ячменя (мучнистая роса и карликовая ржавчина). [1] Они влияют на урожайность, нарушая нормальное физиологическое состояние ассимиляционной поверхности растения. Образцы дифференцируются по устойчивости к возбудителям данных болезней. Селекционную ценность представляют сорта *Yura* и *Punch* с полевой устойчивостью в 7...9 баллов. Большинство выделенных образцов — среднеспелые.

Особый интерес представляет изучение продуктивности ярового ячменя при озимом сроке сева. В исследования были включены сорта зарубежной и отечественной селекции.

Выделено 25 образцов ярового ячменя с продуктивностью 590,0...745,0 г/м² (средняя — 651,0) при 406,3 г/м² у ярового стандарта *Темп* (табл. 3).

Крупнозерность изученных образцов составляет 44,2 ... 55,2 г (средняя — 48,9). Крупное зерно 1000 шт. массой более 50 г имеют сорта *Bellissima*, *Thari*, *Acuario*, *Петр*, *Челябинский 95*, *Белгородец*. Густота продуктивного стеблестоя варьирует в пределах 560,0...1184,0 шт./м² (среднее — 797,8). Формирование хорошего урожая ярового ячменя при озимом сроке сева определяется густотой стеблестоя ($r = 0,155$) и массой 1000 зерен ($r = 0,007$). Высота растений образцов — 75...115 см, устойчивость к полеганию средняя.

Сорта дифференцируются по резистентности к возбудителям мучнистой росы и карликовой ржавчины. Ежегодно наблюдается естественный высокий инфекционный фон развития данных патогенов в регионе (см. рисунок, 3-я стр. обл.). Из сравнительного анализа данных биотических факторов и конечной продуктивности следует, что они влияют, но не лимитируют урожайность.

Ущерб урожаю ячменя наносят и такие болезни, как головня и полосатая пятнистость листьев в случае их эпифитотии.

Таким образом, при озимом посеве яровых культур, в условиях южной равнинной зоны Дагестана, искусственно удлиняется продолжительность вегетационного периода, растения эффективно используют благоприятные почвенно-климатические факторы для роста и развития. При этом, отмечается повышение урожайности по сравнению с яровым посевом. Факторы, определяющие продуктивность образцов ячменя, — густота стеблестоя и крупнозерность. Выделены сорта ярового ячменя со средней продуктивностью в озимом посеве 691,7...745,0 г/м²: *Челябинский 96*, *Scarlett*, *Bellissima*, *Acuario*, *Нур*, при 406,3 у ярового стандарта *Темп*.

Таблица 3.

Продуктивные образцы двуядного ярового ячменя

№ по каталогу ВИР	Сорт	Происхождение	Дата колошения ст. ± дни	Устойчивость, балл			Высота растения, см	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Масса зерна, г	
				мучнистая роса	карликовая ржавчина	полегание			1000 шт.	с 1 м ²
30470	<i>Tuturingia</i>	Германия	+2	9	7	7	91,7	1184,0	48,6	590,0
30775	<i>Табол</i>	Челябинская обл.	+7	7	7	7	90,0	776,0	49,5	596,7
30377	<i>Delibes</i>	Эстония	+5	7	9	7	77,3	580,5	45,4	606,7
30564	<i>Piramid</i>	Франция	+10	9	7	7	86,7	975,0	47,3	606,7
30824	<i>Родник 98</i>	Воронежская обл.	-2	3	5	7	95,0	708,0	46,7	607,5
30450	<i>Челябинский 95</i>	Челябинская обл.	+11	3	1	7	105,0	716,0	54,2	616,7
30829	<i>Анна</i>	Оренбургская обл.	-1	1	1	5	105,0	784,5	49,3	625,0
30623	<i>Белгородец</i>	Белгородская обл.	-2	9	7	5	115,0	639,0	54,4	630,0
30887	<i>Нутанс 401</i>	Саратовская обл.	-4	1	3	9	80,0	560,0	48,2	630,0
30840	<i>Сувенир</i>	Украина	+1	3	7	7	100,0	649,5	49,6	632,5
30819	<i>Челябинский 1</i>	Челябинская обл.	+6	3	5	5	103,3	734,7	44,3	633,3
30823	<i>Титан 98</i>	Воронежская обл.	-2	1	5	7	97,5	692,0	49,6	645,0
30821	<i>Annapel</i>	Германия	+8	9	7	9	82,5	882,0	44,6	650,0
30888	<i>Петр</i>	Кемеровская обл.	-1	1	5	9	75,0	568,0	53,4	650,0
30838	<i>Пивденный</i>	Украина	+3	5	7	5	100,0	731,5	49,7	652,5
30468	<i>Orthega</i>	Германия	+5	7	7	7	90,0	1153,0	49,7	658,3
30565	<i>Tabara</i>	Франция	+7	9	7	7	88,3	927,0	46,0	661,7
30844	<i>Хаджибей</i>	Белгородская обл.	-1	1	5	9	87,5	720,0	45,0	670,0
30457	<i>Thari</i>	Финляндия	+7	7	1	7	86,7	661,0	54,8	673,3
30780	<i>ГЦ-254</i>	Московская обл.	+3	5	7	7	96,7	736,0	48,2	686,7
30562	<i>Челябинский 96</i>	Челябинская обл.	+1	5	5	5	101,7	1023,0	46,3	691,7
30469	<i>Scarlett</i>		+6	9	7	7	86,7	1028,0	44,2	695,0
30463	<i>Bellissima</i>	Германия	-1	7	3	7	95,0	858,0	53,0	698,3
30802	<i>Асуарио</i>	Чили	+3	9	5	9	90,0	763,5	55,2	722,5
30820	<i>Нур</i>	Московская обл.	+6	3	7	7	95,0	896,0	44,7	745,0
22055	<i>Темп (стандарт)</i>	Краснодарский край	27.04	5	5	5	108,8	673	49,2	406,3

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Кузнецова Т.Е., Серкин Н.В. Селекция ячменя на устойчивость к болезням. Краснодар: «Просвещение-Юг», 2006. 287 с.
- Лоскутов И.Г. Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. С-Пб.: ООО «Копи-Р», 2012. 63 с.
- Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л. Продуктивность и качество зерна сортов двуручек ячменя при возделывании в условиях Крыма // Таврический вестник аграрной науки. № 2(18). 2019. С. 78–85.
- Радченко Л.А., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л. и др. Продуктивность и устойчивость к неблагоприятным факторам среды сортов-двуручек ячменя при посеве в осенний и весенний сроки // Зерновое хозяйство России. № 5(71). 2020. С. 15–20.
- Филобок В.А., Гуенкова Е.А., Беспалова Л.А. и др. Создание адаптированного генфонда альтернативного образа жизни мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. № 1(1). 2016. С. 38–42.
- Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П. и др. Новый, адаптированный к условиям Северного Кавказа, сорт ячменя двуручки Виват // Зерновое хозяйство России. № 5(59). 2018. С. 60–62.

REFERENCES

- Kuznecova T.E., Serkin N.V. Selekcija yachmenya na ustojchivost' k boleznyam. Krasnodar: «Prosveshchenie-Yug», 2006. 287 s.
- Loskutov I.G. Kovaleva O.N., Blinova E.V. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa. S-Pb.: OOO «Kopi-R», 2012. 63 s.
- Radchenko L.A., Radchenko A.F., Ganockaya T.L. Produktivnost' i kachestvo zerna sortov dvuruchek yachmenya pri vzdelyvanii v usloviyah Kryma // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. № 2(18). 2019. S. 78–85.
- Radchenko L.A., Radchenko A.F., Ganockaya T.L. i dr. Produktivnost' i ustojchivost' k neblagopriyatnym faktoram sredy sortov-dvuruchek yachmenya pri poseve v osennij i vesennij sroki // Zernovoe hozyajstvo Rossii. № 5(71). 2020. S. 15–20.
- Filobok V.A., Guenkova E.A., Bepalova L.A. i dr. Sozdanie adaptirovannogo genofonda al'ternativnogo obraza zhizni myagkoj pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. № 1(1). 2016. S. 38–42.
- Filippov E.G., Doncova A.A., Doncov D.P. i dr. Novyj, adaptirovannyj k usloviyam Severnogo Kavkaza, sort yachmenya dvuruchki Vivat // Zernovoe hozyajstvo Rossii. № 5(59). 2018. S. 60–62.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ СОРТОВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Владимир Алексеевич Максимов, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-1584-9491

Юрий Алексеевич Лапшин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-0324-8525

Римма Ивановна Золотарёва, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-3838-0202

Рансия Болеславовна Максимова, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-0324-8525

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. Для увеличения продуктивности зерновых культур применяют адаптированные ресурсосберегающие технологии, в которых уровень минерального удобрения определяется дозой питательного вещества, установленной опытным путем. Цель исследований – выявить наиболее урожайные и экономически оправданные варианты норм внесения минеральных удобрений при возделывании сортов ярового тритикале на дерново-подзолистых почвах Северо-Восточного региона России. Дана оценка зерновой продуктивности и экономической эффективности семи сортов: Доброе, КНИИСХ 9, КНИИСХ 11, КНИИСХ 22, Савва, Тимур, Ровня. Результаты свидетельствуют о том, что в условиях республики, даже на неудобренном фоне, урожайность зерна ярового тритикале – 2,4 – 3,0 т/га. Основное внесение минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ и азотной подкормки N_{30} в фазе кущения увеличивает себестоимость килограмма зерна на 5–8%, уменьшая рентабельность производства. Возделывание сортов КНИИСХ 11, Ровня, КНИИСХ 22 и Тимур было экономически рентабельным, но менее выгодным, чем КНИИСХ 9, Савва и Доброе. Себестоимость производства килограмма зерна составила в варианте без минерального питания 6,7; 7,0; 7,5; 7,8; 5,8; 6,3 и 7,0 руб. соответственно. Себестоимость у сорта Доброе уменьшалась до 5,5 руб. при основном внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ и до 5,9 руб. при $N_{60}P_{60}K_{60}$ с азотной подкормкой N_{30} в фазе кущения. В последнем варианте максимальное увеличение себестоимости было у сорта КНИИСХ 22 – до 7,3 руб.

Ключевые слова: яровой тритикале, сорта, урожайность, минеральные удобрения, экономика, себестоимость, рентабельность

PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SPRING TRITICALE CULTIVATED VARIETIES IN MARI EL REPUBLIC CONDITIONS

V.A. Maksimov, PhD in Agricultural Sciences, ORCID: 0000-0002-1584-9491

Yu.A. Lapshin, PhD in Agricultural Sciences, ORCID: 0000-0002-0324-8525

R.I. Zolotareva, Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-3838-0202

R.B. Maksimova, Senior Researcher, ORCID: 0000-0002-0324-8525

Mari Agricultural Research Institute – branch of Federal Agrarian Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Ruem, Republic of Mari El, Russia

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. To increase the productivity of grain crops, farmers of the North-East use adapted resource-saving technologies, in which the level of mineral fertilizer is determined by the dose of the nutrient established empirically. In our experiments, we studied the effect of mineral fertilizer application rates on the productivity of spring triticale varieties. The purpose of the research is to identify the most productive and economically justified options for the application of mineral fertilizers when cultivating varieties of spring triticale on soddy-podzolic soils of the Euro-North-Eastern region of Russia. An assessment of grain productivity and economic efficiency of cultivation of seven varieties is given: Dobroe, KNIISKH 9, KNIISKH 11, KNIISKH 22, Savva, Timur, Rovnya. The research results indicate that in the conditions of the republic, even against an unfertilized background, cultivars of spring triticale provide a grain yield of 2.4 to 3.0 t/ha. The main application of mineral fertilizers $N_{60}P_{60}K_{60}$, $P_{60}K_{60}$ and the application of nitrogen fertilizers to tillering at a dose of N_{30} increase the cost of 1 kg grain by 5–8%, which reduces the profitability of production in the cultivation of varieties. Cultivation of varieties KNIISKH 11, Rovnya, KNIISKH 22, Timur was economically profitable, but less profitable than varieties KNIISKH 9, Savva and Dobroe. The cost of production of a kilogram of grain was 6.7; 7.0; 7.5; 7.8; 5.8; 6.3 and 7.0 rubles respectively for the listed varieties. On fertilized variants, the cost of production decreased to a minimum of 5.5 rubles for the cultivar Dobroe at the main application of $N_{60}P_{60}K_{60}$ and up to 5.9 rubles at the main application of $N_{60}P_{60}K_{60}$ with a nitrogen top dressing N_{30} at the time of tillering. The maximum increase in the cost of production was shown by the variety KNIISKH 22 to 7.3 rubles against the background of the main application of $N_{60}P_{60}K_{60}$ with nitrogen fertilizer N_{30} at the time of tillering.

Keywords: spring triticale, varieties, yield, mineral fertilizers, economics, production cost, profitability

Внесение минеральных удобрений – одно из основных средств, способствующих получению высокой урожайности зерновых культур при условии выполнения всех агротехнических приемов.

Эффективность использования в сельскохозяйственном производстве минеральных и органических удобрений, других средств химизации и биологизации определяется экономическими параметрами,

в частности, условным чистым доходом и уровнем рентабельности. [4] Эти показатели зависят от урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых в севообороте, стоимости полученной продукции и производственных затрат на ее получение. Один из наиболее существенных факторов повышения урожайности и качества зерна – сбалансированное обеспечение растений элементами минерального питания, особенно азотом. [7–9]

Ведущая отрасль сельскохозяйственного производства республики Марий Эл – животноводство. По объективным причинам недостающие для производства животноводческой продукции объемы кормового зерна в республику завозят из других регионов. Исследователи ведут поиск и апробируют новые варианты получения высококачественных зерновых кормов, в частности за счет более активной интродукции культуры тритикале. [11, 13] Современное состояние и развитие сельскохозяйственного производства в зоне рискованного земледелия сопряжено с ускоренным внедрением адаптивных сортов, биологические особенности которых определяют величину урожайности и качество продуцируемого зерна. [1, 2, 5, 12] Дальнейшее увеличение продуктивности тритикале возможно с помощью интенсификации земледелия, предусматривающей наиболее эффективное использование всех факторов, определяющих рост и развитие растений (применение сбалансированных доз минеральных удобрений, внесение их в оптимальные сроки). [14, 15]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на полях Марийского НИИСХ – филиал ФБГНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2020–2021 годах. Объект изучения – семь сортов ярового тритикале. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием гумуса (по Тюрину) 2,2%, общего азота – 0,22%, подвижного фосфора – 272 мг, обменного калия – 134 мг/кг почвы. Гидролитическая кислотность – 1,7 мг-экв./100 г почвы, $pH_{\text{сол.}}$ – 5,81. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной гранулированный суперфосфат и хлористый калий) вносили вручную поделочно под культивацию перед посевом ярового тритикале (табл. 1). Норма высева – 6 млн всх. семян/га.

Закладку полевого опыта и статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову, наблюдения и учеты в полевых экспериментах – по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [3, 10] Экономическую эффективность рассчитывали по методическим рекомендациям, разработанным П. Кокуриным, Н.Н. Прохоровой с учетом фактических затрат. [6] Полученные данные анализировали в программах Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При расчете экономической эффективности возделывания сортов ярового тритикале исходили из сложившейся на потребительском рынке республики средней за 2020–2021 годы реализационной цены кормового зерна (12 руб./кг). За два года ис-

Таблица 1.

Схема опыта: Фактор А – сорта ярового тритикале

Сорт	Организация оригинатор
<i>Доброе</i>	Верхневолжский ФАНЦ, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
<i>КНИИСХ 9</i>	
<i>КНИИСХ 11</i>	
<i>КНИИСХ 22</i>	Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко
<i>Савва</i>	
<i>Тимур</i>	
<i>Ровня(St)*</i>	Верхневолжский ФАНЦ, Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко

Примечание. *Сорт *Ровня* (St) допущен к использованию по Волго-Вятскому региону и принят за стандарт на сортоиспытательных участках Республики Марий Эл.

Фактор В – минеральные удобрения

Вариант	Доза минерального питания
В 1	без удобрений (контроль)
В 2	$N_{30} P_{60} K_{60}$
В 3	$N_{60} P_{60} K_{60}$
В 4	$N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30}$ кушение

пытываемые сорта показали разную продуктивность, себестоимость килограмма кормового зерна и уровень рентабельности его производства (табл. 2).

По результатам экспериментальных полевых исследований отмечена высокая эффективность применения минеральных удобрений на окультуренной дерново-подзолистой почве. На фоне без удобрений урожайность сортов варьировала от 2,4 до 3,0 т/га, в вариантах с применением минерального удобрения – 2,9...3,8 т/га. На не-удобренном фоне сорт *Савва* с урожайностью 3,0 т/га достоверно превысил стандартный сорт на 0,3 т/га (НСР₀₅ – 0,29 т/га). Наибольшая зерновая продуктивность у сортов была в варианте с основным внесением минеральных удобрений – *Савва* (3,6 т/га), *КНИИСХ 9* (3,7), *Доброе* (3,8 т/га). На фоне $N_{60} P_{60} K_{60} + N_{30}$ также отличились сорта *КНИИСХ 9*, *Савва* и *Доброе* – 3,7 т/га, 3,6 и 3,6 т/га соответственно. В варианте с $N_{30} P_{60} K_{60}$ достоверное увеличение урожайности отметили у сортов: *КНИИСХ 9* – 3,4 т/га, *Савва* и *Доброе* – по 3,5 т/га. На фоне с удобрениями урожайность зерна возрастала у сорта *Ровня* на 14...22%, *Савва* – 16...20, *КНИИСХ 9* – 21...32 и *Доброе* – 29...40%.

Высокая цена на минеральные удобрения, а также затраты, связанные с их логистикой и внесением в почву, делает дороже производство кормового зерна, себестоимость которого зависит от количества продукции с 1 га посева. Наименьшее значение этого показателя – у сортов: *Доброе* (от 5,5 на фоне $N_{60} P_{60} K_{60}$ до 7,0 руб. без минерального удобрения), уровень рентабельности – 117...72%; *КНИИСХ 9* (от 5,7 на фоне $N_{60} P_{60} K_{60}$ до 6,7 руб. без минерального удобрения), уровень рентабельности – 111...79%; *Савва* (от 5,8 на фоне $N_{60} P_{60} K_{60}$ до 6,3 руб. без минерального удобрения), рентабельность – 106...91%. Внесение азотной подкормки (N_{30}) дополнительно в фазе кушения увеличивает себестоимость 1 кг зерна на 7,2% у сорта *Доброе* и

Таблица 2.
Продуктивность и экономическая эффективность ярового тритикале в зависимости от сорта и доз внесения удобрений, 2020–2021 годы

сорт	Вариант	Урожайность, т/га	Прибыль, руб./га	Себестоимость производства кг зерна, руб.	Рентабельность, %
	уровень минерального питания				
Ровня, St	Без удобрений	2,7	13,6	7,0	72
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,1	16,3	6,7	78
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,3	18,6	6,4	89
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,3	18,3	6,5	86
Доброе	Без удобрений	2,7	13,6	7,0	72
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,5	21,1	6,0	101
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,8	24,6	5,5	117
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,6	21,9	5,9	103
КНИИСХ 22	Без удобрений	2,5	11,2	7,5	60
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,0	15,1	7,0	72
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,0	15,0	7,0	71
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	2,9	13,5	7,3	63
КНИИСХ 11	Без удобрений	2,8	14,8	6,7	79
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,2	17,5	6,5	84
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,3	18,6	6,4	89
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,2	17,1	6,7	80
КНИИСХ 9	Без удобрений	2,8	23,1	5,8	79
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,4	19,9	6,1	95
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,7	23,4	5,7	111
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,7	23,1	5,8	108
Савва	Без удобрений	3,0	17,2	6,3	91
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,5	21,1	6,0	101
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,6	22,2	5,8	106
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,6	21,9	5,9	103
Тимур	Без удобрений	2,4	10,0	7,8	53
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀		18,7	6,3	89
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,1	16,2	6,8	77
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,4	19,5	6,3	92

Примечание. НСР₀₅ частных различий – 0,61 т/га; НСР₀₅ фактор А – 0,29; НСР₀₅ фактор В – 0,23; НСР₀₅ фактор АВ – 0,23 т/га.

1,7% – КНИИСХ 9 и Савва. Сорта Тимур, КНИИСХ 11, КНИИСХ 22 и Ровня также имели хорошие экономические показатели, только с несколько большей себестоимостью килограмма произведенной продукции и меньшим уровнем рентабельности.

Таким образом, за 2020–2021 годы по результатам экономического анализа самая низкая себестоимость и наибольший уровень рентабельности у сортов КНИИСХ 9, Доброе и Савва во всех вариантах с минеральными удобрениями.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абделькави Р.Н.Ф. Сравнительная характеристика отдельных генотипов яровой тритикале по признакам урожайности и качества зерна / Мат. V Межд. науч.-практ. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 3–6. Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>.

2. Алтынова Н.В., Мефодьев Г.А. Сортовое разнообразие тритикале яровой в Волго-Вятском регионе. Рациональное природопользование и социально экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного использования АПК региона / Мат. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2017. С. 34–39.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 30 (3). С 19–25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27169477>
5. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П. Новый сорт яровой тритикале Савва / Мат. V Межд. науч.-практ. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 81–84. Режим доступа: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>
6. Кокурин Т.П., Прохорова Н.Н. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ // СВ НМЦ РАСХН, типография НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров. 2008. 65 с.
7. Лапшин Ю.А., Новоселов С.И., Данилов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность яровой тритикале в условиях Республики Марий Эл // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (56). С. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
8. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Лапшин Ю.А. Влияние минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых сортов озимой ржи в условиях республики Марий Эл // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
9. Максимов В.А., Золотарёва Р.И., Максимова Р.Б. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65. № 4. С. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй: зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / ред. А.И. Григорьева. М.: Колос, 1989. 194 с.
11. Новоселов С.И., Куклина Т.Е., Гусева О.С. Влияние удобрений на урожайность сортов яровой тритикале в условиях дерново-подзолистых почв Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. Т. 3. № 4 (12). С. 27–31. Режим доступа: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/file.html?id=55>.
12. Рябчун В.К., Мельник В.С., Капустина Т.Б., Щеченко О.Е. Урожайність тритикале ярового та її стабільність залежно від генотипу та умов середовища // Plant varieties and protection. 2016. № 1. С. 37–44. Режим доступа: <http://journal.sops.gov.ua/article/view/61765/57524>.
13. Скатова С.Е. Организация селекции зерновых культур как фактор ее эффективности и конкурентоспособности // Владимирский Земледелец. 2017. № 3 (81). С. 1–5.
14. Kabal S. Gill., Akim T. Omokanye Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle

- Production// Journal of Agricultural Science. 2016. V. 8. V. 10; URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>.
15. Wysokinski A., Kuziemska B. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. // Plant Soil Environ. V. 65. pp. 145–151.
- REFERENCES**
1. Abdel’kavi R.N.F. Sravnitel’naya harakteristika otdel’nyh genotipov yarovoj tritikale po priznakam urozhajnosti i kachestva zerna / Mat. V Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve». Kirov: FANC Severo-Vostoka, 2019. S. 3–6. Rezhim dostupa: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>.
 2. Altynova N.V., Mefod’ev G.A. Sortovoe raznoobrazie tritikale yarovoj v Volgo-Vyatskom regione. Racional’noe prirodopol’zovanie i social’no ekonomicheskoe razvitiye sel’skih territorij kak osnova effektivnogo ispol’zovaniya APK regiona / Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. Cheboksary: Chuvashskaya GSKHA, 2017. S. 34–39.
 3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul’tatov issledovanij. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
 4. Kiryushin V.I. Mineral’nye udobreniya kak klyuchevoj faktor razvitiya sel’skogo hozyajstva i optimizacii prirodopol’zovaniya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 30 (3). S. 19–25. Rezhim dostupa: <https://www.elibrary.ru/item/asp?Id=27169477>
 5. Kovtunenkov V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysh A.P. Novyj sort yarovoj tritikale Savva / Mat. V Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve». Kirov: FANC Severo-Vostoka, 2019. S. 81–84. Rezhim dostupa: <http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2020-g.html>
 6. Kokurin T.P., Prohorova N.N. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispol’zovaniya v sel’skom hozyajstve rezul’tatov nauchno-issledovatel’skih rabot dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti RF // SV NMC RASKHN, tipografiya NIISKH Severo-Vostoka im. N.V. Rudnickogo, Kirov. 2008. 65 s.
 7. Lapshin Yu.A., Novoselov S.I., Danilov A.V. Vliyanie mineral’nyh udobrenij na produktivnost’ yarovogo tritikale v usloviyah Respubliki Marij El // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (56). S. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-1307.
 8. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Lapshin Yu.A. Vliyanie mineral’nyh udobrenij na ekonomicheskie pokazateli vzdelyvaemyh sortov ozimoy rzhi v usloviyah respubliky Marij El // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 4 (70). S. 27–30. DOI: 10.31367/2079-8725.
 9. Maksimov V.A., Zolotaryova R.I., Maksimova R.B. Vliyanie raznyh doz azotnoj podkormki na zernovuyu i kormovuyu produktivnost’ sortov ozimoy rzhi v usloviyah Respubliki Marij El // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. T. 65. № 4. S. 36–41. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41.
 10. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel’skohozyajstvennyh kul’tur. Vypusk vtoroj: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul’tury / red. A.I. Grigor’eva. M.: Kolos, 1989. 194 s.
 11. Novoselov S.I., Kuklina T.E., Guseva O.S. Vliyanie udobrenij na urozhajnost’ sortov yarovoj tritikale v usloviyah dornovo-podzolistykh pochv Respubliki Marij El // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel’skohozyajstvennyye nauki. Ekonomicheskie nauki». 2017. T. 3. № 4 (12). S. 27–31. Rezhim dostupa: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/file.html?id=55>.
 12. Ryabchun V.K., Mel’nik V.S., Kapustina T.B., Shchechenko O.E. Urozhajnist’ tritikale yarovogo ta ii stabil’nist’ zalezjno vid genotipu ta umov seredovishcha // Plant varieties and protection. 2016. № 1. S. 37–44. Rezhim dostupa: <http://journal.sops.gov.ua/article/view/61765/57524>.
 13. Skatova S.E. Organizaciya selekcii zernovyh kul’tur kak faktor ee effektivnosti i konkurentosposobnosti // Vladimirskij Zemledec. 2017. № 3 (81). S. 1–5.
 14. Kabal S. Gill., Akim T. Omokanye Spring Triticale Varieties Yield, Nutrients Composition and Suitability for Beef Cattle Production// Journal of Agricultural Science. 2016. V. 8. V. 10; URL: <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n10p1>.
 15. Wysokinski A., Kuziemska V. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. // Plant Soil Environ. V. 65. pp. 145–151.

УДК 631.81:633.11

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43, EDN: KDUHLR

ВЛИЯНИЕ БИОПОЛИМЕРНОЙ МОДИФИКАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ*

Ибрагим Мусаевич Бамагов¹, кандидат биологических наук

Кирилл Александрович Перевергин¹, доктор биологических наук

Шаарани Мусаевич Абасов², кандидат сельскохозяйственных наук

Салман Магомедович Хамурзаев³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФИЦ «Почвенный институт им В.В. Докучаева», г. Москва, Россия

²Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

³Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, г. Грозный, Чеченская Республика, Россия

E-mail: salman-x1959@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние минеральных удобрений, модифицированных биополимером (поливиниловый спирт), на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, а также агрохимический состав почвы. Обогащение традиционных минеральных

* Исследования проводили в рамках реализации договора РНФ № 22-16-00092 / The research was carried out within the framework of the implementation of the RNF Agreement No. 22-16-00092.

удобрений органическими веществами повышают их эффективность. Улучшаются рост и развитие растений, а также агроэкологические почвенные параметры. Исследования проводили в 2022 году на опытном поле ФГБНУ «Чеченский НИИ-ИСХ». Цель работы – определить влияние минерального удобрения, обогащенного биополимерным веществом, на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы, сохранение и воспроизводство элементов почвенного плодородия. Внесение ранней весной азофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$) привело к существенным изменениям в структуре растений и химическом составе почвы. Максимальная урожайность зерна – 5,6 т/га (на 22% больше контроля) была получена в варианте, где закрепление биополимера в удобрении проводили лимонной кислотой. В этом же варианте выявлено относительно высокое содержание белка (14,8%) и клейковины (28,3%). Применение азофоски, обогащенной биополимером, обеспечило повышение в почве элементов питания (аммонийный азот, фосфор и калий) на первом и втором этапах. К фазе колошения запасы азота в почве возросли до 39,4 и 50,9 мг/кг, превысив контроль на 35–74% соответственно.

Ключевые слова: модификация системы удобрения, биополимер, поливиниловый спирт, органический компонент, агрохимические параметры, продуктивность растений

THE INFLUENCE OF BIOPOLYMER MODIFICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE WINTER WHEAT GRAIN PRODUCTIVITY AND THE MAIN ELEMENTS OF SOIL FERTILITY

I.M. Bamatov¹, *PhD in Biological Sciences*

K.A. Perevertin¹, *Grand PhD in Biological Sciences*

Sh.M. Abasov², *PhD in Agricultural Sciences*

S.M. Khamurzaev³, *PhD in Agricultural Sciences*

¹FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia

²Chechen Research Institute of Agriculture, Grozny, Chechen Republic, Russia

³A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, Chechen Republic, Russia

E-mail: salman-x1959@mail.ru

Abstract. *The influence of mineral fertilizers modified with a biopolymer (corn starch) on the yield and quality of winter wheat grain, as well as the agrochemical composition of the soil, has been studied. The existing developments of enriching existing traditional mineral fertilizers with organic substances are relevant and clearly indicate an effective increase in the efficiency of fertilizers in improving the growth and development of winter wheat, as well as improving agroecological soil parameters. The research was conducted in 2022 at the experimental field of the FGBNU "Chechen Research Institute". The aim is to determine the effect of fertilizing wheat with mineral fertilizer enriched with biopolymer substance (corn starch) on the productivity and quality of winter wheat grain, preservation and reproduction of soil fertility elements. As a result of the research, it was revealed: the fertilization of winter wheat in early spring with azofoska ($N16P16K16$), provided significant changes in the structure of plants and in the chemical composition of the soil. The maximum grain yield of 5.6 t/ha (22% more than the control) was obtained in the variant where the fixation of the biopolymer in the fertilizer was carried out with citric acid. In the same variant, a relatively high protein content of 14.8% and an increased gluten content of 28.3% were revealed. The use of azofoska enriched with biopolymer provided a significant increase in the soil of nutrients (ammonium nitrogen, phosphorus and potassium) in the first and second stages. By the earing period, nitrogen reserves in the soil increased to the level of 39.4 and 50.9 mg/kg, exceeding the reference control by 35–74%, respectively.*

Keywords: *modification of the fertilizer system, biopolymer, starch, organic component, agrochemical parameters, plant productivity*

Почва функционирует как эффективная агроэко-система при наличии оптимального соотношения основных компонентов – минерального, органического и микробиологического. Интегральным параметром почвенного плодородия принято считать ее биологическую активность. [1] Последнее достигается повышением коэффициента использования элементов питания благодаря биогенным элементам, в частности углерода, участвующего в образовании органоминеральных соединений.

Наиболее распространенные приемы повышения органического вещества в почве – внесение удобрений и использование сидеральных культур. Для защиты гумуса почвы от разрушения необходимо внесение свежего органического вещества. [2] Навоз и сидерат оказывают на почву положительное воздействие и последствие даже при резком недостатке атмосферных осадков. [3] Сидераты стабилизируют и улучшают фитосанитарное состояние посевов и увеличивают урожайность полевых культур. [4]

Внесение органических удобрений не всегда окупается прибавками урожая. В Алтайском крае при использовании под озимую пшеницу минеральных удобрений, урожайность увеличилась на 1,5 т/га, а после дополнительно внесенных 30 т органики – всего на 0,15 т/га. [5] В другом случае, использование сидератов привело к повышению токсичности почвы на 9,3%. [6]

Долгое время удобрения модифицировали, включая в состав недостающие макро-, мезо- и микроэлементы. Для модернизации удобрений сельскохозяйственных культур пригодны полимерные вещества как альтернативные источники углеводов.

Исследования, проведенные в Волгоградском ГАУ с использованием полимерного гидрогеля (химическое соединение с минеральными удобрениями), показали его положительное воздействие на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы. [7] Это доказывает, что органический компонент, внедренный в структуру минерального удобрения, – один из важнейших стимуляторов в формировании полноценного качественного урожая.

Цель работы – определить влияние минерального удобрения, модифицированного биополимерным веществом (поливиниловый спирт) на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы, сохранение и воспроизводство плодородия черноземов, уменьшение энергоресурсных затрат в сельскохозяйственном производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве биополимерного вещества, как углеводного источника использовали поливиниловый спирт, состоящий из полисахаридов амилозы и амилопектина, мономер которых – альфа-глюкоза.

Работу выполняли в 2022 году на опытном поле ФГБНУ «Чеченский НИИСХ». Объект исследования – озимая пшеница сорта *Безостая 100*. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, содержание гумуса – 3,5%, рН – 6,9. Обеспеченность фосфором и азотом средняя, калием – высокая.

Использовали комплексное минеральное удобрение азофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$) – 200 кг/га. Биополимер наносили методом опудривания с предварительным увлажнением гранул водой или лимонной кислотой и закрепляли в микроволновой печи. Норма расхода биополимера – 5 кг/т удобрения. Учетная площадь делянок – 25 м², повторность – четырехкратная.

Схема опыта: 1) контроль без подкормки; 2) подкормка NPK; 3) подкормка NPK+ биополимер с водой; 4) NPK+ биополимер с лимонной кислотой.

Для агрохимического анализа отбирали образцы почвы перед внесением удобрения, в фазе кущения и колошения пшеницы.

Влияние биополимерной модификации удобрений оценивали по изменениям структуры и качества урожая, а также агрохимических почвенных параметров в динамике: $N-NO_3$; $N-NH_4$; PO_5 ; K_2O .

Агрохимические анализы почвы проводили в лабораториях ООО «Агрохимия» и МУП «Агропромышленный Бизнес-Инкубатор» КБР методом спектроскопии в ближней инфракрасной области с применением анализатора ИНФРАСКАН – 105. ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия.

Подвижные соединения фосфора и калия определяли по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), нитраты – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), обменный аммоний – по ЦИНАО (ГОСТ 26489-85).

Погодно-климатические условия в течение вегетационного периода 2022 года удовлетворяли потребностям озимой пшеницы, в результате был сформирован хороший урожай.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Растениям озимой пшеницы необходима высокая обеспеченность почвы элементами питания на протяжении всего периода вегетации. Подкормка ранней весной азофоской ($N_{16}P_{16}K_{16}$) обеспечила существенные изменения в структуре растений. Агрохимические показатели свидетельствовали о значительном повышении количества элементов питания в вариантах с удобрениями. Посевы пшеницы отличались от контроля темно-зеленым цветом, большим кущением и усилением роста.

Таблица 1.
Агрохимические параметры почвы
в зависимости от применения модифицированных удобрений,
мг/кг

Вариант	Перед внесением удобрений	Кущение пшеницы	Колошение пшеницы
Нитраты			
Контроль		5,3	2,6
1. NPK		6,8	3,1
2. NPK+биополимер (с водой)	6,4	7,0	3,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		8,5	3,0
Обменный аммоний			
Контроль		23,6	24,1
1. NPK		24,4	26,6
2. NPK+биополимер (с водой)	11,3	24,7	36,0
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		25,3	47,9
Минеральный азот			
Контроль		28,9	26,7
1. NPK		31,2	29,7
2. NPK+биополимер (с водой)	17,7	31,7	39,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		33,8	50,9
P_2O_5			
Контроль		34,0	30,5
1. NPK		33,9	30,5
2. NPK+биополимер (с водой)	28,7	42,5	36,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		33,7	28,8
K_2O			
Контроль		285,2	163,4
1. NPK		277,1	153,2
2. NPK+биополимер (с водой)	169,5	325,5	170,1
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)		297,6	146,0

Азот – один из главных элементов минерального питания растений. Он входит в состав белковых веществ всех ферментов и образующих основу протоплазмы клетки. Общее содержание азота свидетельствует о потенциальном плодородии почвы, а количество минеральных соединений – степени интенсивности биохимических процессов в ней.

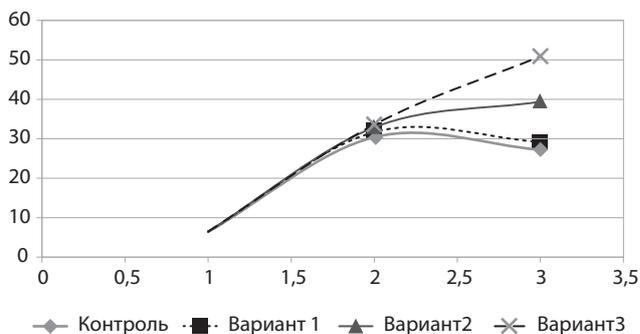


Рис. 1. Динамика содержания минерального азота в почве в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

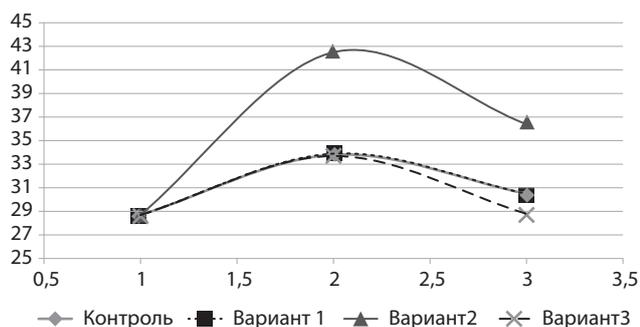


Рис.2. Динамика содержания в почве подвижного фосфора в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

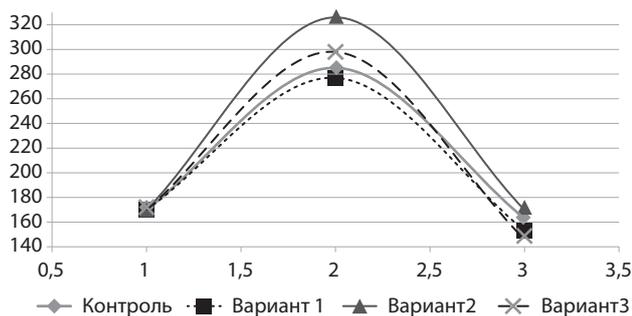


Рис.3. Динамика содержания в почве подвижного калия в зависимости от применения модифицированных биополимерами удобрений, мг/кг.

Учитывая, что к середине вегетации пшеницей потребляется уже 30...35% минеральных веществ, создание условий по обеспечению растений на дальнейший период развития – приоритетная задача в области агрохимии.

Особенность нитратного азота – увеличение его количества на начальном этапе до 35...60% в удобренных биополимерами вариантах относительно контроля (табл.1).

К периоду колошения запасы нитратов в почве снизились наполовину, содержание аммонийного азота увеличилось почти вдвое уже на первом этапе, на втором прибавка азота составила 11,3...22,6 мг/кг только в вариантах 2 и 3. Количество обменного аммония в вариантах с применением модифицированного удобрения превысило контроль на 35...78%.

Изменение содержания минерального азота в почве под действием биополимера свидетельствует о положительном влиянии удобрения на микробиологическую активность (рис. 1).

Концентрация минерального азота в почве возросла к периоду кущения во всех вариантах до 32 мг/кг, к фазе колошения она заметно увеличилась в вариантах 2 и 3 – 39,4 и 50,9 мг/кг, превысив контроль соответственно на 35 и 74%. Разница между двумя вариантами (39%) – результат способа модификации удобрения: 2 – использование воды; 3 – лимонной кислоты.

Потребность растений в фосфоре ниже, чем азоте и калии. Но он имеет решающее значение для быстрого роста и стабильного развития растений, отвечая за хранение, перенос энергии и передачу генетического материала. В период кущения пшеницы запас подвижного фосфора в варианте 2 превысил остальные на четверть. К периоду колошения концентрация фосфора уменьшилась на 10...12% во всех вариантах и приобрела стабильность, но во 2-м была выше на 19% (рис. 2).

Калий принимает участие в процессах переноса ассимилянтов, активизации многих ферментов, регулировании водного режима растений.

Содержание подвижного калия на первом этапе увеличилось на 68...91% по сравнению с контролем. К периоду колошения пшеницы его осталось 49...57%. Максимальное количество калия в течение вегетации было в варианте 2: первый этап – 325, второй – 170 мг/кг (рис. 3).

Результаты исследований посевов озимой пшеницы свидетельствуют, что модификация минеральных удобрений положительно отразилась на изменениях элементов структуры урожая.

Использование биополимера в питании растений способствовало усилению кущения и формированию большего числа продуктивных побегов (табл. 2). В опытных вариантах (2 и 3) количество побегов в среднем превысило контроль на 18%, при немодифицированном удобрении (1) – всего на 8%.

В вариантах 2 и 3 число стеблей увеличилось на 66...68 шт/м², на 11% больше, чем в 1-м.

Максимальная урожайность зерна (5,6 т/га) получена в варианте 3, где закрепление биополимера проводили лимонной кислотой. Прибавка урожайности по отношению к варианту 1 составила 22%. На прибавку урожайности в удобренных вариантах повлияло повышение массы 1000 зерен на 1,6...2,3 г. Корреляционная зависимость между продуктивностью пшеницы и массой 1000 зерен равна 0,46.

Анализ качественного состава зерна пшеницы, проведенный в период уборки, выявил тенденцию повышения показателей содержания белка и клейковины с применением удобрений, в особенности обогащенных полимером. Относительно высокое содержание белка (14,8%) и повышенное клейко-

Таблица 2.

Элементы структуры и качества зерна озимой пшеницы в зависимости от использования биополимеров

Вариант	Количество побегов, шт/м ²	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Клейковина, %	Масса зерна, г/м ²	Урожайность, т/га
Контроль	480	31,3	12,1	26,1	388	3,9
1. NPK	519	34,2	12,5	26,3	457	4,6
2. NPK+биополимер (с водой)	585	35,8	13,7	27,6	543	5,4
3. NPK+биополимер (с лимонной кислотой)	587	36,5	14,8	28,3	558	5,6
НСР ₀₅						0,34

вины (28,3%) было в варианте 3. Улучшение данных показателей в процентном отношении к варианту 1 составило 18 и 8 соответственно.

Таким образом, включение в систему минерального удобрения биополимерных соединений, в частности поливинилового спирта, отвечает запросам современной отрасли растениеводства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Занилов А.Х., Шилова Е.П. Инновационные приемы повышения эффективности минерального питания растений: метод. рек. М.: ФГБНУ «Росинформаагротех», 2017. 132 с.
2. Линков С.А., Кузнецова Л.Н., Акинчин А.В. Изменение токсичности и микробиологической активности почвы под влиянием сидеральных культур и способов их заделки. // Инновации в АПК: Проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). с. 108–115.
3. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: Изд-во ВНИИА, 2012. 512 с.
4. Лошаков В.Г., Синих Ю.Н., Солдатова С.С. Роль поживной сидерации в биологизации / Доклады ТСХА. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2010. С. 313–317.
5. Тибирьков А.П., Филин В.И. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2012. № 3 (27). С. 1–5.
6. Черников В.А. Изменение гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // Плодородие. 2002. № 4 (7). С. 35–36
7. Шабаяев А.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья // Земледелие. 2009. № 4. С. 13–15.
8. Эллерт Д.Ю., Райхерт Е.В. Накопление нитратов в растениях и качество озимой пшеницы при систематическом

использовании удобрений в условиях Топчихинского района Алтайского края // Известия Алтайского государственного университета. Серия: Биологические науки. Науки о Земле. Химия. 2014. № 3/1 (83). С. 110–113.

REFERENCES

1. Zanirov A.H., Shilova E.P. Innovacionnye priemy povysheniya effektivnosti mineral'nogo pitaniya rastenij: metod. rek. M.: FGBNU "Rosinformaagrotekh", 2017. 132 s.
2. Linkov S.A., Kuznecova L.N., Akinchin A.V. Izmenenie toksichnosti i mikrobiologicheskoj aktivnosti pochvy pod vliyaniem sideral'nyh kul'tur i sposobov ih zadelki. // Innovacii v APK: Problemy i perspektivy. 2017. № 3 (15). s. 108–115.
3. Loshakov V.G. Sevooborot i plodorodie pochvy. M.: Izdvo VNIIA, 2012. 512 s.
4. Loshakov V.G., Sinih Yu.N., Soldatova S.S. Rol' pozhivnoj sideracii v biologizacii / Doklady TSKHA. M.: Izdatel'stvo RGAU-MSKHA, 2010. S. 313–317.
5. Tibir'kov A.P., Filin V.I. Vliyanie polimernogo gidrogelya i uslovij mineral'nogo pitaniya na urozhaj i kachestvo zerna ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2012. № 3 (27). S. 1–5.
6. Chernikov V.A. Izmenenie gumusovyh soedinenij pochvy v dlitel'nom stacionarnom opyte TSKHA // Plodorodie. 2002. № 4 (7). S. 35–36
7. Shabaev A.I. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdevlyvaniya ozimoy pshenicy v agrolandshaftah Povolzh'ya // Zemledelie. 2009. № 4. S. 13–15.
8. Ellert D.Yu., Rajhert E.V. Nakoplenie nitratov v rasteniyah i kachestvo ozimoy pshenicy pri sistematicheskom ispol'zovanii udobrenij v usloviyah Topchihinskogo rajona Altajskogo kraja // Izvestiya Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie nauki. Nauki o Zemle. Himiya. 2014. № 3/1 (83). S. 110–113.

УДК 576.54

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/43-46, EDN: KDJKZU

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ФОРМ БАТАТА (*IPOMOEA BATATAS* L.) К ГИПОТЕРМИЧЕСКОМУ СТРЕССУ*

Елена Анатольевна Калашникова¹, доктор биологических наук, профессор, ORCID: 0000-0002-2655-1789

Рима Нориковна Киракосян¹, кандидат биологических наук, ORCID: 0000-0002-5244-4311

Светлана Михайловна Зайцева¹, кандидат биологических наук, ORCID: 0000-0001-9137-3774

Антон Вадимович Сумин¹, ассистент, ORCID: 0000-0003-4929-1796

Халид Геланиевич Абубакаров¹, аспирант

Анастасия Андреевна Десятерик¹, студент, ORCID: 0000-0003-3045-8023

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова², доктор биологических наук, профессор, ORCID: 0000-0001-9824-6364

Ольга Викторовна Мелешина², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. Исследования по клеточной селекции батата (*Ipomoea batatas* L.) на устойчивость к гипотермическому стрессу в России и мире ранее не проводили. Цель – разработать технологию *in vitro* получения устойчивых форм растений бата-

* Работа выполнена при поддержке Министерства сельского хозяйства в рамках выполнения научно-технического задания на 2022 год / The work was carried out with the support of the Ministry of Agriculture as part of the implementation of the scientific and technical task for 2022.

та к положительным низким температурам. Объект изучения — клубнеплоды батата сорта Джевел (*Jewel*). Первичным эксплантом служили молодые листья, изолированные с асептических растений, которые культивировали на питательной среде, содержащей минеральные соли по прописи МС, а также НУК в концентрации 1 мг/л в сочетании с БАП 0,5 мг/л. В этих условиях формировалась каллусная ткань, которая в дальнейшем была использована в клеточной селекции. Каллусы выращивали в термостате при температуре 14°C в течение 30 суток. Установлено, что присутствие препаратов Мивал или Крезацин в концентрации 150 мг/л в составе питательной среды положительно влияет на жизнеспособность каллусной культуры при гипотермическом стрессе (14°C). В этих вариантах жизнеспособность клеток составила 56,1...68,5%, а в контрольном — 3,5—4,2%. Из устойчивых клеточных культур получены растения-регенранты батата.

Ключевые слова: культура *in vitro*, батат, клеточная селекция, холодоустойчивость, микроклоны

BIOTECHNOLOGICAL METHODS FOR OBTAINING SWEET POTATO (*IPOMOEA BATATAS* (L.) FORMS RESISTANT TO HYPOTHERMIC STRESS RESISTANCE

E.A. Kalashnikova¹, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*

R.N. Kirakosyan¹, *PhD in Biological Sciences*

S.M. Zaitseva¹, *PhD in Biological Sciences*

A.V. Sumin¹, *assistant*

H.G. Abubakarov¹, *postgraduate student*

A.A. Desyaterik¹, *student*

S.K. Temirbekova², *Grand PhD in Sciences, Professor*

O.V. Meleshina², *PhD in Agrocultural Sciences*

¹Russian State Agrarian University — MTAA, Moscow, Russia

²Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, Russia

E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. The creation of new forms, hybrids and varieties of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.)) resistant to hypothermic stress is an urgent area of research. Studies on the cell selection of sweet potatoes for resistance to this stress have not been conducted in Russia and the world before. The aim of the work is to develop *in vitro* technology for obtaining resistant forms of sweet potato plants to positive low temperatures. The object of the study was sweet potato tubers of the Jewel variety. The primary explant was young leaves isolated from aseptic plants, which were cultivated on a nutrient medium containing mineral salts according to the MS recipe, as well as NAA at a concentration of 1 mg/l in combination with BAP 0.5 mg/l. Under these conditions, callus tissue was formed, which was later used in cell selection. The callus was grown in a thermostat at 14°C for 30 days. It was found that the presence of Mival or Crezacin preparations at a concentration of 150 mg/l in the nutrient medium has a significant positive effect on the viability of the callus culture under hypothermic stress (14°C). In these variants, cell viability was 56.1...68.5%, and in the control variant — 3.5...4.2%. Yam regenerant plants were obtained from stable cell cultures.

Keywords: *in vitro* culture, sweet potato, cell selection, cold resistance, microclones

Современное развитие экономики Российской Федерации страны связано с импортозамещением. Необходимо пересмотреть системы управления производством и получать свою конкурентоспособную продукцию высокого качества.

Одно из направлений научных исследований — создание новых форм, гибридов и сортов сельскохозяйственных растений с повышенной продуктивностью, а также устойчивостью к различным стрессовым факторам окружающей среды. [2] Особый интерес представляет работа, направленная на получение растений с высоким биосинтетическим потенциалом накапливать минеральные и органические соединения, витамины, вещества фенольной природы и другие, оказывающие благоприятное действие на организм человека и животных. [4, 6] Вторичные соединения, обладающие сладким вкусом, принадлежат к разным химическим классам, например, лактонам и фенолам, флавоноидам, терпеноидам и сапонидам, а также белкам. Только несколько натуральных молекул (глициризин, стевиол) широко применяют из-за трудоемкости культивирования (растениям требуются особые условия для их роста) или отсутствия простых методов для выделения соединений.

Наиболее перспективная область развития пищевой промышленности — производство продуктов питания функционального и диетического назначения, в состав которых входят пищевые волокна, антиоксиданты, пребиотики. Потребление таких продуктов в России составляет примерно 1400 т/г. Внимание ученых привлекают растения, способные образовывать в тканях инулин — природный полисахарид не имеющий синтетических аналогов. Он содержится более чем в 3000 растений, преимущественно в их корнях и клубнях. Актуальным направлением исследований остается поиск альтернативных источников инулина.

Батат (*Ipomoea batatas* L.) — сельскохозяйственная культура, в корнеплодах которой содержится инулин. В мире возделывают около 6000 сортов батата. [5] В Российской Федерации сладкий картофель выращивают в регионах с жарким климатом, так как при 14°C замедляется рост зеленой биомассы растения, 10°C — полностью останавливается обмен веществ, и формирование клубнеплодов прекращается. Поэтому стоит задача получения толерантных к низкотемпературному стрессу растений батата для расширения районов его возделывания в РФ.

Клеточная селекция *in vitro* – наиболее перспективный метод биотехнологии в создании новых форм растений, обладающих устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам окружающей среды. [2] Исследований по клеточной селекции *in vitro* батата к действию низких положительных температур не было.

Цель работы – провести клеточную селекцию батата на устойчивость к гипотермическому стрессу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Получение стерильной культуры. Объект исследования – клубнеплоды батата сорта *Джевел* (*Jewel*). Сорт привезен в Россию из США, выведен селекционерами университета Северной Каролины. Кожура имеет оранжевый цвет, мякоть – интенсивно-оранжевая, вкус – сладкий, консистенция – влажная. Сорт средне-ранний.

В качестве первичных эксплантов использовали молодые проростки, изолированные с клубнеплодов батата. Работу выполняли в стерильных условиях по методическим рекомендациям, разработанным на кафедре биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. [3]

Для получения стерильного растительного материала применяли ступенчатую стерилизацию: 1) проростки стерилизовали в 70% спирте в течение 40 сек.; 2) промывали стерильной дистиллированной водой три раза; 3) помещали в 0,1% раствор сулемы ($HgCl_2$) на 8 мин.; 4) промывали в стерильной дистиллированной воде; 5) помещали на безгормональную питательную среду, содержащую $\frac{1}{2}$ минеральных солей по прописи Мурасиге-Скуга (МС), 3% сахарозы и 0,7% агара. [7] рН среды – 5,5...5,8.

Каллусную ткань получали из сегментов листовых пластинок, изолированных с асептических растений батата. Листья культивировали на питательной среде, содержащей минеральные соли по прописи МС, а также ауксин НУК в концентрации 1 мг/л в сочетании с БАП 0,5 мг/л. Каллусную ткань пересаживали один раз в четыре недели. При этом учитывали интенсивность образования каллуса, его консистенцию и цвет.

Каллусную ткань выращивали в световой комнате, при температуре 22...24°C, фотопериодом 16 ч и освещении белыми люминесцентными лампами OSRAM AG 36/25 с (интенсивность – 3 тыс. лк, плотность потока фотонов (ППФ) – 150...180 мкмоль/м²·сек.).

Локализацию фенольных соединений изучали в листьях асептических микроклонов батата, используя гистохимический метод с окрашиванием материала 0,08% раствором реактива Fast Blue. [8] Препараты просматривали с помощью светового микроскопа Karl Zeiss.

Клеточную селекцию *in vitro* проводили на хорошо пролиферирующей каллусной ткани. В качестве адаптагена использовали препараты Мивал Крезацин в концентрации 150 мг/л. Контроль – питательная среда без препаратов. Каллусную ткань контрольного и опытных вариантов выращивали в термостате при температуре 14°C и световой комнате (23°C) в течение 30 сут.

Для характеристики каллусной ткани определяли индекс роста (I) и удельную скорость роста (μ) по формулам:

$$I = \frac{X_{\max} - X_0}{X_0}, \quad \mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1},$$

где X_{\max} и X_0 – максимальное и начальное значения массы каллусной ткани, мг, X_2 и X_1 – масса каллусной ткани (мг) в момент времени t_2 и t_1 , сут. соответственно.

Исследования проводили в двух аналитических и десяти биологических повторностях. Результаты статистически обрабатывали в программах MS Excel и AGROS (версия 2.11, Россия). Данные в таблицах представлены в виде средней арифметической со стандартной ошибкой ($M \pm mM$). Оценивали различия выборочных средних при значении доверительной вероятности 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения на первом этапе клеточной селекции хорошо пролиферирующей каллусной ткани использовали питательную среду, определенную нами ранее экспериментальным путем. [4] При культивировании листовых эксплантов на оптимизированной питательной среде образование каллусной ткани наблюдали в местах среза и ранений первичного экспланта. Начало каллусогенеза отмечено на 12...15 сут. с начала культивирования и, как правило, каллусная ткань формировалась средней плотности, светло-желтого цвета из мезофилла листовой пластинки, располагающейся между центральной и боковых жилок (рис. 1 а, б, 2-я стр. обл.). Образование каллусной ткани в определенных местах зависело от наличия фенольных соединений и их локализации в первичных листовых пластинках. Нами показано, что фенольные соединения образуются и локализируются в большей степени в покровных и проводящих тканях, а также присутствуют в клетках паренхимы (рис. 1 в, г, 2-я стр. обл.).

Полученная каллусная ткань была размножена путем пересадки ее на свежую питательную среду в течение трех пассажей. Она характеризовалась высокими индексом роста (I) – 2,24 и удельной скоростью роста (μ) – 0,04 и в дальнейшем была использована в исследованиях по клеточной селекции батата на устойчивость к низким положительным температурам.

В качестве адаптогена в состав питательной среды добавляли препараты Мивал и Крезацин в концентрации 150 мг/л (табл. 1), так как доказано их положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур: пшеница, овес, шпинат, картофель и другие, выращиваемые в нормальных и стрессовых условиях. [1] Один из основных компонентов препаратов – кремний, который выступает в роли активатора физиологических процессов в клетке, облегчает выброс шлаков и ускоряет процессы метаболизма, обеспечивает функциональную активацию клеточных органелл. Кремний способствует образованию соединений, которые связывают

Морфометрические характеристики каллусной ткани батата, культивируемой в разных температурных условиях

Вариант	Жизнеспособность, %	Цвет	Индекс роста (I)	Удельная скорость роста (m)
14°C				
Контроль	3,5...4,2	Коричневый	0	0
Мивал	68,5±2,0	Светло-желтый	1,61	0,02
Крезацин	56,1±3,1	Светло-желтый	1,03	0,01
23°C				
Контроль	97,2...100	Светло-желтый	2,24	0,04
Мивал	100	Светло-желтый	2,61	0,05
Крезацин	100	Светло-желтый	2,23	0,04

свободную воду в клетке, повышая ее водоудерживающую способность. Таким образом, кремний препятствует образованию кристаллов льда при заморозке и испарению воды при высокой температуре в засуху.

Экспериментально установлено, что изучаемые препараты существенно влияют на жизнеспособность каллусной культуры (56,1...68,5%) в условиях гипотермического стресса (14°C), в контрольном варианте этот показатель не превышал 3,5...4,2%. В каллусной ткани образовывались некротические участки, что приводило к частичной или полной гибели ткани (рис. 2, 2-я стр. обл.).

При стандартных режимах выращивания каллусной ткани (23°C) влияние препаратов не было существенным. Во всех вариантах наблюдали активную пролиферацию клеток, что подтверждается высоким индексом роста (I). Препарат Мивал оказал стимулирующий эффект на рост каллусных культур, а действие препарата Крезацин достоверно не отличалось от контрольного варианта.

Каллусные культуры после гипотермического стресса были перенесены на питательные среды для регенерации. В качестве индуктора морфогенеза использовали цитокинин БАП в концентрации 1 мг/л в сочетании с ауксином ИУК 0,5 мг/л. В результате получено 43 растения, у которых формировались мелкие листья, отмечен слабый рост побегов, но образовывалась мощная корневая система (рис. 2 г, 2-я стр. обл.). Полученные после клеточной селекции растения можно использовать в качестве исходного материала для включения их в процесс классической селекции по созданию новых сортов батата устойчивых к положительным пониженным температурам.

Таким образом, были определены условия для проведения клеточной селекции, обеспечивающие получение с высокой эффективностью растения батата устойчивые к гипотермическому стрессу. Это позволит расширить ареал возделывания культуры, в частности, выращивать в Московской области.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воронков, М.Г., Расулов М.М. Трекрезан – родоначальник нового класса адаптогенов и иммуномодуляторов (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2007. № 41 (1). С. 3–7.
2. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений: учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт, 2020. 333 с.
3. Калашникова Е.А., Чередниченко М.Ю., Киракосян Р.Н. и др. Лабораторный практикум по культуре клеток и тканей. М.: КноРус, 2017. 163 с.
4. Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н., Десятерик А.А. Роль светового режима в регулировании продукционного процесса растений в системе интенсивного культивирования *in vitro* // Естественные и технические науки. 2021. № 5 (156). С. 58–63.
5. Alam M.K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): Revisiting the associated health benefits // Trends in Food Science & Technology. 2021. V. 115. P. 512–529.
6. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. // Br. J. Nutr. 2002. V. 87. S. 287–291.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. // Physiol. Plant. 1962. V. 15. P. 473–497.
8. Soukupova J., Cvikrova M., Albrechtova J. et al. Histochemical and Biochemical Approaches to the Study of Phenolic Compounds and Peroxidases in Needles of Norway Spruce (*Picea abies*) // New Phytol. 2000. V. 146. P. 403–414.

REFERENCES

1. Voronkov, M.G., Rasulov M.M. Trekrezan – rodonachal'nik novogo klassa adaptogenov i immunomodulyatorov (obzor) // Himiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2007. № 41 (1). S. 3–7.
2. Kalashnikova E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij: uchebnik i praktikum dlya vuzov. M.: Yurajt, 2020. 333 s.
3. Kalashnikova E.A., Cherednichenko M.Yu., Kirakosyan R.N. i dr. Laboratornyj praktikum po kul'ture kletok i tkanej. M.: KnoRus, 2017. 163 s.
4. Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N., Desyaterik A.A. Rol' svetovogo rezhima v regulirovanii produkcionnogo processa rastenij v sisteme intensivnogo kul'tivirovaniya *in vitro* // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2021. № 5 (156). S. 58–63.
5. Alam M.K. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam): Revisiting the associated health benefits // Trends in Food Science & Technology. 2021. V. 115. P. 512–529.
6. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. // Br. J. Nutr. 2002. V. 87. S. 287–291.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. // Physiol. Plant. 1962. V. 15. P. 473–497.
8. Soukupova J., Cvikrova M., Albrechtova J. et al. Histochemical and Biochemical Approaches to the Study of Phenolic Compounds and Peroxidases in Needles of Norway Spruce (*Picea abies*) // New Phytol. 2000. V. 146. P. 403–414.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ*

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Лариса Анатольевна Кузнецова, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Валентиновна Николаева, кандидат сельскохозяйственных наук

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований Карельского научного центра
Российской академии наук, п. Новая Вилга, Республика Карелия, Россия

E-mail: levstratova@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты изучения урожайности и поражаемости посадочного материала картофеля комплексом болезней (ризоктониоз, парша обыкновенная, парша серебристая) семи интродуцированных сортов среднеранней (Иноватор, Сильвия, Моцарт, Кураж) и среднепоздней (Сифра, Сатурна, Астерикс) групп спелости по сравнению с районированными (Невский и Луговской соответственно). Для выявления основных переменных и определения однородности сортов по изученным параметрам использовали метод главных компонент (principal component analysis, PCA). В среднеранней группе спелости по комплексу показателей лучшие результаты получены у сорта Сильвия (средняя урожайность – 32,3 т/га из-за превалирования клубней крупной фракции, степень развития ризоктониоза и парши обыкновенной – до 16,1%) и среднепоздней – Астерикс (урожайность – 26,4 т/га с доминированием средней и мелкой фракций и наименьшей поражаемостью ризоктониозом – 9,7%). Урожайность сортов Невский 32,5 т/га, Луговской 23,0 т/га сочеталась со слабой восприимчивостью клубней к парше серебристой (27,1%). Потенциал изученных интродуцированных сортов свидетельствует о возможности их успешного выращивания в северных условиях.

Ключевые слова: картофель, ризоктониоз, парша обыкновенная, парша серебристая, болезни, урожайность

PROSPECTS FOR THE USE OF INTRODUCED POTATO VARIETIES IN THE CONDITIONS OF KARELIA

L.P. Evstratova, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

L.A. Kuznetsova, *PhD in Agricultural Sciences*

E.V. Nikolaeva, *PhD in Agricultural Sciences*

Laboratory of agricultural technologies «Vilga», Department of Multidisciplinary Scientific Research of the Karelian Research
Centre Russian Academy of Sciences, Novaya Vilga village, Respublika Karelia, Russia

E-mail: levstratova@yandex.ru

Abstract. The results of studying the yield and infectability of potato planting material by a complex of diseases (rhizoctoniosis, scab, scab silver) of seven introduced varieties of medium-early (Innovator, Sylvia, Mozart, Courage) and medium-late (Sifra, Saturn, Asterix) ripeness groups compared with the zoned (respectively Nevsky and Lugovskaya). To identify the main variables and determine the uniformity of varieties according to the studied parameters, the principal component analysis (PCA) method was used. It was found that in the mid-early maturity group, according to a set of indicators, the best results were obtained in the Sylvia variety (average yield of 32.3 t/ha due to the prevalence of tubers of a large fraction, the degree of development of rhizoctoniosis and scab up to 16.1%) and mid-late Asterix (yield of 26.4 t/ha with the dominance of medium and small fractions and the lowest incidence of rhizoctoniosis 9.7%). The yield of the zoned varieties, not exceeding 32.5 t/ha for Nevsky variety, 23.0 t/ha for Lugovskaya, was combined with a weak susceptibility of tubers to silver scab 27.1%. The potential of the studied introduced varieties indicates the possibility of their successful cultivation in northern conditions.

Keywords: potatoes, rhizoctoniosis, common scab, silver scab, diseases, yield

Реализация генетического потенциала продуктивности картофеля во многом зависит от региональных условий выращивания, технологии возделывания культуры, качества посадочного материала, степени восприимчивости сортов к вредным объектам. Повышенная чувствительность растений к абиотическим и биотическим стрессам, высокая степень изменчивости патогенов, обуславливающая наличие множества штаммов или рас, а также неоднородность их состава в локальных почвенно-климатических условиях могут стать причиной массового распространения аэрогенных и почвенных инфекций на картофеле. [1, 4] При эпифитотийном развитии болезней снижение уро-

жайности культуры достигает 70...80%. [5] Повышение эффективности возделывания картофеля во многом определяется использованием устойчивых районированных и интродуцированных сортов, но необходимо проводить их фитопатологический мониторинг. [6, 11]

В северных регионах РФ, характеризующихся колебаниями метеорологических факторов в течение полевого сезона, медленным прогреванием почвы в весенний период, избыточным увлажнением во время созревания картофеля, существенный вред наносят *Streptomyces scabies* (Thaxter) Lambert & Loria, *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn и *Helminthosporium solani* Durieu & Montagne [3], со-

четания которых усиливают патологический процесс. [3, 7]

Цель работы – оценить урожайность и устойчивость интродуцированных сортов картофеля к распространенным в Карелии почвообитающим патогенам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на базе фермерского хозяйства, расположенного на территории Прионежского муниципального района Республики Карелия. В работе использовали клубни поколения элиты интродуцированных сортов картофеля среднеранней (*Инноватор*, *Кураж*, *Моцарт*, *Сильвия*) и среднепоздней (*Астерикс*, *Сатурна*, *Сифра*) групп спелости. Контроль – районированные в Северной зоне сорта *Невский* и *Луговской* соответственно.

Клубни высаживали по схеме 0,70 × 0,25 м, площадь делянки – 2,6 м², повторность четырехкратная. Агротехника выращивания картофеля – общепринятая для Северо-Западного региона РФ.

Продуктивность каждого растения определяли по количеству и массе клубней по фракциям (мелкая – до 50 г, средняя – 50–80, крупная – более 80 г).

После зимнего хранения урожая на поверхности клубней отмечали симптомы развития ризоктониоза, парши обыкновенной, парши серебристой по шестибальной шкале в соответствии с методикой ВНИИКС (1980), модифицированной Л.П. Назаровой (1986). Различными видами парши на клубнях оценивали по степени развития (С) и распространенности (R) болезни. [9]

Поражаемость картофеля во многом зависит от метеорологических факторов полевого сезона, поэтому изучение проводили на протяжении двух периодов вегетации, различающихся по погодным условиям. [8] Первый характеризовался избыточным увлажнением на фоне недостатка тепла, второй – повышенной теплообеспеченностью и неравномерным распределением осадков. Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) варьировал по месяцам от 1,2 до 3,6, в отдельные периоды – 0,6...0,8.

Таблица 1.
Урожайность изученных сортов картофеля

Сорт	Фракция клубней						Общий урожай	
	крупная		средняя		мелкая		тыс. шт/га	т/га
	тыс. шт/га	т/га	тыс. шт/га	т/га	тыс. т/га	т/га		
Среднеранняя группа								
<i>Невский (К)</i>	46,0	6,1	289,0	20,0	234,5	6,4	569,5	32,5
<i>Сильвия</i>	90,5	13,6	202,5	16,0	110,0	2,7	403,0	32,3
<i>Моцарт</i>	39,5	5,4	183,0	14,0	130,5	3,0	353,0	22,4
<i>Кураж</i>	26,5	3,8	236,0	15,8	191,5	5,1	454,0	24,7
<i>Инноватор</i>	36,5	5,3	151,0	11,7	77,0	2,2	264,5	19,2
Среднепоздняя группа								
<i>Луговской (К)</i>	49,5	8,0	177,5	12,3	98,0	2,7	325,0	23,0
<i>Сифра</i>	44,5	6,7	284,0	20,3	156,0	4,6	484,5	31,6
<i>Сатурна</i>	4,5	0,5	296,0	15,3	296,0	5,6	596,5	21,4
<i>Астерикс</i>	29,5	4,6	248,5	16,8	207,0	5,1	485,0	26,5

Почва – дерново-подзолистая, хорошо окультуренная на песчаных древнеаллювиальных отложениях, легкосуглинистая. Содержание гумуса – 5,7% (высокое), подвижных форм фосфора – 234 мг/кг почвы (высокое), обменного калия – 180 мг/кг почвы (среднее) Кислотность почвенного раствора pH – 5,4 (слабокислая реакция среды). Почвы благоприятны для роста, развития и формирования урожая картофеля.

Экспериментальные данные математически обрабатывали с привлечением однофакторного дисперсионного анализа по Б.П. Доспехову (1979). Для оценки связей между образованием количества и массы клубней по фракциям использовали корреляционный анализ в программе STATGRAPHICS Plus.

Основные переменные при выделении лучших сортов по ряду показателей (урожайность, поражаемость клубней комплексом болезней) определяли методом главных компонент (principal component analysis, PCA), на основе которого построен двой-

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции между показателями урожая картофеля по фракциям

	M _{общ.}	N _{общ.}	M _{кр.}	N _{кр.}	M _{ср.}	N _{ср.}	M _{м.}	N _{м.}
M _{общ.}	–							
N _{общ.}	0,40 (p=0,10)	–						
M _{кр.}	0,70 (p=0,001)	–0,25 (p=0,31)	–					
N _{кр.}	0,70 (p=0,001)	–0,20 (p=0,42)	0,99 (p=0,000)	–				
M _{ср.}	0,79 (p=0,0001)	0,55 (p=0,02)	0,20 (p=0,42)	0,19 (p=0,44)	–			
N _{ср.}	0,55 (p=0,02)	0,86 (p=0,000)	–0,15 (p=0,54)	–0,14 (p=0,59)	0,85 (p=0,000)	–		
M _{м.}	–0,003 (p=0,99)	0,74 (p=0,004)	–0,49 (p=0,04)	–0,44 (p=0,07)	0,06 (p=0,81)	0,39 (p=0,11)	–	
N _{м.}	–0,11 (p=0,66)	0,83 (p=0,000)	–0,61 (p=0,007)	–0,56 (p=0,02)	0,06 (p=0,81)	0,50 (p=0,03)	0,90 (p=0,00)	–

Примечание. M_{общ.} – общая масса клубней, M_{кр.}, M_{ср.}, M_{м.} – крупной, средней и мелкой фракций; N_{общ.} – количество клубней, N_{кр.}, N_{ср.}, N_{м.} – крупной, средней и мелкой фракций; p – уровень значимости, связь достоверна при p<0,05.

Таблица 3.
Средняя поражаемость клубней болезнями, %

Сорт	Ризиктониоз		Парша серебристая		Парша обыкновенная	
	С	R	С	R	С	R
Среднеранняя группа						
<i>Невский (К)</i>	8,9	52,6	10,1	85,8	3,8	35,8
<i>Сильвия</i>	16,1	35,8	35,6	89,2	3,9	17,5
<i>Моцарт</i>	4,1	50,8	49,2	92,5	0,4	38,3
<i>Кураж</i>	14,8	59,2	33,8	95,8	2,4	25,8
<i>Инноватор</i>	10,4	27,5	35,0	99,2	2,3	11,7
Среднепоздняя группа						
<i>Луговской (К)</i>	19,8	62,5	27,1	91,3	3,2	22,5
<i>Сифра</i>	16,3	22,5	40,0	96,7	3,8	45,8
<i>Сатурна</i>	11,2	28,3	47,4	95,8	0,4	17,5
<i>Астерикс</i>	9,7	47,5	35,1	99,2	2,5	31,2

Примечание. С – степень развития, R – распространенность болезни.

ственный график (биplot), где объекты (сорта) отображены точками, а переменные – векторами. [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За два года исследований интродуцированные сорта картофеля отличались по урожайности от контрольных (К) районированных (табл. 1). Сорта среднеранней группы спелости – менее урожайные в 1,3...1,7 раза по сравнению с *Невским*. В различающихся условиях полевых сезонов на фоне колебания урожайности сортов наибольший показатель – у *Сильвии* из-за максимального количества и массы клубней крупной фракции. Достоверное снижение урожайности отмечено у сортов *Моцарт*, *Кураж* и *Инноватор* в условиях повышенных среднемесячных температур воздуха и недостаточной влагообеспеченности растений.

В среднепоздней группе по урожайности и выходу общего количества клубней с гектара сорта *Сифра* и *Астерикс* превышали в 1,4 и 1,1 раза соответственно значения сорта *Луговской*.

По результатам корреляционного анализа установлена прямая сильная связь между количеством и массой клубней по фракциям, а также обратная средняя связь между количеством, массой крупной и мелкой фракций (табл. 2). Общую массу картофеля определял урожай крупной

Таблица 4.
Результаты анализа главных компонент по урожайности и поражаемости сортов картофеля

Переменная	Компонента 1 (39,4%)	Компонента 2 (25,0%)	Компонента 3 (20,6%)
Урожайность по фракциям:			
крупной ($M_{кр.}$)	0,29	0,43	0,58
средней ($M_{ср.}$)	-0,47	0,41	-0,04
мелкой ($M_{м.}$)	-0,60	0,14	-0,27
Степень развития:			
ризиктониоза (C_p)	0,49	0,36	-0,28
парши серебристой ($C_{п.с.}$)	0,13	-0,67	-0,11
парши обыкновенной ($C_{п.о.}$)	0,28	0,23	-0,71

и средней, а общее количество клубней – средней и мелкой фракций.

По результатам фитопатологической оценки картофеля степень развития ризиктониоза на поверхности клубней изученных сортов достигала 19,8% (табл. 3). Меньшая поражаемость (С до 9,7%) – у сортов *Моцарт* и *Астерикс*. На фоне широкой изменчивости значений распространенности *Rh. solani* (R – 22,5...62,5%) менее половины клубней с симптомами черной парши отмечено у сортов *Инноватор*, *Сильвия*, *Астерикс*, *Сатурна* и *Сифра*.

Все исследованные сорта отличались восприимчивостью клубней к парше серебристой. В среднем за два года: С – 10,1...49,2%, R – 85,8...99,2%. Максимальная поражаемость – у *Моцарта* и *Сатурна*, минимальная – *Невского*. Наименьшая распространенность симптомов *H. solani* на поверхности клубней – у сортов *Невский* и *Сильвия*.

При наличии смешанной инфекции на семенных клубнях установлено, что с увеличением поражаемости картофеля паршой серебристой уменьшалась его восприимчивость к ризиктониозу и наоборот.

Клубни картофеля были менее восприимчивы к парше обыкновенной (С – 0,4...3,9%). Наибольший показатель степени развития болезни установлен у сортов *Невский*, *Сильвия* и *Сифра* (3,8...3,9%). Независимо от колебаний метеорологических факторов практически не поражаются клубни *Моцарта* и *Сатурна* (R до 38,3%, С – 0,4%).

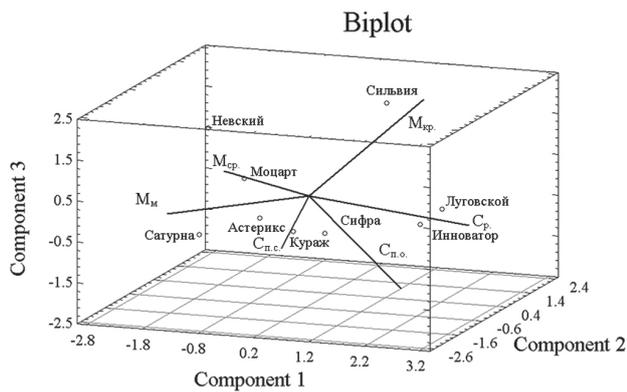
Метод главных компонент, выполненный по параметрам урожая (в пределах фракций) и поражаемости отдельными видами парши, выявил три главные компоненты, объясняющие изменчивость показателей на 85,0% (табл. 4). С учетом связи между массой и количеством клубней по фракциям дальнейшую статистическую обработку экспериментального материала проводили только с учетом массы клубней.

С учетом высоких абсолютных значений на переменные по первой компоненте установили обратную связь между урожаем клубней средней и мелкой фракций и поражаемостью посадочного материала картофеля ризиктониозом, по второй – урожаем крупной и средней фракций и паршой серебристой, третьей – урожаем крупных клубней и паршой обыкновенной.

По расположению точек определили степень различия (сходства) сортов по одному, или комплексу изученных показателей (см. рисунок). Сорт *Невский* отличался большей урожайностью средней и мелкой фракций, а также наименьшей поражаемостью паршой серебристой, *Сильвия* – максимальным урожаем клубней крупной фракции, несмотря на поражаемость картофеля паршой обыкновенной и ризиктониозом.

Меньший урожай клубней средней и мелкой фракций был у сортов *Луговской* и *Инноватор*. Первый сорт более восприимчив к ризиктониозу. *Астерикс*, *Кураж* и *Сифра* в средней степени поражались паршой обыкновенной и серебристой. Сорта *Моцарт* и *Сатурна* объединяла сильная восприимчивость клубней к *H. solani*. Для последнего свойственен минимальный урожай клубней крупной фракции.

Для повышения эффективности выращивания картофеля в фермерских хозяйствах Карелии пер-



Biplot анализ показателей урожайности крупной ($M_{кр.}$), средней ($M_{ср.}$), мелкой ($M_{м.}$) фракций и поражаемости ризоктониозом ($C_{р.}$), паршой обыкновенной ($C_{п.о.}$) и паршой серебристой ($C_{п.с.}$).

спективно использовать интродуцированные сорта. По фракционному составу, а также степени развития болезней в среднеранней группе спелости лучшие результаты получены у сорта *Сильвия* (урожайность 32,3 т/га с преобладанием клубней крупной фракции, поражаемость ризоктониозом и паршой обыкновенной до 16,1%), а также среднепоздней – *Астерикс* (26,4 т/га с доминированием средней и мелкой фракций, минимальное развитие симптомов ризоктониоза 9,7%).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяков Ю.Т. Грибные элиситоры. Мат. VII всерос. микологической школы конф. с междунар. участием «Биотические связи грибов: мосты между царствами». Сборник докладов и тезисов. 2015. С. 18.
2. Евстратова Л.П. Влияние метеорологических факторов на поражаемость картофеля различными формами парши. Животноводство на Европейском Севере: фундаментальные проблемы и перспективы развития: Тез. докл. Междунар. конф. Баренц Евро-Арктического региона, г. Петрозаводск, 1–3 октября 1996 г. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1996. С. 263–264.
3. Кузнецова Л.А., Евстратова Л.П. Оценка поражаемости сортов картофеля отдельными почвообитающими патогенами на природном инфекционном фоне в Карелии. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2007. Т. 163. С. 198–202.
4. Кузнецова М.А., Стацюк Н.В., Козловский Б.Е. и др. Современное состояние популяции *Phytophthora infestans* и защита картофеля от фитофтороза // Защита и карантин растений. 2013. № 7. С. 12–15.
5. Кузнецова М.А., Козловский Б.Е., Рогожин А.Н. и др. Фитофтороз и альтернариоз картофеля: программа защитных действий // Картофель и овощи. 2010. № 3. С. 27–30.
6. Личко Н.М. Стандартизация и подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции. Учебник для вузов. М.: ДеЛи плюс, 2013. С. 100.

7. Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И. и др. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений // Acta Naturae (русскоязычная версия). 2020. № 3 (46). DOI: 10.32607/actanaturae.11026
8. Половникова В.В. Особенности проявления болезней картофеля в период вегетации в условиях Курганской области // Аграрный вестник Урала. 2011. № 2 (81). С. 52–55.
9. Хохряков М.К., Потлайчук В.И., Семенов А.Я., Элбакян М.А. Определитель болезней сельскохозяйственных культур. Л.: Колос, 1984. 303 с.
10. Miller J.S., Hamm P.B., Dung J.K.S. Influence of Location, Year, Potato Rotation, and Chemical Seed Treatment on Incidence and Severiti of Silver Scurf on Progeny Tubers // American Journal of Potato Research. 2015. V. 92. P. 100–108. DOI: 10.1007/s12230-014-9412-x

REFERENCES

1. D'yakov Yu.T. Gribnye elisitory. Mat. VII vseros. miko-logicheskoy shkoly konf. s mezhdunar. uchastiem «Bioticheskie svyazi gribov: mosty mezhdunar. uchastiem». Sbornik dokladov i tezisov. 2015. S. 18.
2. Evstratova L.P. Vliyaniye meteorologicheskikh faktorov na porazhaemost' kartofelya razlichnymi formami parshi. Zhivotnovodstvo na Evropejskom Severe: fundamental'nye problemy i perspektivy razvitiya: Tez. dokl. Mezhdunar. konf. Barenц Evro-Arkticheskogo regiona, g. Petrozavodsk, 1–3 oktyabrya 1996 g. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 1996. S. 263–264.
3. Kuznecova L.A., Evstratova L.P. Ocenka porazhaemosti sortov kartofelya ot del'nymi pochvoobitayushchimi patogenami na prirodnom infekcionnom fone v Karelii. Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2007. T. 163. S. 198–202.
4. Kuznecova M.A., Stacyuk N.V., Kozlovskij B.E. i dr. Sovremennoe sostoyaniye populyacii Phytophthora infestans i zashchita kartofelya ot fitoftoroza // Zashchita i karantin rastenij. 2013. № 7. S. 12–15.
5. Kuznecova M.A., Kozlovskij B.E., Rogozhin A.N. i dr. Fitoftoroz i al'ternarioz kartofelya: programma zashchitnyh dejstvij // Kartofel' i ovoshchi. 2010. № 3. S. 27–30.
6. Lichko N.M. Standartizaciya i podtverzhenie sootvetstviya sel'skohozyajstvennoj produkcii. Uchebник dlya vuzov. M.: DeLi plus, 2013. S. 100.
7. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I. i dr. Infekcionnye bolezni rastenij: etiologiya, sovremennoe sostoyaniye, problemy i perspektivy zashchity rastenij // Acta Naturae (russkoyazychnaya versiya). 2020. № 3 (46). DOI: 10.32607/actanaturae.11026
8. Polovnikova V.V. Osobennosti proyavleniya boleznej kartofelya v period vegetacii v usloviyah Kurganskoj oblasti // Agrarnyj vestnik Urala. 2011. № 2 (81). S. 52–55.
9. Hohryakov M.K., Potlajchuk V.I., Semenov A.Ya., Elbakyan M.A. Opredelitel' boleznej sel'skohozyajstvennyh kul'tur. L.: Kolos, 1984. 303 s.
10. Miller J.S., Hamm P.B., Dung J.K.S. Influence of Location, Year, Potato Rotation, and Chemical Seed Treatment on Incidence and Severiti of Silver Scurf on Progeny Tubers // American Journal of Potato Research. 2015. V. 92. P. 100–108. DOI: 10.1007/s12230-014-9412-x.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ И КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РИЗОКТОНИОЗОМ

Вера Васильевна Гайнатулина, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Ивановна Хасбиуллина, кандидат сельскохозяйственных наук

Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Камчатский край, Россия

E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований по действию фунгицидов и биопрепаратов против *Rhizoctonia solani* в условиях Камчатского края. Интегрированная система защиты растений от болезней эффективна с включением биологических препаратов и возможностью одновременно повышать устойчивость растений к болезням и абиотическим стрессам, а также активизировать ростовые процессы. В борьбе с ризоктониозом дает хороший результат совместная обработка клубней картофеля фунгицидом ТМТД и опрыскивание растений биопрепаратами Споробактерин и Трихоцин, степень развития болезни — 3,4 и 2,1%, распространенность — 12,5 и 8,5%, что ниже контроля без обработок в среднем на 14,3 и 51,1%, поражение ростков снизилось на 1,1%, клубней — 3,9%. Совместное действие фунгицидов и биопрепаратов на клубни и растения картофеля обеспечило достоверную прибавку урожайности к контролю на 4,2 и 4,0 т/га (17,2 и 16,4%), товарных клубней увеличилось на 7,9 и 10,9%, масса товарного клубня — 4,4 и 5,4 г, витамина С — 3,57 и 2,84 мг% по сравнению с контролем. Биологическая эффективность препаратов — 83,6%.

Ключевые слова: картофель, фунгициды, биопрепараты, ризоктониоз, урожайность, биологическая эффективность, сохранность, Камчатский край

INFLUENCE OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON PRODUCTIVITY, INCIDENCE OF PLANTS AND TUBERS OF POTATOES WITH RHIZOCTONIOSIS

V.V. Gaynatulina, PhD in Agricultural Sciences

O.I. Khasbiullina, PhD in Agricultural Sciences

Kamchatka Research Institute of Agriculture, Kamchatka region, Russia

E-mail: Khasbiullina@kamniish.ru

Abstract. The results of studies on the effect of fungicides and biologics against *Rhizoctonia solani* in the Kamchatka Territory are presented. The integrated plant protection system is effective with the inclusion of biological preparations, combining the ability to simultaneously increase plant resistance to diseases and abiotic stresses, as well as activate growth processes. In the fight against rhizoctoniosis, joint treatment of potato tubers with the fungicide TMTD and spraying of plants with biological preparations Sporobacterin and Trichocin is effective, the degree of development of rhizoctoniosis was 3.4 and 2.1%, the prevalence of the disease was 12.5 and 8.5%, which is lower than the control without treatments by an average of 14.3%, 51.1%, the lesion of sprouts decreased by 1.1%, tubers — by 3.9%. The proposed method of potato protection provided a significant increase in yield to the control by 4.2 and 4.0 t/ha (17.2 and 16.4%), commercial tubers increased by 7.9 and 10.9%, the mass of commercial tubers — by 4.4 and 5.4 g, vitamin C — by 3.57 and 2.84 mg% compared with the control. The biological efficiency of the drugs was 83.6%.

Keywords: potato, fungicides, biological preparations, rhizoctoniosis, tubers diseases, biological efficiency, yield, Kamchatka region

Защита картофеля от грибных болезней требует комплексного подхода. Необходимо использовать качественный семенной материал, соблюдать севооборот, обеспечивать растения основными элементами питания, но нельзя отказываться от химических обработок или биологических препаратов с невысокой эффективностью против патогенов. Ризоктониоз — опасное заболевание картофеля, которое поражает ростки, столоны, стебли, вегетирующие растения, клубни и причиняет серьезный экономический ущерб. [3, 7] Ассортимент средств для борьбы с возбудителем *Rhizoctonia solani* постоянно пополняется, открывает новые возможности для совершенствования систем защиты и требует всестороннего исследования. Из рекомендованных современных протравителей представляют интерес фунгициды, которые имеют низкую подвижность препарата в почве, быстрое и полное разложение в почве и растениях. В каждой почвен-

но-климатической зоне фунгицидное действие протравителей картофеля и биопрепаратов различно, поэтому в местных условиях важно выявить все положительные свойства, оптимальные сроки применения и дать оценку биологической эффективности. [1, 6]

Цель работы — изучить влияние химических и биологических препаратов на степень развития и распространенность ризоктониоза, урожайность, качество, сохранность продукции, разработать регламент их применения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований — средства защиты картофеля от болезней, действие которых изучали (2017–2021 годы) в почвенно-климатической зоне Елизовского района Камчатского края.

Для опрыскивания растений в период бутонизации применяли: Споробактерин, Трихоцин, Скор, норма расхода – 100 г/га, 60 и 400 г/га соответственно. Для обработки клубней: Споробактерин – 100 г/т, Трихоцин – 20 г/т, ТМТД – 1,7 л/т. Контроль – вариант без обработки, хозяйственный контроль – обработка клубней препаратом Максим 400 мл/т. Площадь делянки 25 м², размещение систематическое, повторность – четырехкратная, схема – 75 х 30 см. Срок посадки картофеля – II декада июня, уборки – II декада сентября. Сорт картофеля – *Фреско*, категория семян – I репродукция. Схема опыта представлена в таблице 1.

Почва охристо вулканическая. Содержание гумуса – 6,6% (по Тюрину), доступного фосфора – 60,0...81,0 мг/кг, обменного калия – 88,0...110,0 мг (по А.Г. Кирсанову). Количество минеральных форм азота низкое, нитратного – 19,5...28,8 мг/кг, аммонийного – 7,0...9,0 (реактив Лунге Грисса и Несслера).

Технология возделывания картофеля общепринятая для Камчатского края. Предшественник – пар. Обработка почвы: дискование и культивация на глубину 15...18 см в два следа, нарезка борозд с локальным внесением минерального удобрения N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Уход за растениями состоял из обработки гербицидами против сорняков по всходам картофеля (Титус – 40 г/га + Зенкор 400 г/га + Тренд 200 мл/га), трех обработок против фитофторы (Танос – 0,6 кг/га, Ридомил Голд МЦ – 2,5 кг/га, Браво – 2,0 кг/га), одного рыхления и окуливания. Ботву картофеля сжигали в I-й декаде сентября препаратом Реглон форте – 2 л/га. Клубни обрабатывали фунгицидами и биопрепаратами за сутки до посадки, опрыскивали растения в фазе массовых всходов и бутонизации. Картофель убирали картофелекопателем КТН-2 с ручным подбором клубней.

Метеорологические условия летне-осеннего периода 2017 года характеризовались повышенным термическим режимом, среднесуточная температура за месяц в июне, июле и августе была выше среднегодовой на 0,8, 1,1 и 1,4 и не превышала 14,6°С. Осадков за июнь выпало на 56% меньше, за июль и август на 63 и 11% больше нормы. В 2018, 2019 и 2020 годах самым теплым был июль, среднемесячная температура составила 14,2, 13,1 и 14,0°С (многолетняя 12,5°С), осадков в июне 2018 и 2019 годов было на 52,2 и 82%, июле – 14,1 и 7,7%, I декаде сентября – 71,3 и 7,6% выше нормы. В 2020 году количество осадков за июнь было на 47%, июль – 52,4, сентябрь – 76,1% ниже нормы, а в августе на 109,4% больше многолетних показателей. Сумма активных температур >10°С с мая по сентябрь составила в 2017 году – 1482, 2018 – 1002, 2019 – 1009,5, 2020 – 1121 (среднегодовая 1092°С). Более благоприятными для роста и развития картофеля по температурному режиму были 2017 и 2020 годы, 2018 и 2019 характеризовались низкой суммой активных температур, обильными осадками.

Расчет биологической эффективности, учеты и наблюдения проводили по методикам исследований картофеля. [4, 5] Результаты статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову. [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Борьба с ризоктониозом начинается с обязательного протравливания посадочного материала. Обработка клубней фунгицидами сдерживает развитие болезни на растениях практически до уборки урожая, но биологическая эффективность препаратов не всегда высока. Использование фунгицидов Максим и ТМТД способствовало снижению развития ризоктониоза по сравнению с контролем в среднем на 14,8, распространенности болезни – 50,7% в фазе бутонизации растений, биологическая эффективность препаратов в среднем – 71% (табл. 1). Перед уборкой картофеля биологическая эффективность препаратов снижается, с фунгицидом Максим – на 1,9%, ТМТД – 14,8%, развитие ризоктониоза на стеблях в этот период было ниже контроля на 12,2 и 9,9%, распространенность – 41,2 и 33,5% соответственно.

Таблица 1. Развитие и распространенность ризоктониоза в зависимости от изучаемых препаратов

Вариант	Полевая всхожесть, %	Высота растений, см	Развитие и распространенность ризоктониоза на стеблях, %		Поражение ризоктониозом, %	
			бутонизация	перед уборкой	ростки	клубни
Контроль (без обработки)	97,4	53,2	<u>20,7</u> 72,0	<u>17,1</u> 61,6	2,0	7,2
Обработка клубней перед посадкой						
Максим 400 мл/т – хозяйственный контроль	98,4	57,5	<u>6,0</u> 23,7	<u>4,9</u> 20,4	1,4	4,6
Споробактерин 100 г/т	98,4	57,9	<u>8,5</u> 33,2	<u>8,1</u> 33,0	1,2	3,4
Трихоцин 20 г/т	98,4	57,7	<u>6,2</u> 25,1	<u>6,4</u> 24,7	1,4	3,8
ТМТД 1,7 л/т	98,5	56,9	<u>5,8</u> 18,9	<u>7,2</u> 28,1	1,4	3,9
Опрыскивание растений						
Споробактерин 100 г/га, фаза бутонизации	98,6	58,0	<u>9,9</u> 39,2	<u>7,4</u> 27,9	1,0	4,2
Трихоцин 20 г/га, фаза бутонизации	98,5	57,6	<u>10,2</u> 39,1	<u>8,3</u> 30,5	1,3	4,4
Скор 400 г/га, фаза бутонизации	98,5	57,1	<u>8,4</u> 32,8	<u>8,8</u> 34,0	1,4	4,5
Скор 400 г/га, фаза массовых всходов и бутонизации	98,6	57,1	<u>8,2</u> 30,9	<u>5,2</u> 21,0	1,3	4,8
Обработка клубней + опрыскивание растений						
ТМТД 1,7 л/т + Споробактерин 100 г/га	98,9	58,6	<u>4,1</u> 16,5	<u>3,4</u> 12,5	0,8	3,3
ТМТД 1,7 л/т + Трихоцин 60 г/га	98,7	57,5	<u>1,7</u> 7,4	<u>2,1</u> 8,5	1,0	3,2
ТМТД 1,7 л/т + Скор 400 г/га	98,6	57,2	<u>7,5</u> 10,2	<u>3,0</u> 12,5	1,1	3,7
НСР ₀₅		2,5				

Таблица 2.
Элементы структуры урожая
и биохимические показатели клубней картофеля

Вариант	Урожайность, т/га	Товарность, %	Средняя масса товарного клубня, г	Содержание в клубнях		
				крахмал, %	сухое вещество, %	витамин С, мг/%
Контроль (без обработки)	24,4	71,8	90,2	10,5	15,50	4,65
Обработка клубней						
Максим 400 мл/т – хозяйственный контроль	26,0	77,4	88,4	10,5	15,50	4,29
Споробактерин 100 г/т	27,3	77,5	88,0	10,8	16,00	6,55
Трихоцин 20 г/т	26,9	75,3	82,2	10,7	15,75	7,54
ТМТД 1,7 л/т	27,0	78,7	98,9	10,7	15,75	4,93
Опрыскивание растений						
Споробактерин 100 г/га, фаза бутонизации	27,0	84,2	87,1	10,5	15,50	10,04
Трихоцин 20 г/га, фаза бутонизации	26,8	81,2	84,4	11,0	16,00	8,01
Скор 400 г/га, фаза бутонизации	26,2	77,7	86,1	10,9	15,90	8,31
Скор 400 г/га, фаза массовых всходов и бутонизации	26,6	75,9	85,0	10,9	16,00	3,44
Обработка клубней + опрыскивание растений						
ТМТД 1,7 л/т + Споробактерин 100 г/га	28,6	79,7	88,6	11,0	16,00	8,22
ТМТД 1,7 л/т + Трихоцин 60 г/га	28,4	82,7	89,6	11,1	16,20	7,49
ТМТД 1,7 л/т + Скор 400 г/га	28,2	78,2	84,9	10,9	15,90	6,06
НСР ₀₅	1,8					

Таблица 3.
Поражение клубней болезнями при хранении,
2018–2021 годы

Вариант	Поражение клубней болезнями, %				Всего больных, %	Сохранность клубней, %
	ризиктониоз	фомозно-фузариозные нилы	мокрая гниль	ооспороз		
Контроль (без обработки)	8,2	4,9	1,9	2,2	17,2	82,8
Обработка клубней						
Максим 400 мл/т – хозяйственный контроль	6,7	3,3	0,9	2,7	13,6	86,4
Споробактерин 100 г/т	5,7	2,4	0,3	1,5	9,9	90,1
Трихоцин 20 г/т	4,4	3,1	0,1	2,3	9,9	90,1
ТМТД 1,7 л/т	4,6	4,6	0,8	3,8	13,8	86,2
Опрыскивание растений						
Споробактерин 100 г/га, фаза бутонизации	3,2	3,0	0,4	2,8	9,9	90,1
Трихоцин 20 г/га, фаза бутонизации	4,8	3,1	0,4	2,6	10,9	89,1
Скор 400 г/га, фаза бутонизации	5,3	1,8	0,5	2,5	10,1	89,9
Скор 400 г/га, фаза массовых всходов и бутонизации	4,2	2,1	0,6	2,3	9,2	90,8
Обработка клубней + опрыскивание растений						
ТМТД 1,7 л/т + Споробактерин 100 г/га	2,7	1,3	0,1	1,4	5,5	94,5
ТМТД 1,7 л/т + Трихоцин 60 г/га	2,7	1,8	0,4	1,1	6,0	94,0
ТМТД 1,7 л/т + Скор 400 г/га	3,8	1,4	0,9	1,7	7,8	92,2

Для снижения химической нагрузки на агроцепоз для обработки клубней использовали биологические препараты на основе штаммов *Trichoderma harzianum* (Трихоцин) и *Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride* (Споробактерин).

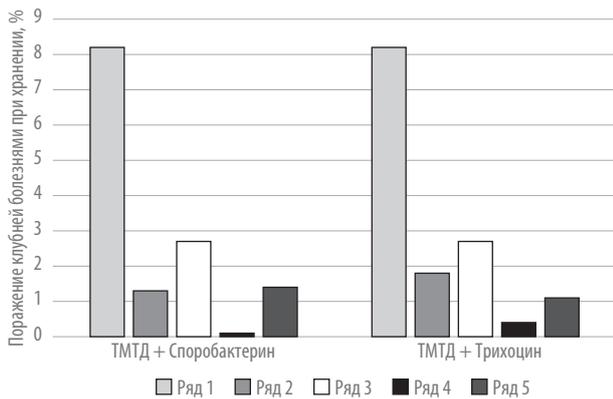
В фазе бутонизации картофеля развитие и распространённость ризиктониоза на подземных стеблях снижалось при обработке клубней Споробактерином на 12,2 и 38,8%, Трихоцином – 14,5 и 46,9%, перед уборкой соответственно – 9,0 и 28,6%, 10,7 и 36,9% по сравнению с контролем. Биологическая эффективность Споробактерина в фазе бутонизации – 56,4%, перед уборкой – 44,5, Трихоцина соответственно 67,6 и 60,9, эффективность его была выше на 11,2 и 25,4%, чем у Споробактерина.

Исследованиями установлено, что степень развития ризиктониоза на стеблях в фазе бутонизации и перед уборкой снижалась при опрыскивании растений Споробактерином на 10,8 и 9,7%, Трихоцином – 10,5 и 8,8, Скором – 12,3 и 8,3% по сравнению с контролем. Распространённость болезни на этих вариантах в фазе бутонизации ниже контроля в среднем в 1,9 раза, перед уборкой – 1,8. При опрыскивании растений препаратами (Споробактерин, Трихоцин, Скор) поражение клубней ризиктониозом по отношению к контролю снижалось в среднем на 2,8, ростков – 0,8%. Их биологическая эффективность при опрыскивании

растений – 51,2% по сравнению с контролем. Обработка растений биопрепаратами способствовала увеличению биологической эффективности с 48,5 (бутонизация) до 53,3% (уборка), а обработка растений фунгицидом Скор снижала эффективность препарата к уборке с 56,9 до 46,6%.

Результативным оказалось совместное действие фунгицидов и биопрепаратов на клубни и растения. Обработка клубней фунгицидом ТМТД и опрыскивание растений биопрепаратами Споробактерином или Трихоцином приводила к увеличению всхожести клубней на 1,5 и 1,3%, высоты растений – 5,4 и 4,3 см, снижению степени развития ризиктониоза на стеблях перед уборкой в среднем на 14,3%, распространённости болезни – 51,1%. Поражение ростков ризиктониозом было ниже контроля на 1,1, клубней – 3,9%. Биологическая эффективность препаратов в фазе бутонизации в среднем – 86,1, перед уборкой – 83,6%.

Все испытанные фунгициды и биопрепараты положительно влияли на урожайность, качество и товарность клубней. По отношению к контролю прибавка урожайности (1,8...4,2 т/га) получена во всех изучаемых вариантах (табл. 2). К хозяйственному контролю урожайность увеличилась с фунгицидами ТМТД + Скор – на 2,2 т/га (8,5%), ТМТД + Споробактерин и Трихоцин – 2,6 и 2,4 т/га (10,0 и 9,2%). Максимальная урожайность установлена при совместном действии фунгицида ТМТД и биопрепа-



Поражение клубней болезнями при хранении.
 Ряд: 1 – контроль, 2 – фомозно-фузариозные гнили, 3 – ризоктониоз, 4 – мокрая гниль, 5 – ооспороз.

ратов Споробактерин и Трихоцин, прибавка к контролю составила 4,2 и 4,0 т/га (17,2 и 16,4%), процент товарных клубней увеличился на 7,9 и 10,9, масса товарного клубня – 4,4 и 5,4 г, содержание витамина С в клубнях – 3,57 и 2,84 мг%. Содержание в клубнях крахмала и сухого вещества было на уровне контроля и находилось в пределах соответственно 10,5...11,0 и 15,5...16,0%, изучаемые препараты не оказали отрицательного влияния на продукцию.

Фунгициды и биопрепараты для защиты клубней и растений картофеля от патогенов при возделывании повышают устойчивость к болезням при хранении. Распространение болезней на клубнях картофеля при хранении определяли методом фитопатологического анализа. Всего больных клубней по вариантам – 5,5...13,8%, в контроле – 17,2% (табл. 3).

Сохранность клубней – 86,4...94,5%, в контроле – 82,8%. Поражение клубней основными болезнями при хранении составило: фомозно-фузариозные гнили – 1,3...4,6%, ризоктониоз – 2,7...6,7, ооспороз – 1,1...3,8 и мокрая гниль – 0,1...0,9%. Обработка клубней перед посадкой фунгицидами и биопрепаратами, а также опрыскивание растений в период вегетации не дали положительного эффекта при хранении. Отмечено сильное поражение клубней ризоктониозом – 3,2...6,7% и фомозно-фузариозными гнилями – 1,8...4,6, в контроле 8,2 и 4,9%. Совместное действие фунгицидов и биопрепаратов способствовало высокой сохранности клубней (94,0...94,5%), поражение клубней болезнями было минимальным (5,5...6,0%), что ниже контроля на 11,2...11,7, хозяйственного – 7,6...8,1% соответственно (см. рисунок). Биологическая эффективность препаратов при хранении клубней при использовании ТМТД + Споробактерин – 68,0%, ТМТД + Трихоцин – 65,1%.

Таким образом, разработан регламент применения фунгицидов и биопрепаратов для использова-

ния в интегрированной системе защиты картофеля от ризоктониоза в условиях Камчатского края, обеспечивающий снижение степени развития болезни на 14,3%, распространенности – 51,1, повышение урожайности картофеля до 17,2 и сохранности клубней на 11,3%. Он включает в себя обработку клубней перед посадкой фунгицидом ТМТД в дозе 1,7 л/т и опрыскивание растений биопрепаратами Споробактерин 100 г/га и Трихоцин 60 г/га в фазе бутонизации. Биологическая эффективность препаратов в среднем – 83,6%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вошедский Н.Н., Сорокин Н.С. Антирезистентная программа в действии // Защита и карантин растений. 2003. № 5. С. 12–13.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Колос, 1985. 416 с.
3. Кузнецова М.А. Защита и карантин растений (Приложение). 2007. № 5. С. 1–28.
4. Методика исследований по защите картофеля от болезней и вредителей, сорняков и иммунитету / Сост.: А.С. Воловик, Л.Н. Трофимец, А.Б. Долягин, В.М. Глез; // ВНИИКХ, Россельхозакадемия. М., 1995. 106 с.
5. Методика исследований по культуре картофеля. М.: НИИКХ, 1967. 263 с.
6. Ряховская Н.И., Гайнатулина В.В., Макарова М.А. Эффективность биофунгицидов против ризоктониоза на картофеле в условиях Камчатского края // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 3. С. 25–27.
7. Leng P., Zhang Z., Li Q. et al. Pharmazie. 2012. V. 67. S. 534–541.

REFERENCES

1. Voshedskij N.N., Sorokin N.S. Antirezistentnaya programma v dejstvii // Zashchita i karantin rastenij. 2003. № 5. S. 12–13.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., pererab. i dop. M.: Izd-vo Kolos, 1985. 416 s.
3. Kuznecova M.A. Zashchita i karantin rastenij (Prilozhenie). 2007. № 5. S. 1–28.
4. Metodika issledovanij po zashchite kartofelya ot boleznej i vreditel'ej, sornyakov i immunitetu / Sost.: A.S. Volovik, L.N. Trofimec, A.B. Dolyagin, V.M. Glez; // VNIKKh, Rossel'hozakademiya. M., 1995. 106 s.
5. Metodika issledovanij po kul'ture kartofelya. M.: NIKKh, 1967. 263 s.
6. Ryahovskaya N.I., Gajnatulina V.V., Makarova M.A. Effektivnost' biofungicidov protiv rizoktonioza na kartofele v usloviyah Kamchatskogo kraja // Vestnik Rossijskoj sel'skochozajstvennoj nauki. 2015. № 3. S. 25–27.
7. Leng P., Zhang Z., Li Q. et al. Pharmazie. 2012. V. 67. S. 534–541.

ПСАММОФИЛЬНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ

Муслимат Агасултановна Бабаева, кандидат биологических наук

Светлана Викторовна Осипова

Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные исследований псаммофитной флоры на территории Кочубейской биосферной станции Терско-Кумской низменности. Изучены географические и экологические особенности видов растений псаммофитных сообществ. Нерегулируемый выпас скота и континентальный климат региона сильно воздействуют на естественный растительный покров, вызывая дефляцию и деградацию. Наиболее приспособленные к условиям полупустынь – разновидности ксерофитов, которые могут переносить почвенную и воздушную засуху. Были определены их флористический состав и эколого-ценотические характеристики. Фитоценотическое разнообразие псаммофитной флоры на песчаном массиве Кочубейской биосферной станции определяется экологическими, анатомическими и физиологическими особенностями сообществ псаммофитов. Изучена приспособляемость видов стержневых растений к высокой инсоляции, засухе на полуподвижном песчаном субстрате. Псаммофиты постоянно находятся под угрозой того, что они будут погребены под слоем песка или останутся с голыми корнями и высохнут от ветра и засухи. Мониторинговые наблюдения показывают, что стабильность распределения инвазивных видов на песчаном массиве ниже, чем у местных растений, – результат адаптивного потенциала к условиям окружающей среды. Изучены экологические закономерности изменений растительности на песках, определяемые гидрологическим режимом, ветровой эрозией и антропогенным воздействием.

Ключевые слова: Республика Дагестан, псаммофиты, растительный покров, климатические условия, дефляция, деградация

PSAMMOPHILIC PLANT COMMUNITIES OF THE SAND MASSIVES OF THE TERSK-KUMSKAYA LOWLAND AT THE TERRITORY OF THE KOCHUBEY BIOSPHERE STATION

M.A. Babaeva, PhD in Biological Sciences

S.V. Osipova

Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal

Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Abstract. The article presents data from studies of psammophytic flora on the territory of the Kochubey biosphere station of the Tersko – kumskaya lowland. The geographical and ecological features of plant species of psammophyte communities have been studied. Having some ideas about the features of psammophytes, we still do not have specific information about their distribution due to poor knowledge in the region under study. Unregulated grazing and the continental climate have a strong impact on the natural vegetation cover, causing deflation and degradation. The most adapted to the conditions of semi-deserts are varieties of xerophytes that can tolerate soil and air drought. Their floristic composition and ecological cenotic characteristics were determined. The phytocoenotic diversity of the psammophytic flora on the sandy massif of the Kochubey biosphere station is determined by the ecological, anatomical, and physiological features of the psammophyte communities. The adaptability of rod plant species to high insolation, to drought on a semi-movable sandy substrate was studied. The metabolism of psammophytes is constantly in danger of being buried under a layer of sand or left with bare roots and dry out from wind and drought. Monitoring observations show that the stability of the distribution of invasive species on the sandy massif is lower than native plants, which seems to be the result of an adaptive potential to local environmental conditions. The ecological regularities of changes in vegetation on the sands, which are defined as transformations of an exodynamic nature associated with changes in the hydrological regime, wind erosion, and anthropogenic impact, have been studied.

Keywords: Republic of Dagestan, psammophytes, vegetation cover, climatic conditions, deflation, degradation

Большая часть рельефа песчаных массивов Терско-Кумской полупустыни изменилась из-за выветривания и дальнейшего перевевания песчанников, растительности и хозяйственной деятельности. Наблюдения за состоянием растительного покрова пастбищ показывают, что при чрезмерной их перегрузке происходит опустынивание ландшафта. [3, 4]

Данные мониторинга климата Российской Федерации указывают на повсеместное увеличение засушливого периода, особенно в южных регионах. [3, 5] На территории Кочубейской биосферной станции (КБС) Терско-Кумской полупустыни площадь деградированных земель и песчаных массивов составляет 96,6%, по сравнению с 1959 годом. [3]

Цель работы – выявить флористическое, фитоценотическое разнообразие растительности закрепленных и развеваемых песков, а также эколого-биологические особенности ее пространственного распределения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – псаммофитная флора песчаных массивов закрепленных песков на территории Кочубейской биосферной станции (КБС).

Растительный покров изучали маршрутно-экспедиционным методом, виды описывали по общепринятым методикам (полевая геоботаника) на площадках песчаного массива Кумский, (ширина – 15 км, длина – 80 км, высота 10...20 м). Наиболее интересная форма рельефа на территории КБС – грядовые пески высотой 4...5 м, шириной около 100 м, вытянутые с востока на запад, поросшие псаммофитной растительностью. На бугристых грядовых песках и равнинных участках вокруг них преобладают злаково-прутняковые и житняково-прутняковые ассоциации типчаково-полынными галофитами, дерново-злаковыми псаммофитными группировками (костры, пырей, мятлик луковичный, верблюжья колючка, джугун безлистный и другие).

На полужакопленных бугристых песках произрастают ковыль, песчаный овес, песчаная полынь, на закрепленных – полынь белая, верблюжья колючка, прутняк, житняк.

По климатическим условиям Терско-Кумская низменность относится к области недостаточного увлажнения и умеренного пояса – полупустыни. При резком континентальном климате, где годовая сумма осадков колеблется от 150 до 320 мм, максимальная температура воздуха в июле-августе достигает 40...45°C, 55 дней в году преобладает сильный иссушающий юго-восточный ветер.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На исследуемой территории выявили 16 видов из 6 семейств (см. таблицу). Наибольшее количество видов представлено семейством *Poaceae* (11), а *Fabaceae*, *Polygonaceae*, *Chenopodioidae*, *Cyperaceae*, *Plumbaginaceae* – единично. Видовая насыщенность – три-шесть видов на 1 м². В сообществах песчаной террасы доминируют злаки *Bromus tectorum*, *Cynodon dactylon*, *Elytrigia repens* и разнотравье *Kochia prostrata*, *Limonium meyeri*.

Характерные виды псаммофитной флоры для данной местности не требовательные к повышенной влажности субстрата, успешно переносят засушливые периоды, адаптируются и легко приспосабливаются к негативным факторам среды. Для выживания в экстремальных условиях задействованы все части растений (стебель, лист, корень). Растения покрывают песчаную почву не сплошным покровом, а имеют мозаичное расположение, обладают приспособлениями к жизни на подвижном субстрате. Это позволяет каждому растению получать достаточное количество влаги, недостаток которой вызывает разреженность растительного покрова и преобладание в его составе многолетних ксерофитных полукустарников, эфемеров и эфемероидов торопящихся

использовать весеннюю влагу (полынь, солянки). В результате конкурентных взаимоотношений между видами на уровне корневых систем формируются разреженные фитоценозы, состоящие в основном из ксерофитов. Ксерофиты-склерофиты не способны запасать воду в своих тканях, листья и стебли сухие (различные виды полыни, овсяница бороздчатая, ковыль и другие). Псаммофиты имеют ксероморфную структуру, мощно развитую корневую систему, корни способны при их обнажении из-за развеивания песка образовывать придаточные почки, а стебли – быстро формировать придаточные корни при засыпании песком. Поскольку происходит не только навевание, но и выдувание песка, часть корней оголяется и под воздействием палящего солнца погибает. Семена и плоды псаммофитов имеют специальные приспособления для распространения и сохранения, плоды летучи, передвигаются с песком по его поверхности. Типичные псаммофиты – кустарнички (*Inula sabuletorum*, *Calligonum aphyllum*, *Alhagi pseudalhagi*, *Carex arenaria*). Закрепленные пески весной покрываются густой травянистой растительностью (*Poa bulbosa*, *Bromus tectorum* и другие эфемерные растения). Весной и летом главное кормовое растение – *Carex arenaria*. Соотношением температур и осадков со второй половины июня по III-ю декаду сентября устанавливается сухой период – лимитирующий фактор для развития растительности.

Осенью основной корм – полукустарники и кустарники, ранней весной – эфемеры (*Carex arenaria*), однолетние злаки (*Bromus tectorum*, *Festuca valensiaca*), небольшое количество видов семейства маревых. После исчезновения эфемеров появляются летние травы, цветут кустарники. Относительно небольшая плотность растительного покрова и своеобразие его видового состава указывает на специфические и экологические условия. Обеспеченность растений влагой здесь лучше, чем на других видах почв аридной зоны, что объясняется водопроницаемыми песчаными почвами и наличием на небольшой глуби-

Виды растений псаммофитной флоры песчаных массивов КБС

Вид растения	Семейство	Встречаемость по шкале Миркина	Проективное покрытие %
<i>Agropyrum cristatum</i>	<i>Poaceae</i>	2	15
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	<i>Fabaceae</i>		
<i>Bromus squarrosus</i>	<i>Poaceae</i>	2	15
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Poaceae</i>	4	45
<i>Calligonum aphyllum</i>	<i>Polygonaceae</i>	3	25
<i>Carex arenaria</i>	<i>Cyperaceae</i>	4	45
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Poaceae</i>	2	15
<i>Elytrigia repens</i>	<i>Poaceae</i>	3	25
<i>Eremopyrum triiiceum</i>	<i>Poaceae</i>	5	50
<i>Eremopyrum orientale</i>	<i>Poaceae</i>	1	5
<i>Festuca valensiaca (munчак)</i>	<i>Poaceae</i>	1	5
<i>Kochia prostrata</i>	<i>Chenopodioidae</i>	1	5
<i>Limonium meyeri</i>	<i>Plumbaginaceae</i>	1	5
<i>Poa bulbosa</i>	<i>Poaceae</i>	1	5
<i>Phleum paniculatum</i>	<i>Poaceae</i>	2	15
<i>Stipa cappillata</i>	<i>Poaceae</i>	1	15

не горизонта пресной воды. От испарения защищают верхние слои песка, которые быстро высыхают.

Во влажный период 2010–2015 годов обнаружен инвазионный вид *Cucumis prophetarum* (семейство *Cucurbitaceae*, род *Cucumis*) на песчаном массиве и локально на светло-каштановой почве южного склона массива. Инвазионный потенциал вида небольшой. По литературным данным он не культивируется как кормовая культура. Его распространение зависит от природных и биогеографических факторов. За пять лет ареал увеличился на 25%, появились новые популяции, увлажнение оказалось важнейшим фактором его формирования. Растение с длинной стержневой системой (1...1,5 м).

Стебель стелющийся, тоненький, с беловатыми волосками. Усики простые, короткие. Листья сердцевидно-усеченные, лепестки цветка с зубчатыми краями. Цветет с июля по сентябрь, в августе завязываются плоды похожие одновременно на крыжовник и арбуз, цвет зрелого плода желтый, с шипами. Произрастание этого вида на территории КБС с резким континентальным климатом и неплодородной светло-каштановой почве на песчаном массиве остается неизученным. Видовой состав сообществ изменяется в зависимости от ландшафтно-экологических условий.

Большое влияние на жизнь растений псаммофитов оказывает подвижность песчаного субстрата, в результате чего им постоянно грозит опасность или быть погребенными под толщей песка или оказаться с обнаженными корнями и засохнуть. Псаммофиты имеют ксероморфную структуру, так как часто испытывают недостаток влаги. [1, 2]

Уязвимость ландшафтов к антропогенному воздействию возрастает от увеличения хозяйственного использования и от того, что климат становится более сухим и жарким.

Лишенные растительной дернины пески развеваются ветром, возникают массивы подвижных песков. Заращение разбитых песков происходит с возникновением растений пионеров-псаммофитов первого порядка и злаковых, способных развиваться на подвижных песках. После появляется полынь песчаная, высокий полукустарничек с мощной корневой системой, *Calligonum aphyllum* (джузгун) – кустарник псаммофит. Формируется зональная растительность, представленная сообществами *Agropyron cristatum* и *Kochia prostrate* (прутняк).

Пески способны поглощать и конденсировать влагу из воздуха. Зимой и весной они промачиваются на глубину 1...1,5 м, вся влага расходуется на транспирацию растениями.

Анализируя физическое состояние песчаного субстрата, на котором произрастают псаммофиты, их можно объединить в одну экологическую группу (ксерофиты-склерофиты).

Псаммофиты представляют собой интразональный тип растительности, их флористический состав сосредоточен на песчаных субстратах, локально на супесчаных почвах. Псаммофиты характеризуются низкой видовой численностью, однотонностью состава и приуроченностью к определенным экологическим нишам.

Важный фактор, определяющий растительный покров, – микрорельеф песчаного массива, который влияет на распределение влаги. На микровозвыше-

ниях преобладают полынь, злаки, незначительно прутняк, на склонах и понижениях – типчаково-полынные ассоциации. На песчаном массиве КБС средообразующие растения – галофиты-псаммофиты, которые перераспределяют и сохраняют влагу. Высокая влажность песка на глубине 30...50 см. Неодинаковая степень влажности на разных глубинах (10...20, 20...30, 30...50, 50...100 см) объясняется особенностями строения кроны и микрорельефа. Переход от светло-каштановых супесчаных к супесчаным почвам происходит под влиянием антропогенных факторов. Скорость наступления массивов подвижных песков на прилегающие земли зависит от направления и скорости ветра, при сухом климате, особенно в засушливые годы, в нашем случае в 2018–2019 годах.

Появлению участков песков закрепленных и слабо закрепленных способствовал бессистемный выпас скота. Они подверглись дефляции, затем зарастанию, а при антропогенном воздействии снова пришли в движение. Особенно сильно разбиты и превращены почти в сплошные барханы пески в северной части массива.

Изучая разнотравный покров песчаных массивов, установили их флористический состав, определили эколого-ценотические характеристики: приспособленность стержневых видов растений к высокой инсоляции, засухе на подвижном песчаном субстрате.

Таким образом, наличие определенных приспособлений метаболизма обеспечивает растениям рост и развитие там, где почва практически отсутствует. Процессы биологического накопления приспособления позволяют выявить закономерности распространения и развития растений, образования растительных сообществ.

Присутствие стержнекорневых видов растений объясняется их приспособленностью к высокой инсоляции и устойчивостью к засухе. Среди псаммофитов доминирует экологическая группа – ксерофиты.

Стабильность распространения аборигенных видов растений преимущественно выше инвазионных, в результате адаптивного потенциала к местным экологическим условиям.

Выводы. Растительность закрепленных и развеваемых песков – интразональная, характеризуется преобладанием длиннокорневищной и стержнекорневой биоформ.

На песчаных массивах КБС выявлено фитоценологическое разнообразие псаммофитной растительности, обусловленное экологическими, анатомическими, физиологическими особенностями псаммофильных сообществ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гайрабеков Х.Т. Разнообразие псаммофильной растительности Терско-Кумских песков. Мат. XII Межд. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». Махачкала, 2010. С. 127–128.
2. Гайрабеков Х.Т., Мацаева С.Б., Бероева М.В. Экологический анализ псаммофитов Терско-Кумской низменности // Вестник КрасГСАУ. 2012. № 4. С. 128–133.
3. Залибеков З.Г., Стасюк Н.В., Добровольский Г.В. Оценка деградации и опустынивания почвенного покрова северного равнинного Дагестана // Экология. 2004. № 3. С. 172–178.

4. Кужугет С.К. Песчаные ландшафты и геоэкологические особенности аридных экосистем Тувы. Автореф. дисс. ... канд. географ. наук. Улан-Удэ, 2005. С. 20–21.
5. Шамсутдинов З.Ш. Методы экологической реставрации аридных экосистем в районах пастбищного животноводства. Степной бюллетень. № 11. 2002.
6. Яровенко Е.В. Галофиты и псаммофиты Нарат-Тюбинского хребта Предгорного Дагестана // Почвы аридных регионов, их динамика и продуктивность в условиях опустынивания. Мат. всерос. науч. конф. Махачкала: Наука, 2007. С. 116–120.
2. Gajrabekov H.T., Macaeva S.B., Beroeva M.V. Ekologicheskij analiz psammofitov Tersko-Kumskoj nizmennosti // Vestnik KrassGAU. 2012. № 4. S. 128–133.
3. Zalibekov Z.G., Stasyuk N.V., Dobrovolskij G.V. Ocenka degradacii i opustynivaniya pochvennogo pokrova severnogo ravninnogo Dagestana // Ekologiya. 2004. № 3. S. 172–178.
4. Kuzhuget S.K. Peschanye landshafty i geoeologicheskie osobennosti aridnyh ekosistem Tuvy. Avtoref. diss. ... kand. geograf. nauk. Ulan-Ude, 2005. S. 20–21.
5. Shamsutdinov Z.Sh. Metody ekologicheskoy restavracii aridnyh ekosistem v rajonah pastbishchnogo zhivotnovodstva. Stepoj byulleten'. № 11. 2002.
6. Yarovenko E.V. Galofity i psammofity Narat-Tyubinskogo hrebta Predgornogo Dagestana // Pochvy aridnyh regionov, ih dinamika i produktivnost' v usloviyah opustynivaniya. Mat. vseros. nauch. konf. Mahachkala: Nauka, 2007. S. 116–120.

REFERENCES

1. Gajrabekov H.T. Raznoobrazie psammofil'noj rastitel'nosti Tersko-Kumskih peskov. Mat. XII Mezhd. konf. «Biologicheskoe raznoobrazie Kavkaza». Mahachkala, 2010. S. 127–128.

УДК 633.174:581.151:519.233.5

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/58-62, EDN: KCOLPU

ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ

Наталья Александровна Ковтунова, кандидат сельскохозяйственных наук

Александр Егорович Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук

Владимир Викторович Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук

Нина Станиславовна Кравченко, кандидат биологических наук

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Ростовская область, Россия

E-mail: n-beseda@mail.ru

Аннотация. Урожайность сельскохозяйственной культуры – результат взаимодействия количественных признаков растения с условиями внешней среды. Анализ зависимости сортов суданской травы от внешних условий, определение их изменчивости, пластичности и стабильности – актуальные задачи для науки и производства. Цель работы – изучить изменчивость основных хозяйственно ценных признаков суданской травы и их зависимость от метеорологических условий, определить параметры экологической адаптивности сортов. Исследования проводили в 2012–2021 годах. Объект изучения – сорта суданской травы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Установлено, что наибольший вклад в изменчивость урожайности зеленой массы, содержание сухого вещества и сырого протеина в сухом веществе у суданской травы вносит фактор В (год) (74,6; 81,3 и 62,1% соответственно). Корреляционный анализ показал, что урожайность зеленой массы находится в сильной прямой связи с количеством осадков ($r = 0,71-0,79$); содержание сырого протеина – суммой температур за период «всходы-выметывание» ($r = 0,71-0,77$). В среднем наибольшая урожайность зеленой массы (40 т/га), сухого вещества (9,3 и 9,8 т/га) и сбор переваримого протеина (0,59 и 0,64 т/га соответственно) отмечены у сортов Алиса и Грация. Коэффициент вариации указывает, что урожайность зеленой массы, содержание сухого вещества и сырого протеина имеют среднюю изменчивость ($C_v = 15,4-17,6\%$), а урожайность сухого вещества и сбор переваримого протеина – сильную ($C_v = 20,6-22,5\%$). По урожайности зеленой массы изученные сорта интенсивные, с повышенной отзывчивостью на высокий агрофон ($b_i = 1,88-3,00$) и невысокой стабильностью ($S_i^2 = 39,2-68,6$). По содержанию сухого вещества и сырого протеина сорта хорошо адаптированные к разнообразным условиям среды.

Ключевые слова: сорт, суданская трава, урожайность, корреляция, дисперсионный анализ, пластичность, стабильность

PARAMETERS OF ADAPTABILITY AND VARIABILITY OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SUDANESE GRASS HERBAGE

N.A. Kovtunova, PhD in Agricultural Sciences

A.E. Romanyukin, PhD in Agricultural Sciences

V.V. Kovtunov, PhD in Agricultural Sciences

N.S. Kravchenko, PhD in Biological Sciences

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Rostov region, Russia

E-mail: n-beseda@mail.ru

Abstract. Productivity of an agricultural crop is the result of correlation between quantitative characteristics of a plant and environmental conditions. The analysis of Sudan grass varieties' dependence on external conditions, determination of their variability, adaptability and stability is of great relevance for science and production. The purpose of the current research was to analyze the variability of the main

economically valuable traits of Sudan grass and their dependence on meteorological conditions, to determine ecological adaptability parameters of the Sudan grass varieties. The study was carried out in 2012–2021, the objects of which were the Sudan grass varieties developed by the Federal State Budgetary Scientific Institution “ARC “Donskoy”. There has been established that the greatest effect on the variability of green mass productivity, the content of dry matter and crude protein in the dry matter of Sudan grass was made by the factor “year” (74.6; 81.3 and 62.1%, respectively). The analysis has shown that green mass productivity is in a strong direct correlation with the amount of precipitation ($r=0.71-0.79$); the percentage of crude protein correlates with the sum of temperatures during the period of ‘sprouts – heading stage’ ($r = 0.71-0.77$). On average, through the years of study, the largest productivity of green mass (40 t/ha) and dry matter (9.3 and 9.8 t/ha), and yields of digestible protein (0.59 and 0.64 t/ha, respectively) were identified in the varieties ‘Alisa’ and ‘Gratsiya’. The coefficient of variability has shown that green mass productivity, content of dry matter and crude protein have an average variability ($Cv = 15.4-17.6\%$), and dry matter productivity and the yields of digestible protein are strong ($Cv = 20.6-22.5\%$). According to the green mass productivity, the studied varieties were intensive, with increased responsiveness to a high agricultural background ($bi = 1.88-3.00$) and low stability ($Si^2 = 39.2-68.6$). According to the content of dry matter and crude protein, the varieties can be classified as well-adapted to various environmental conditions.

Keywords: variety, Sudan grass, yield, correlation, analysis of variance, plasticity, stability

Урожайность сельскохозяйственной культуры – это результат взаимодействия количественных признаков растения с условиями внешней среды. При большом разнообразии климатических и почвенных условий России необходимо искать сорта для конкретной зоны. Так как потенциальная урожайность любой культуры зависит от влияния факторов внешней среды, особенно метеорологических, потери от них в отдельные годы составляют до 50...65% и более. [2, 5, 6, 10, 13] Один и тот же сорт в различных условиях возделывания имеет разную высоту растений, кустистость, облиственность. Отклик сортов на изменение внешних условий вызван свойствами и признаками, заложенными в генотипе. Сорта, сохраняющие высокую урожайность независимо от внешних условий – экологически пластичные. Знания по данному показателю позволяют подбирать сорта для каждой климатической зоны, что особенно актуально при районировании сортов и гибридов. [4, 13] Высокая и стабильная урожайность в меняющихся условиях возделывания – важное достоинство сорта, которое помогает эффективно использовать другие факторы интенсификации производства (удобрения, орошение и другое).

Несмотря на то, что суданская трава одна из самых засухоустойчивых и жаростойких кормовых культур, она очень сильно отзывывается на улучшение условий возделывания. На урожайность и качество суданской травы влияют рост температур, уменьшение количества осадков, увеличение повторяемости и продолжительности засух, а также выпадение осадков в виде ливней. [1, 5, 15] Поэтому анализ зависимости сортов суданской травы от внешних условий, определение их изменчивости, пластичности и стабильности – актуальные задачи для науки и производства.

Цель работы – изучение изменчивости основных хозяйственно ценных признаков суданской травы и их зависимость от метеорологических условий, определение параметров экологической адаптивности сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2012–2021 годах на полях ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (г. Зерноград, Ростовская область). Почва – обыкновенный карбонатный чернозем.

Метеорологические условия были контрастными, что позволило сделать объективный анализ со-

ртов суданской травы по параметрам пластичности. Гидротермический коэффициент по данным метеостанции «Зерноград» указывает на очень сильную засуху в 2018 году (ГТК = 0,34), в остальные годы он соответствовал засушливой и очень засушливой зоне (ГТК = 0,49...0,88).

Объект изучения – сорта суданской травы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» – *Александрина* (стандарт), *Алиса*, *Грация* и *Анастасия*.

Закладку опыта, наблюдения и учеты осуществляли в конкурсном испытании согласно методике государственного сортоиспытания. [11] Посев суданской травы проводили в оптимальные сроки – I...II декады мая сеялкой «Альфа» рядовым способом (ширина междурядья 15 см). Норма высева – 1,6 млн всх. семян/га. Учетная площадь делянок – 25 м², повторность четырехкратная, расположение систематическое. Подготовку почвы и мероприятия по уходу вели в соответствии с Технологией возделывания суданской травы на семена. [7] Уборка зеленой массы – дважды (два укоса) в фазе начала выметывания, высота среза – 5...6 см.

Содержание сырого протеина определяли в лаборатории биохимической оценки растений ФГБНУ «АНЦ «Донской» по методу Кьельдаля.

Полученные данные статистически обрабатывали по методике полевого опыта [8] с использованием компьютерных программ Ms. Excel и Statistica 10. Коэффициенты пластичности и стабильности рассчитывали по методике S.A. Eberhart, W.A. Russel в изложении В.А. Зыкина по формулам:

$$bi = \frac{\sum Y_{ij} * I_j}{\sum I_j^2}, \quad (1)$$

где Y_{ij} – урожайность/признак/ i-го сорта за j-й год; I_j – величина индекса условий среды за j-й год.

$$\sigma d^2 = \frac{\sum \sigma_{ij}^2}{(n-2)}, \quad (2)$$

где $\sum \sigma_{ij}^2$ – сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической; n – число пунктов.

Параметр экологической пластичности (bi) показывает как сорт реагирует на улучшение условий выращивания: $bi > 1$ – обладает большей отзывчивостью на улучшение условий; $bi < 1$ – реагирует слабее и больше подходит к экстенсивному фону; $bi = 1$ – полное соответствие с усло-

виями выращивания и их изменением; $b_i = 0$ — никак не реагирует.

Чем ниже коэффициент дисперсии (экологическая стабильность S_i^2) в числовом эквиваленте, тем стабильнее ведет себя сорт в тех или иных условиях. [9]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Урожайность растений отражает все биологические особенности сорта и его отношение к условиям возделывания. Результаты проведенного двухфакторного дисперсионного анализа показали, что варианты, отражающие изменчивость урожайности по сортам и годам, достоверны с высокой вероятностью ($p < 0,001$). Наибольший вклад в изменчивость урожайности зеленой массы у суданской травы вносит фактор В (год) (74,6%), доля фактора А (сорт) составляет 13,6% (табл. 1).

Согласно данным ряда исследователей, сорт играет главную роль при формировании урожайности. [3, 4, 12] Невысокие значения изменчивости, вызванные фактором А, в наших исследованиях можно объяснить тем, что изучаемые сорта — одни из самых продуктивных и стабильных по данному показателю. Урожайность зеленой массы по годам значительно различалась (рис. 1, 4-я стр. обл.).

Наибольшая урожайность зеленой массы по сортам суданской травы в среднем сформировалась в 2021 и 2017 годах — 51 и 46 т/га соответственно, наименьшая (по 32 т/га) в 2013 и 2018. Наибольшая урожайность (40 т/га) у сортов *Алиса* и *Грация*.

В ходе корреляционно-регрессионного анализа установлено, что урожайность зеленой массы находится в сильной прямой связи с количеством осадков в фазе «всходы-выметывание» ($r = 0,71...0,79$ по сортам) и средней обратной со средней температурой воздуха за тот же период ($r = -0,43...-0,60$). При повышении количества осадков на 1 мм в период «всходы-выметывание» урожайность зеленой массы у сорта *Александрина* увеличивается на 0,139 т/га, а при повышении средней температуры воздуха на 1°C — снижается на 2,317 т/га. Такая тенденция наблюдается по всем изученным сортам (рис. 2, 4-я стр. обл.).

Урожайность сухого вещества — один из главных продуктивных показателей у суданской травы, так как в основном ее используют в виде сена. Сухое вещество — носитель питательной ценности грубых кормов. Знание содержания сухого вещества

в корме необходимо и для составления правильного рациона сбалансированного питания. Содержание сухого вещества и сырого протеина очень зависит от погодных условий. [1, 14]

На рисунке 3 (4-я стр. обл.) показано изменение содержания сухого вещества за 2012–2021 годы. Наибольшие значения показателя отмечены в 2012, 2014 и 2021 годах.

По результатам дисперсионного анализа установили, что условия возделывания вносят большой вклад в изменчивость содержания сухого вещества в зеленой массе у суданской травы (81,3%). Доля фактора А (сорт) незначительна — 12,2% (табл. 1).

На основании корреляционно-регрессионного анализа можно сделать вывод, что содержание сухого вещества в зеленой массе не зависит от количества осадков, а с суммой температур за период «всходы-выметывание» имеет слабую отрицательную связь ($r = -0,31...-0,39$). На рисунке 4 (4-я стр. обл.) приведен график зависимости содержания сухого вещества от суммы температур на примере сорта *Алиса*. Коэффициент корреляции составил $r = -0,39$, при увеличении суммы осадков на 1°C содержание сухого вещества снижается на 0,01%.

Одна из важнейших задач при создании новых сортов и гибридов — селекция на качество. Главный качественный признак суданской травы — содержание протеина. [2, 3, 14] Наибольший показатель в среднем за годы исследований отмечен у сорта *Грация* — 9,95% (рис. 5, 4-я стр. обл.). Благоприятным для накопления сырого протеина оказался 2018 год (в среднем по сортам — 11,95%), в котором наблюдались минимальные значения урожайности зеленой массы (32 т/га). Самые неблагоприятные условия в 2019 и 2021 годах (7,98 и 8,08%), однако урожайность имела высокие значения (37 и 50 т/га).

Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа, приведенным в таблице 1, вклад фактора В в общую изменчивость признака составил 62,4%, фактора А — 10,3%.

Содержание сырого протеина находится в сильной положительной связи с суммой температур за период «всходы-выметывание» ($r = 0,71...0,77$) и очень слабой отрицательной — с суммой осадков за этот период ($r = -0,16...-0,28$). При увеличении суммы температур на 1°C содержание сырого протеина повышается на 0,01% (*Александрина*), а при увеличении осадков на 1 мм — снижается на 0,01% (рис. 6, 4-я стр. обл.).

Корреляционной связи метеоусловий за период «первый-второй укос» с урожайностью и качеством зеленой массы суданской травы не выявлено.

Основные результативные показатели продуктивности и качества у суданской травы — урожайность зеленой массы и сухого вещества, сбор переваримого протеина. Наибольшая урожайность зеленой массы (40 т/га), сухого вещества (9,3 и 9,8 т/га) и сбор переваримого протеина (0,59 и 0,64 т/га соответственно) в среднем за годы исследований отмечены у *Алисы* и *Грации* (табл. 2).

Значительные различия по изученным признакам наблюдали как по генотипам, так и годам испытаний. В качестве меры относительной стабильности признака использовали коэффициент вариации (C_v). Установлено, что содержание су-

Таблица 1.
Доля влияния факторов на основные хозяйственно ценные показатели сортов суданской травы, 2012–2021 годы

Источник вариации	Урожайность зеленой массы, т/га	Содержание, %	
		сухое вещество	сырой протеин
Общий	100	100	100
	13,6	12,2	10,3
Фактор А (сорт)	Fфакт.=10,33; Fтеор.=3,05	Fфакт.=16,98; Fтеор.=3,05	Fфакт.=3,40; Fтеор.=3,05
	74,6	81,3	62,4
Фактор В (год)	Fфакт.=18,90; Fтеор.=2,34	Fфакт.=37,69; Fтеор.=3,05	Fфакт.=6,85; Fтеор.=3,05
Случайные отклонения	11,8	6,5	27,3

Таблица 2.
Изменчивость основных хозяйственно ценных показателей
сортов суданской травы, 2012–2021 годы

Показатель	Александрина, С	Алиса	Грация	Анастасия	Среднее
Урожайность зеленой массы					
Среднее, т/га НСР ₀₅ =5,3	34	40	40	37	38
Min...max, т/га	26...43	33...53	34...53	30...53	–
Cv, %	16,1	17,2	16,1	19,8	17,3
b _i	1,88	2,29	2,49	3,00	–
Si ²	39,2	48,7	54,6	68,6	–
Содержание сухого вещества					
Среднее, % НСР ₀₅ =2,7	23,2	23,3	24,5	23,3	23,3
Min...max, %	19,1...29,7	19,8...29,5	16,9...28,4	20,0...27,5	–
Cv, %	15,8	13,9	18,8	12,6	15,3
b _i	1,41	1,17	1,66	1,23	–
Si ²	2,81	2,57	4,56	1,78	–
Урожайность сухого вещества					
Среднее, т/га НСР ₀₅ =1,1	7,9	9,3	9,8	8,6	8,9
Min...max, т/га	7,6...13,6	7,3...12,6	8,7...14,1	6,6...13,2	–
Cv, %	22,5	19,0	23,9	24,8	22,6
Содержание сырого протеина					
Среднее, % НСР ₀₅ =0,89	9,1	9,7	10,0	8,1	9,2
Min...max, %	7,1...11,8	7,0...13,1	8,1...12,4	6,9...10,5	–
Cv, %	18,0	21,6	15,4	15,5	17,6
b _i	1,48	1,91	1,44	0,76	–
Si ²	0,88	1,15	0,66	1,39	–
Сбор переваримого протеина					
Среднее, т/га НСР ₀₅ =0,08	0,47	0,59	0,64	0,46	0,54
Min...max, т/га	0,36...0,66	0,39...0,70	0,39...0,76	0,38...0,86	–
Cv, %	18,2	16,2	22,5	25,7	20,6

ного вещества и сырого протеина имеют среднюю изменчивость (Cv = 15,4...17,6%), а урожайность сухого вещества и сбор переваримого протеина – сильную (Cv = 20,6...22,5%). Следует учитывать, что абсолютные значения данного показателя подвержены внешним условиям и могут привести к искажению результатов оценки отзывчивости сортов. [2, 13] Степень реакции сортов (генотипа) на изменения внешней среды характеризуют коэффициенты пластичности (b_i) и стабильности (Si²). По урожайности зеленой массы изученные сорта относятся к интенсивным, с повышенной отзывчивостью на высокий агрофон (b_i = 1,88...3,00) и невысокой стабильностью (Si² = 39,2...68,6). Наиболее стабильный результат показал сорт *Александрина* (Si² = 39,2). По содержанию сухого вещества сорта хорошо адаптированные к разнообразным условиям среды (b_i = 1,17...1,66; Si² = 1,78...4,56), особенно сорт *Анастасия* (b_i = 1,23; Si² = 1,78). По количеству сырого протеина в сухом веществе зеленой массы изученные сорта также можно отнести к хорошо

адаптированным к условиям среды (b_i = 0,76...1,91; Si² = 0,66...1,39). Высокая пластичность и стабильность по данному показателю отмечена у *Александрины* и *Грации* (b_i = 1,48 и 1,44; Si² = 0,88 и 0,66 соответственно).

Таким образом, использование разнообразных методов оценки адаптивности сортов суданской травы позволяет избежать ошибки, связанной с влиянием внешних факторов, и провести более информативный, объективный анализ сортов сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алабушев А.В., Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В., Ермолина Г.М. Кормовая ценность суданской травы в зависимости от срока уборки // Аграрная наука Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 4. С. 343–350. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350.
2. Антимонов А.К., Косых Л.А., Сыркина Л.Ф., Антимонова О.Н. Влияние метеорологических условий на продуктивность и качество зерна сорго зернового // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 93–96.
3. Антимонов А.К., Сыркина Л.Ф., Косых Л.А., Антимонова О.Н. Селекционная ценность перспективных сортов суданской травы в ФГБНУ «Поволжский НИИСС» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2-2 (82). С. 396–399.
4. Барановский А.В., Курдюкова О.Н., Косонова Т.М., Гелюх В.Н. Урожайность, пластичность и стабильность современных гибридов зернового сорго в условиях Луганской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 8–13. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp8-13.
5. Биктимиров Р.А., Шакирзянов А.Х., Низаева А.А. Экологическая стабильность и пластичность кормового сорго в Республике Башкортостан // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810.
6. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васькина Т.И. Агрэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [sorghum bicolor (L.) Moench] в условиях Юго-Западной части Центральной России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 27–38.
7. Горпиниченко С.И., Беседа Н.А., Ермолина Г.М. и др. Технология возделывания суданской травы на семена. Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2011. 20 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
9. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений: 2-е изд., перераб. и доп. Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. 100 с.
10. Косых Л.А., Казарина А.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки льна масличного в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (50). С. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-98-104.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур // Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 194 с.
12. Муслимов М.Г., Куркиев К.У., Абдуллаев К.М. Сортовой потенциал как важнейший фактор повышения

урожайности сорго в современных экономических условиях // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3 (39). С. 114–117.

13. Фоменко М.А., Грабовец А.И., Олейникова Т.А., Мельникова О.В. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 105–111.
14. Шишова Е.А. Качество зеленой массы суданской травы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 145–151.
15. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic. E3S Web of Conferences. 2021; 262:01012 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201012>.

REFERENCES

1. Alabushev A.V., Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Ermolina G.M. Kormovaya cennost' sudanskoj travy v zavisimosti ot sroka uborki // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. T. 20. № 4. S. 343–350. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.4.343-350.
2. Antimonov A.K., Kosyh L.A., Syrkin L.F., Antimonova O.N. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na produktivnost' i kachestvo zerna sorgo zernovogo // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). S. 93–96.
3. Antimonov A.K., Syrkin L.F., Kosyh L.A., Antimonova O.N. Selekcionnaya cennost' perspektivnykh sortov sudanskoj travy v FGBNU «Povolzhskij NIIS» // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2018. T. 20. № 2-2 (82). S. 396–399.
4. Baranovskij A.V., Kurdyukova O.N., Kosogova T.M., Gelyuh V.N. Urozhajnost', plastichnost' i stabil'nost' sovremennykh gibridov zernovogo sorgo v usloviyah Luganskoj oblasti // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 2. S. 8–13. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp8-13.
5. Biktimirov R.A., Shakirzyanov A.H., Nizaeva A.A. Ekologicheskaya stabil'nost' i plastichnost' kormovogo sorgo v Respublike Bashkortostan // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33. № 8. S. 46–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10810.
6. Verholamochkin S.V., Bel'chenko S.A., Vas'kina T.I. Agrokologicheskoe ispytanie sortov i gibridov sorgo kormovogo [sorghum bicolor (L.) Moench] v usloviyah Yugo-Zapadnoj chasti Central'noj Rossii // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3. S. 27–38.
7. Gorpichenko S.I., Beseda N.A., Ermolina G.M. i dr. Tekhnologiya vozdel'nyaniya sudanskoj travy na semena. Rostov-na-Donu: ZAO «Kniga», 2011. 20 s.
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
9. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij: 2-e izd, pererab. i dop. Ufa: Bashkirskij GAU, 2011. 100 s.
10. Kosyh L.A., Kazarina A.V. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na hozyajstvenno cennye priznaki l'na maslichnogo v lesostepnoj zone Srednego Povolzh'ya // Vestnik Ul'yano-vskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2020. № 2 (50). S. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-2-98-104.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vypusk vtoroj. Zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury. M., 1989. 194 s.
12. Muslimov M.G., Kurkiev K.U., Abdullaev K.M. Sortovoj potencial kak vazhnejshij faktor povysheniya urozhajnosti sorgo v sovremennykh ekonomicheskikh usloviyah // Problemy razvitiya APK regiona. 2019. № 3 (39). S. 114–117.
13. Fomenko M.A., Grabovec A.I., Olejnikova T.A., Mel'nikova O.V. Parametry adaptivnosti i gomeostatichnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v stepnoj zone Rostovskoj oblasti // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 4 (32). S. 105–111.
14. Shishova E.A. Kachestvo zelenoj massy sudanskoj travy // Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 2 (46). S. 145–151.
15. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic. E3S Web of Conferences. 2021; 262:01012 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201012>.

УДК: 634.11:631.52 (470.6)

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/62-66, EDN: KCVIXB

ГЕНОТИПИЧЕСКАЯ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ПРИЗНАКОВ И СВОЙСТВ ПРИ ИХ НАСЛЕДОВАНИИ ГИБРИДНЫМ ПОТОМСТВОМ ЯБЛОНИ

Рашид Султанович Шидаков, доктор сельскохозяйственных наук

Асият Сугдановна Шидакова, доктор биологических наук

Батырбек Хамиевич Халилов, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: kbrapple@mail.ru

Аннотация. Важное значение для развития частной генетики и селекции яблони имеют исследования, касающиеся влияния индивидуальных отборов по одним признакам на проявление других. Приведенные в статье результаты показывают, что важно знать сопряженность между основными хозяйственно-биологическими признаками и свойствами при их наследовании гибридным потомством. Несмотря на то, что практически все приоритетные признаки сорта яблони наследуются независимо друг от друга, представленные в статье примеры сопряженного наследования следует учитывать при использовании генотипов в качестве родительских форм. Это поможет упростить практику отбора и интенсифицировать процесс

селекции. Чтобы в будущем иметь более эффективные примеры сопряженного наследования, необходимо создать комплексные доноры с максимально выраженными основными хозяйственно ценными признаками и свойствами яблони.

Ключевые слова: сорта яблони, селекция, комбинационная способность

GENOTYPIC INTERDEPENDENCE OF TRAITS AND PROPERTIES WHEN THEY ARE INHERITED BY THE HYBRID OF SPRING OF THE APPLE TREE

R.S. Shidakov, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

A.S. Shidakova, *Grand PhD in Biological Sciences*

B.H. Khalilov, *PhD in Agricultural Sciences*

*State Scientific Organization North Caucasian Scientific Research Institute
of Mountain and Foothill Gardening, Nalchik, KBR, Russia*

E-mail: kbrapple@mail.ru

Abstract. *The research concerning the influence of individual selections on one Characteristics on the manifestation of others is of great importance for the development of private genetics and apple breeding. The results presented in the article show that it is very important for a breeder to know the conjugacy between the main economic and biological characteristics and properties when they are inherited by hybrid offspring. Despite the fact that almost all the priority features of the apple variety are inherited independently of each other, the examples of conjugate inheritance given in this section should be taken into account when using these genotypes as parental forms. Knowing a certain conjugacy, it is possible to simplify the practice of selection and thereby intensify the selection process. Therefore, in order to have more effective examples of conjugate inheritance in the future, it is necessary to create complex donors with the most pronounced main economically valuable characteristics and properties of the apple tree.*

Keywords: *apple varieties, selection, combinational ability*

Важное значение для развития генетики и селекции яблони имеют исследования, касающиеся влияния индивидуальных отборов по одним признакам на проявление других.

Достигнуты значительные успехи и осуществлены важные теоретические разработки по изучению генетических основ закономерностей наследования отдельных признаков и на их базе созданы доноры по приоритетным признакам сорта. Известно, что одни наследуются независимо, а другие в тесной связи (сила роста дерева и скороплодность, характер ветвления кроны и зимостойкость, зимостойкость и урожайность). [4] Интенсивный отбор по скороплодности приводит к увеличению параметров дерева, урожайности – к снижению зимостойкости. Существует корреляция между положительными признаками и свойствами. Высокая корреляция между длиной ювенильного периода и сроками созревания плодов, продолжительностью периода от цветения до созревания плодов, содержанием в плодах РСВ и сахаров, началом распускания почек и наступлением периода цветения, величиной листовой пластинки и крупноплодностью. [2, 3] Интенсивным односторонним отбором можно повысить потенциал двух или нескольких взаимосвязанных признаков.

Цель работы – выявить основные генетические связи и закономерности наследования признаков и свойств при скрещивании различных по происхождению сортов яблони.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – выделенные ранее местные и интродуцированные североамериканские и европейские сорта яблони.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сопряженное наследование слаборослости с зимостойкостью.

В различных экологических регионах сорт *Вагнера призовое* выделен как один из наиболее эффективных в качестве исходного материала в селекции на слаборослость. Он – единственный в сорimente южного региона, проявляющий стабильность по формированию в потомстве значительного числа (8,5...30,8%) слаборослых растений с небольшими параметрами кроны дерева. Однако выделенные в его потомстве карлики проявляют очень слабую устойчивость к неблагоприятным факторам зимнего периода. При критических температурах воздуха – минус 27,0...минус 29,6°С, частых оттепелях с возвратными холодами, выделенные в потомстве семей *Вагнера призовое* × *Ренет Симиренко*, *Вагнера призовое* × *Джонаред*, *Вагнера призовое* × *Редспур Делишес*, *Вагнера призовое* × *Хардиспур* и *Вагнера призовое* × *Вайнеспур* карлики были повреждены морозами (2,5...4,0 балла) и практически полностью вымерзли. Небольшое число карликовых растений, выделенных в гибридной популяции, полученной при опылении *Вагнера призового* сортами *Макинтош* (2,6%), *Голден Делишес* (3,3), *Голдспур* (3,2), *Еллоуспур* (3,9), *Ред Делишес* (1,2), *Старкримсон* (1,3), *Старкспур Голден Делишес* (1,6), *Уэллспур* (1,6) и *Аувелспур* (1,3%), проявили относительную устойчивость (повреждение основных скелетных ветвей дерева – до 2,5 балла) к неблагоприятным факторам зимы. Способность *Вагнера призового* передавать потомству совместно со слаборослостью зимостойкость ($r = 0,86$), относительную устойчивость к парше ($r = 0,34$) и скороплодность ($r = 0,44$) позволяет ему оставаться в числе доноров по комплексу этих признаков.

Сопряженное наследование силы роста со скороплодностью.

Существует тесная связь между силой роста дерева в высоту и скороплодностью. Выявлено, что только по достижении сеянцами яблони достаточной вегетативной массы они вступают в пору плодоношения. Однако по результатам других исследований гибридные сеянцы способны плодоносить уже на третий год при наличии нескольких боковых разветвлений. [1, 5] По формированию таких сеянцев хорошо зарекомендовали себя в разных экологических регионах сорта *Вагнера призовое* и *Голден Делишес*. В их потомстве у большинства сеянцев плодоношение наступает на пятый-шестой год, у части гибридов (3,2%) — до четырехлетнего возраста.

Многие из скороплодных сеянцев, формирующихся в потомстве *Вагнера призового* и *Голден Делишес*, одновременно характеризуются слабым ростом в высоту и мощной энергией развития (утолщенные побеги с укороченными междоузлиями, хорошая облиственность, большой диаметр штамба). Из этого следует, что наступление периода плодоношения у гибридных сеянцев яблони зависит не от силы роста дерева в высоту, а от энергии развития.

В потомстве *Вагнера призового* среди 734 гибридных сеянцев формируется 57 скороплодных растений, 45 (78,9%) из которых с мощной энергией развития. Среди 2165 гибридных сеянцев потомства *Голден Делишес* формируется 115 скороплодных растений, мощной энергией развития обладают 82 (71,3%) из них. Такая взаимосвязь между скороплодностью и слаброслостью при их наследовании подтверждается высоким числовым значением коэффициента корреляции ($r = 0,65$). В гибридной популяции, полученной с использованием сортов *Вагнера призового* и *Голден Делишес*, возможно интенсивным односторонним отбором по одному из признаков существенно повысить выраженность другого. *Голден Делишес* передает гибриднему потомству устойчивость к неблагоприятным факторам зимы, а также привлекательную ярко-желтую окраску, отличный десертный вкус и другие качества плодов.

Сопряженное наследование продуктивности с зимостойкостью.

Величина урожая зависит от генотипических особенностей сорта и факторов окружающей среды. Существует тесная взаимосвязь между продуктивностью и зимостойкостью. Поэтому изучают взаимообусловленность этих признаков в потомстве различных скрещиваний. Для этого проводят два последовательных цикла отборов: вначале — на продуктивность, затем — на устойчивость к неблагоприятным факторам зимы и ранней весны.

В гибридной популяции, полученной при опылении зимостойких, скороплодных и высокоурожайных сортов *Уэлси*, *Кендал* и *Голден Делишес* с *Джонатан*, *Айдаред*, *Банан зимний*, *Ренет шампанский* и *Ренет Симиренко*, у которых анализируемые признаки выражены в разной степени, скороплодные и высокоурожайные сеянцы оказались менее зимостойкими. В потомстве анализируемых скрещиваний из общего числа формирующихся скороплодных и высокоурожайных сеянцев (5375 шт.) только 849 (15,8%) растений проявляют хорошую устойчивость к неблагоприятным факторам зимы. У зимостойкого сорта *Уэлси*

из 1141 гибридных сеянцев, вступивших в пору плодоношения до пятилетнего возраста, только 560 (49,1%) растений — зимостойкие, а остальные 581 (50,9%) в значительной степени повреждаются морозами (3,0 балла и более). Коэффициент корреляции между скороплодностью и зимостойкостью в потомстве *Уэлси* составляет 0,62. Из 1729 высокоурожайных сеянцев этой же гибридной популяции только 796 (46,0%) проявляют высокую устойчивость к неблагоприятным факторам зимы (повреждение морозами — не более 2,0 балла), остальные 933 (53,9%) — слабозимостойкие. Коэффициент корреляции между урожайностью и зимостойкостью высокий ($r = 0,64$). Эта зависимость наиболее четко проявляется в потомстве сорта *Кендал*. Из 1274 гибридных сеянцев, вступивших в пору плодоношения до пятилетнего возраста только 245 (23,8%) — зимостойкие, остальные 1029 (80,8%) повреждаются морозами (4,0 балла). Коэффициент корреляции между скороплодностью и зимостойкостью в потомстве *Кендал* составил 0,48, урожайностью и зимостойкостью — 0,42. Из 1498 высокоурожайных сеянцев этой же гибридной популяции только 412 (27,6%) растений проявляют хорошую устойчивость к неблагоприятным факторам зимы, остальные 1086 (72,5%) — слабозимостойкие. В потомстве *Голден Делишес* из 1955 скороплодных и высокоурожайных сеянцев, вступивших в пору плодоношения до пятилетнего возраста, 1057 (54,1%) — зимостойкие. Коэффициент корреляции между зимостойкостью и скороплодностью в потомстве *Голден Делишес* — 0,69, урожайностью и зимостойкостью — 0,77. Из 2146 высокоурожайных сеянцев 1298 ($r = 60,5\%$) проявляют высокую устойчивость к неблагоприятным факторам зимы.

Направленный отбор на скороплодность и урожайность приводит к снижению зимостойкости. Особенно четко эта закономерность прослеживается в гибридной популяции, полученной с участием сортов *Айдаред* и *Ренет Симиренко*. Основная масса сеянцев отличается скороплодностью и высокой урожайностью, но с очень слабой устойчивостью штамба и главных скелетных ветвей к сильным морозам, а плодовых почек — к ранневесенним заморозкам. Скороплодные и высокоурожайные растения с хорошей зимостойкостью в потомстве семей *Уэлси* × *Айдаред* (13,5%), *Уэлси* × *Ренет Симиренко* (22,7), *Кендал* × *Айдаред* (5,9), *Кендал* × *Ренет Симиренко* (4,1), *Голден Делишес* × *Айдаред* (24,6) и *Голден Делишес* × *Ренет Симиренко* (15,9%) по морфологическим признакам кроны дерева и плода наиболее близки материнским сортам. В гибридной популяции, созданной с участием сорта *Банан зимний*, очень мало формируется скороплодных и высокоурожайных сеянцев с хорошей устойчивостью плодовых почек к ранневесенним заморозкам. Это указывает на то, что сорта *Айдаред*, *Ренет Симиренко* и *Банан зимний* передают гибриднему потомству скороплодность и высокую продуктивность в тесной связи со слабой зимостойкостью, что ограничивает возможность их использования в качестве доноров других хозяйственно ценных признаков.

Эффективный отбор можно вести в гибридной популяции, созданной при опылении *Уэлси* и *Голден Делишес* сортами *Джонатан* и *Ренет шампанский*. В потомстве семей *Уэлси* × *Джонатан* и *Уэлси* × *Ренет*

шампанский из 363 гибридных сеянцев, вступивших в плодоношение до пятилетнего возраста, 226 (62,3%) растений проявили высокую зимостойкость. Из 659 высокоурожайных сеянцев 343 (32,8%) также показали высокую устойчивость к неблагоприятным факторам зимы. Примерно в таких же пределах расщепляются гибридные сеянцы в потомстве семей *Голден Делишес* × *Джонаред* и *Голден Делишес* × *Ренет шампанский*. Из 664 гибридных сеянцев, вступивших в пору плодоношения до пятилетнего возраста, 447 (67,3%) проявляют высокую зимостойкость, из 931 высокоурожайных сеянцев – 660 (70,9%). Коэффициент корреляции между скороплодностью и зимостойкостью – 0,71, урожайностью и зимостойкостью – 0,81. Следовательно, использование в селекции сортов *Уэлси*, *Кендал* и *Голден Делишес* позволяет создавать гибридные растения с относительно высокой скороплодностью, урожайностью, зимостойкостью и признаками товарности плода.

Наследование устойчивости к парше и мучнистой росе в сопряженности с зимостойкостью и продуктивностью.

Необходимо создавать сорта, сочетающие устойчивость к парше и мучнистой росе с комплексом других хозяйственно ценных признаков. Успехи в этом направлении достигнуты благодаря селекционерам из США и Англии. На основе доноров с геном иммунитета Vf и P1 ими созданы такие сорта. Однако один из недостатков иммунных к парше сортов *Прима*, *Присцилла*, *Редфри*, *Джонафри* и других – слабая устойчивость к мучнистой росе и неблагоприятным факторам зимы. Основными донорами с полигенной устойчивостью к обеим грибным болезням из культивируемых сортов остаются *Антоновка обыкновенная*, *Уэлси* и *Кальвиль снежный*, которые одновременно способны передать гибриднему потомству высокую зимостойкость и продуктивность. В гибридной популяции, полученной при опылении *Уэлси*, *Антоновки обыкновенной* и *Кальвиля снежного* сортами *Спайер золотой*, *Вагнера призовое* и *Пармен зимний золотой*, из 227 устойчивых к парше и мучнистой росе гибридных сеянцев 146 (64,3%) растений проявляют высокую зимостойкость (повреждение основных скелетных ветвей и плодовых почек – не более 2,0 балла). Эти растения дают и наиболее высокий урожай. Связь между признаками в потомстве сортов *Уэлси* ($r = 0,68$) и *Антоновка обыкновенная* ($r = 0,81$) очень высокая. Степень сопряженности между этими признаками существенно варьирует в зависимости от второго родительского компонента. В гибридной популяции, полученной при опылении *Уэлси* и *Антоновки обыкновенной* сортами *Пармен зимний золотой* и *Спайер*, из 152 сеянцев с комплексной устойчивостью к парше и мучнистой росе 110 (72,4%) растений проявляют высокую зимостойкость и дают хороший урожай. Тогда как при опылении их *Вагнером призовым* из 58 гибридных сеянцев только 30 (51,7%) растений показали высокую зимостойкость и урожайность. Значительно меньше растений с хорошей выраженностью всех трех анализируемых признаков формируется в потомстве *Кальвиля снежного* (1,0...3,0%). Использование в селекции сортов *Антоновка обыкновенная* и *Уэлси* позволяет получать от 1,0 до 7,8% гибридных растений, сочетающих в себе комплекс-

ную устойчивость к грибным болезням с зимостойкостью, высокой продуктивностью и хорошей выраженностью многих других хозяйственно ценных признаков плода.

Систематическим отбором сеянцев по одному из анализируемых признаков можно одновременно отобрать растения с максимальной выраженностью других, особенно с участием *Антоновки обыкновенной*. Многие гибриды этой популяции проявляют высокую устойчивость к парше и мучнистой росе, неблагоприятным факторам зимы, отличаются хорошей урожайностью и широкой экологической пластичностью.

Сопряженное наследование признаков товарных качеств плода.

Основные хозяйственно ценные признаки (продуктивность, зимостойкость, устойчивость к грибным болезням) должны сочетаться в новом сорте с привлекательным внешним видом и десертным вкусом плода. В этом направлении эффективно использовать в селекции сорта *Ренет Симиренко*, *Ренет шампанский*, *Мекинтош*, *Джонатан*, *Джонаред*, *Делишес* и его клоны, *Айдаред* и *Голден Делишес* и его клоны, у которых основные признаки плода во многих случаях тесно связаны между собой и наследуются совместно. Знание этих связей имеет важное значение для целенаправленной селекции как на отдельные признаки, так и на несколько признаков плода.

В гибридной популяции, полученной при опылении *Голден Делишес*, *Ренет шампанский* и *Корей* сортами *Кендал*, *Джонаред*, *Айдаред*, *Ред Делишес* и *Старкримсон*, корреляционная связь между многими признаками плода очень высокая. Коэффициент корреляции у материнских сортов между формой и окраской плода соответствует 0,81, формой и вкусом – 0,71, формой, сроком созревания и лежкостью – 0,70, окраской и вкусом – 0,74, окраской, сроком созревания и лежкостью – 0,73, вкусом, сроком созревания и лежкостью – 0,83. Следовательно, независимо от второго родительского компонента сорта *Голден Делишес*, *Корей* и *Ренет шампанский* передают стабильно определенному числу гибридных сеянцев в тесной связи форму, покровную окраску, вкусовые качества, срок созревания и лежкость плодов, свойственную им самим. Чаще всего отбор сеянцев с формой и окраской плода как у *Голден Делишес*, *Корея* и *Ренета шампанского* приводит одновременно к отбору и по другим характерным им признакам плода.

Высокая корреляционная связь существует между вкусом, сроком созревания и лежкостью плодов в потомствах семей *Голден Делишес* × *Ред Делишес* ($r = 0,94$), *Голден Делишес* × *Старкримсон* ($r = 0,82$), *Корей* × *Ред Делишес* ($r = 0,66$), *Ренет шампанский* × *Кендал* ($r = 0,87$), *Ренет шампанский* × *Джонаред* ($r = 0,82$), *Ренет шампанский* × *Айдаред* ($r = 0,94$), *Ренет шампанский* × *Ред Делишес* ($r = 0,89$) и *Ренет шампанский* × *Старкримсон* ($r = 0,67$). В потомстве этих семей формирование гибридных сеянцев с плодами позднезимнего срока созревания и посредственным вкусом обуславливают в основном *Ренет шампанский*, *Ред Делишес* и *Старкримсон*. В гибридной популяции, полученной при опылении *Ренета шампанского* сортами *Кендал*, *Джонаред* и *Айдаред*, формируется большое число сеянцев с плодами от-

личного десертного вкуса. Однако отбор сеянцев по вкусовым качествам плода в потомстве этих семей приводит к выделению растений с плодами более раннего срока созревания и меньшей продолжительной лежкости, чем у исходных сортов.

Корреляционная связь между окраской плода, сроком созревания и лежкостью высокая в потомстве семьи *Корей* × *Ред Делишес* ($r = 0,88$). В ее гибридной популяции повышение доли сеянцев с плодами позднезимнего срока созревания не приводит к увеличению числа растений с окраской плода как у *Корея*. Аналогичная ситуация и в потомстве семей *Корей* × *Кендал*, *Корей* × *Джонаред* и *Корей* × *Айдаред*. С увеличением доли сеянцев с окраской плода *Корея* не повышается число растений с плодами хорошего десертного вкуса.

При обратных скрещиваниях, когда сорта *Кендал*, *Джонаред*, *Айдаред* и *Ред Делишес* опылены *Голден Делишесом*, *Кореем* и *Ренетом шампанским*, сопряженное наследование отмечается также между отдельными признаками плода. Положительная высокая корреляционная связь между формой и вкусом плода ($r = 0,80$), формой, сроком созревания и лежкостью ($r = 0,72$) проявляется в потомстве сортов *Кендал*, *Джонаред*, *Айдаред* и *Ред Делишес*. Аналогичная положительная связь существует между окраской и вкусом ($r = 0,72$), окраской, сроком созревания и лежкостью плода ($r = 0,75$) в гибридной популяции, полученной при опылении *Кендал* и *Джонаред* сортами *Голден Делишес*, *Корей* и *Ренет шампанский*. Из таких гибридных популяций возможен отбор растений с хорошей фенотипической выраженностью в комплексе этих признаков плода.

Несмотря на то, что практически все приоритетные признаки сорта яблони наследуются независимо друг от друга, приведенные в статье примеры

сопряженного наследования следует учесть при использовании названных генотипов в качестве родительских форм. Чтобы в будущем иметь эффективные примеры сопряженного наследования, необходимо создание комплексных доноров с максимально выраженными основными хозяйственно ценными признаками и свойствами яблони.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кичина В.В. Компактность и спур-тип в селекции яблони домашней // Сельскохозяйственная биология. 1989. № 5. С. 50–54.
2. Седов Е.Н. Селекция яблони в средней полосе РСФСР. Орел, 1973. 351 с.
3. Седов Е.Н., Седова З.А. Селекция яблони на улучшение химического состава плодов. Орел, 1982. 117 с.
4. Таранова А.Е. Наследование признаков у яблони в условиях Латвийской ССР. Рига, 1968. 240 с.
5. Шидаков Р.С. Сортимент яблони и совершенствование его путем селекции в предгорьях Северного Кавказа. Нальчик: Эльбрус, 1991. 303 с.

REFERENCES

1. Kichina V.V. Kompaktnost' i spur-tip v selekcii yablони domashnej // Sel'skhozoyajstvennaya biologiya. 1989. № 5. S. 50–54.
2. Sedov E.N. Selekcija yablони v srednej polose RSFSR. Orel, 1973. 351 s.
3. Sedov E.N., Sedova Z.A. Selekcija yablони na uluchshenie himicheskogo sostava plodov. Orel, 1982. 117 s.
4. Taranova A.E. Nasledovanie priznakov u yablони v usloviyah Latvijskoj SSR. Riga, 1968. 240 s.
5. Shidakov R.S. Sortiment yablони i sovershenstvovanie ego putem selekcii v predgor'yah Severnogo Kavkaza. Nal'chik: El'brus, 1991. 303 s.

УДК 634.11:631.52

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/66-69, EDN: KCVVKD

ТУРГЕНЕВСКОЕ И ТРЕНЕР ПЕТРОВ – НОВЫЕ ТРИПЛОИДНЫЕ СОРТА ЯБЛОНИ СЕЛЕКЦИИ ВНИИСПК

Татьяна Владимировна Янчук, кандидат сельскохозяйственных наук

Евгений Николаевич Седов, академик РАН, профессор

Светлана Александровна Корнеева, кандидат сельскохозяйственных наук

Маргарита Васильевна Вепринцева, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская обл., Россия

E-mail: sedov@vniispk.ru

Аннотация. Во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур создано и включено в Госреестр селекционных достижений РФ 19 триплоидных сортов яблони, в том числе 13 получено от целенаправленных разнохромосомных скрещиваний. Сорта характеризуются регулярным плодоношением, дают товарные плоды, обладают более высокой самоплодностью. Перечисленные преимущества обеспечивают их конкурентоспособность по сравнению с диплоидными и иностранными сортами. За 2013–2022 годы в Госреестр включено восемь триплоидных сортов яблони селекции ВНИИСПК разных сроков созревания. Новые триплоидные сорта Тургеневское и Тренер Петров получены от скрещивания гибридного сеянца 18-53-22 с тетраплоидной формой сорта Уэлси. Тургеневское – устойчивый к парше сорт, срок созревания – зимний, масса плодов – 180 г, основная окраска в момент съемной зрелости – зеленая, покровная – на большей части плода размытая, буровато-красная. Достоинства сорта – высокая урожайность, регулярное плодоношение, устойчивость к парше, товарность и вкусовые качества плодов. Тренер Петров – иммунный к парше (ген V_9) сорт позднезимнего срока созревания, масса плодов – 170 г. Основная окраска – зеленовато-желтая, покровная – красная, размытая с едва заметными полосами занимает большую часть поверхности плода. Достоинства: регулярное плодоношение, высокая урожайность и устойчивость к парше, товарные и потребительские качества плодов.

Ключевые слова: яблоня, триплоидные сорта, родительские формы

TURGENEVSKOE AND TRAINER PETROV
ARE NEW TRIPLOID APPLE TREES VARIETIES OF VNIISPK SELECTION

T.V. Yanchuk, *PhD in Agricultural Sciences*
E.N. Sedov, *Academician of the RAS, Professor*
S.A. Korneeva, *PhD in Agricultural Sciences*
M.V. Veprintseva, *Junior Researcher*

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia

E-mail: sedov@vniispk.ru

Abstract. *Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK) has been engaged in the creation of triploid apple cultivars for about 50 years. To date, the Institute has created and included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use (zoned) 19 triploid cultivars, including 13 obtained from targeted heterochromosomal crosses. The value of triploid cultivars lies in the fact that they are characterized by more regular fruiting, produce more marketable fruits and have a higher self-fertility. The listed advantages of triploid apple cultivars ensure their competitiveness in comparison with diploid and foreign cultivars. Long-term large-scale breeding work at VNIISPK has allowed us to replenish the apple assortment with triploid cultivars since 1989. So, over the past 10 years (2013–2022), 8 triploid VNIISPK apple cultivars of different maturation periods have been included in the State Register. Special attention should be paid to the new triploid cultivars Turgenevskoe and Trener Petrov. The cultivars were developed from crossing a hybrid seedling 18-53-22 with a tetraploid form of the Wealthy cultivar. Turgenevskoe is a scab resistant winter cultivar. Fruit weight is 180 g. The main color of the fruit at the time of removable maturity is green. The cover color is blurred, brownish and red on most of the fruit surface. The advantages of the cultivar are high yield, regular fruiting, resistance to scab, marketability and taste quality of fruits. Trener Petrov is a scab immune (V_f) late winter cultivar. The main color of the fruit is greenish and yellow. The cover color is red, blurred with barely noticeable stripes on most of the fruit surface. Fruit weight is 170 g. The advantages of the cultivar are regular fruiting, high yields and high resistance to scab, commercial and consumer qualities of fruits.*

Keywords: *apple, triploid cultivars, parent forms*

Нестабильные погодные условия, изменение экологической и экономической обстановки требуют оптимизации существующего сортимента яблони. Развитие адаптивного интенсивного садоводства — перспективное направление для получения экологически чистой продукции. [1, 2, 10] Устойчивость сортов к абиотическим и биотическим стрессорам как фактор стабилизации производства приобрела особую актуальность.

Создание триплоидов приводит к формированию адаптивного сортимента при интенсивном садоводстве. Для производства привлекательны сорта яблони со сниженной периодичностью плодоношения, высокими товарными качествами плодов, экологической устойчивостью. [3, 7] Они более конкурентоспособны по сравнению с диплоидными и иностранными сортами.

Цель работы — изучить новые триплоидные сорта яблони *Тургеневское* и *Тренер Петров* селекции ВНИИСПК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проводя работы по созданию триплоидных сортов, использовали общепринятые методы. [2, 4, 5] Объекты изучения расположены в селекционных насаждениях ВНИИСПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во ВНИИСПК под руководством академика РАН Е.Н. Седова создано и допущено к использованию (районировано) 19 триплоидных сортов яблони, 13 из них выведены от целенаправленных разнохромосомных скрещиваний. Сорта *Тургеневское* и *Тренер Петров* получены от скрещивания в 1991 году гибридного сеянца 18-53-22 (*Скрыжпаль* × *ОРИТ13*) с тетраплоидной формой сорта *Уэлси*.

Материнский генотип (сеянец 18-53-22) характеризуется плодами массой 100...110 г позднего срока созревания (I декада марта), покровная окраска на меньшей части плода буровато-красного цвета, вкус посредственный, с преобладанием кислоты. Сеянец устойчив к погодным условиям, обладает высокой зимостойкостью, иммунитетом к парше.

Для получения триплоидных сортов яблони от разнохромосомных скрещиваний необходимо вовлечь в гибридизацию, в качестве одного из родителей, тетраплоидный сортообразец. В нашем опыте — это диплоидно-тетраплоидная химера первого типа (2-4-4-4х) *Уэлси тетраплоидный*. Диплоидный у нее только эпидермальный слой конуса роста, остальные ткани несут тетраплоидный набор хромосом, в том числе и субэпидермальный слой конуса роста, из которого формируются генеративные ткани цветка. [6] Сорт *Уэлси тетраплоидный* отличается от своего диплоидного аналога по отдельным хозяйственно-биологическим характеристикам, но в лучшую сторону. Деревья средней силы роста, более раскидистые. Сорт сравнительно устойчив к парше. Плоды выше средней величины, плоские, масса — 192 г. В плодах содержится: растворимые сухие вещества (РСВ) — 13,6%, сахара — 10,51%, аскорбиновая кислота — 14,5 мг/100 г, Р-активные вещества — 248 мг/100 г. У диплоидной исходной формы биохимические показатели, соответственно, следующие: 11,5%, 9,40%, 12,6 мг/100 г и 204 мг/100 г. Содержание титруемых кислот одинаковое — 0,68%. *Уэлси тетраплоидный* уступает диплоидному аналогу по урожайности и долговечности деревьев.

Представлена хозяйственно-биологическая характеристика триплоидных сортов яблони *Тургеневское* (включен в Госреестр в 2021 году) и *Тренер Петров* (проходит государственное испытание на допуск к возделыванию по регионам России). На наш

взгляд, недостаточно уделено внимания созданию триплоидных сортов яблони, обладающих рядом положительных качеств. [8]

Тургеневское. В 2003 году в селекционном саду выделен как элитный сеянец, в 2010 — получил сортовое название, был принят на государственное испытание, в 2021 году включен в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к испытанию (районирован). Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, В.В. Жданов, Г.А. Седышева. Деревья среднерослые, с округлой кроной. Ветви прямые, концы ветвей направлены вверх. Кора на штамбе и основных сучьях гладкая, серая. Побеги средней толщины, округлые. Чечевичек на побеге много. Листья крупные, яйцевидной формы, зеленые, морщинистые. Край листа двоякогородчатый. Цветки крупные, розоватые. Плоды больше среднего размера (180 г), репчатые, правильной формы. Чашечка закрытая. Блюдце среднее, слегка бороздчатое. Основная окраска в момент съемной зрелости зеленая, покровная — на большей части плода размытая, буровато-красная. Подкожных точек много, серого цвета, хорошо заметные. Семена среднего размера, недоразвитые, шуплые, коричневые. Мякоть зеленоватая. По внешнему виду плоды оцениваются на 4,4 балла, вкусу — 4,3 балла. Период потребления плодов длится с середины сентября до марта.

Достоинства: высокая урожайность, регулярное плодоношение, устойчивость к парше, товарность и вкусовые качества плодов.

Тренер Петров. В 2015 году выделен в элитные сеянцы, с 2017 проходит государственное испытание. Авторы: Е.Н. Седов, З.М. Серова, Г.А. Седышева. Деревья среднерослые с кроной средней густоты, ветви пониклые. Главные ветви отходят от ствола под углом, близким к прямому. Кора на штамбе и основных сучьях гладкая, серая. Побеги средней толщины, дугообразные, округлые в сечении, коричневые, опушенные. Чечевичек мало, мелкие. Плодовые образования — простые и сложные кольчатки. Листья среднего размера, яйцевидные, короткозаостренные, матовые, с грубой нервацией. Край листа пильчатогогородчатый, волнистый. Цветки среднего размера, розовые, лепестки овальные. Плоды массой 170 г, приплюснутые, слабоскошенные, правильной формы. Чашечка полуоткрытая. Блюдце средней глубины, широкое, бороздчатое. Семена средней величины, шуплые, темно-коричневые. Основная окраска плодов зеленовато-желтая, покровная — красная, размытая с едва заметными полосами, занимает большую часть плода. Мякоть плодов кремоватая, средней плотности, мелкозернистая. Привлекательность внешнего вида плодов оценивается на 4,4 балла, вкус — 4,3 балла. Потребительский период плодов с октября до начала февраля.

Достоинства: регулярное плодоношение, высокие урожайность и устойчивость к парше, товарные и потребительские качества плодов.

У обоих сортов в условиях Орловской области отмечена высокая зимостойкость, на уровне *Антонки обыкновенной*, которую они унаследовали от источника данного признака (*Скрыжапель*). Новые сорта подойдут для выращивания в регионах средней полосы России.

Биохимический состав плодов новых триплоидных сортов яблони и их родительских форм

Сорт	РСВ, %	Сахара, %	Титруемая кислотность, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
<i>Тренер Петров</i>	13,6	11,3	0,62	8,8
<i>Тургеневское</i>	15,2	12,8	0,67	5,4
<i>18-53-22</i>	11,6	9,4	0,98	6,0
<i>Уэлси тетраплоидный</i>	13,6	10,5	0,67	14,5
НСР ₀₅	2,3	Fφ < Ft	Fφ < Ft	2,3

По товарным и потребительским качествам, а также основным биохимическим характеристикам плодов они превосходят родительские формы (исключение — содержание аскорбиновой кислоты) (см. таблицу). [9]

Таким образом, создание и внедрение в широкое производство триплоидных конкурентоспособных сортов яблони способствует получению высококачественной отечественной плодовой продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алехина Е.М., Алибеков Т.Б., Артюх С.Н. и др. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар, 2013.
- Комплексная программа по селекции семечковых культур на 2001–2020 гг. (Постановление международной научно-методической конференции «Основные направления и методы селекции семечковых культур»). Орел, 2001. 30 с.
- Мишко А.Е., Плотников В.К., Ненько Н.И., Ульяновская Е.В. Сравнительный анализ физиолого-биохимических показателей сортов яблони разной ploидности // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 151–161.
- Седов Е.Н., Калинина И.П., Смыков В.К. Селекция яблони / Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. С. 159–200.
- Седов Е.Н., Красова Н.Г., Жданов В.В. и др. Семечковые культуры (яблоня, груша, айва) / Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 253–299.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М. Селекция яблони на полиплоидном уровне. Орел: ВНИИСПК, 2008. 368 с.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Красова Н.Г. и др. Достоинства и перспективы новых триплоидных сортов яблони для производства // Садоводство и виноградарство. 2017. № 2. С. 24–30.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А. и др. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: ВНИИСПК, 2015. 336 с.
- Седов Е.Н., Серова З.М., Макаркина М.А., Янчук Т.В. Качество плодов у диплоидных, триплоидных, иммунных к парше и колонновидных сортов яблони // Аграрный научный журнал. 2018. № 4. С. 32–37.
- Ульяновская Е.В., Беленко Е.А. Особенности формирования адаптивного потенциала сортов яблони в условиях Юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 10–27.

REFERENCES

1. Alekhina E.M., Alibekov T.B., Artyuh S.N. i dr. Programma Severo-Kavkazskogo centra po selekcii plodovyh, yagodnyh, cvetochno-dekorativnyh kul'tur i vinograda na period do 2030 goda. Krasnodar, 2013.
2. Kompleksnaya programma po selekcii semechkovyh kul'tur na 2001–2020 gg. (Postanovlenie mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferencii «Osnovnye napravleniya i metody selekcii semechkovyh kul'tur»). Orel, 2001. 30 s.
3. Mishko A.E., Plotnikov V.K., Nen'ko N.I., Ul'yanovskaya E.V. Sravnitel'nyy analiz fiziologo-biohimicheskikh pokazatelej sortov yabloni raznoj ploidnosti // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. № 67 (1). S. 151–161.
4. Sedov E.N., Kalinina I.P., Smykov V.K. Selekcija yabloni / Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1995. S. 159–200.
5. Sedov E.N., Krasova N.G., Zhdanov V.V. i dr. Semechkovyje kul'tury (yablonya, grusha, ajva) / Programma i metoda sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1999. S. 253–299.
6. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M. Selekcija yabloni na poliploidnom urovne. Orel: VNIISPK, 2008. 368 s.
7. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Krasova N.G. i dr. Dostoinstva i perspektivy novyh triploidnyh sortov yabloni dlya proizvodstva // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2017. № 2. S. 24–30.
8. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A. i dr. Innovacii v izmenenii genoma yabloni. Novye perspektivy v selekcii. Orel: VNIISPK, 2015. 336 s.
9. Sedov E.N., Serova Z.M., Makarkina M.A., Yanchuk T.V. Kachestvo plodov u diploidnyh, triploidnyh, immunnyh k parshe i kolonovidnyh sortov yabloni // Agrarnyj nauchnyy zhurnal. 2018. № 4. S. 32–37.
10. Ul'yanovskaya E.V., Belenko E.A. Osobennosti formirovaniya adaptivnogo potenciala sortov yabloni v usloviyah Yuga Rossi // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2021. № 67 (1). S. 10–27.

УДК 634.23.24:631.541.11

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/69-72, EDN: KCXOIQ

ИЗУЧЕНИЕ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ ВИШНИ В ПИТОМНИКЕ

Анна Сергеевна Ляхова, кандидат сельскохозяйственных наук
 Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
 д. Жилина, Орловская обл., Россия
 E-mail: laxova@vniispk.ru

Аннотация. Исследования проводили в питомнике Всероссийского НИИ селекции плодовых культур в 2016–2020 годах. Представлены результаты многолетнего изучения подвойных форм, выделенных из отдаленных гибридов вишни селекции института. Показано влияние подвойных форм на рост и развитие растений различных привойно-подвойных комбинаций. В результате многолетнего изучения приживаемость укорененных черенков отдаленных гибридов вишни в питомнике составила от 57,2 до 72,2%. Стопроцентную приживаемость глазков имели привойно-подвойные комбинации Орлица и Шоколадница на 74324, 74332, 74336; Путинка – 74326, 74340; Ровесница – 74324, 74332; Тургенева – 74332, 74336. В остальных вариантах приживаемость была высокой и варьировала от 83,8 до 98,8%. При изучении биометрических показателей установлено, что все комбинации сорта Ровесница характеризовались хорошими показателями стандартных саженцев (ГОСТ Р 53135-2008): диаметр – от 1,0 до 1,4 см, высота растений – от 103,4 до 142,5 см. Хорошее развитие в питомнике показали саженцы вишни: Орлица на подвойной форме Ц-8-101 (высота достигает 129 см, диаметр штамба – 1,43 см); Путинка – 82987 (высота – 120,3 см, толщина штамба – 1,25 см); Тургенева – 74324, 74332, 74340, Ц-8-101 (высота – от 102,8 до 125,1 см, толщина штамба – 1,0-1,30 см); Шоколадница – 74326, 74332, Ц-8-101 (высота – от 106,2 до 118 см, размер штамба – 1,0-1,29 см). Выход стандартных однолеток вишни на уровне контроля был в комбинациях: Путинка на 74340 и 82987 (98,6 и 83,4%); Ровесница – 74326 (60,0%) и 82987 (75%); Тургенева – 74324, 74332 (75%); Шоколадница – 74340 (70,8%). Данные привойно-подвойные комбинации высажены в сад для дальнейшего изучения.

Ключевые слова: вишня, сорт, отдаленные гибриды вишни, подвой, привойно-подвойная комбинация, биометрические показатели, несовместимость

THE STUDY OF CHERRIES DISTANT HYBRIDS IN THE NURSERY

A.S. Lyakhova, PhD in Agricultural Sciences
 Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
 E-mail: laxova@vniispk.ru

Abstract. The studies were carried out in the nursery of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding in 2016–2020. The results of a long-term study of rootstock forms, isolated from distant hybrids of sour cherry bred by the Institute, in the nursery as rootstocks are presented. The influence of rootstock forms on the growth and development of plants of various scion-rootstock combinations is shown. As a result of many years of study, the survival rate of rooted cuttings of distant sour cherry hybrids in the nursery ranged from 57.2 to 72.2%. The graft-rootstock combinations Orlitsa and Shokoladnitsa at 74324, 74332, 74336 had one hundred percent survival rate of eyes; Putinka at 74326, 74340; The same age at 74324, 74332; Turgenyeva at 74332, 74336. In other variants, the survival rate was also quite high and varied from 83.8 to 98.8%. When studying biometric indicators, it was found that all combinations of the Rovesnitsa

cultivar were characterized by good performance standard seedlings (GOST R 53135-2008), the diameter value ranged from 1.0 to 1.4 cm, while the plant height was from 103.4 to 142.5 cm. Sour cherry seedlings are characterized by good development in the nursery: -8-101, their height reaches 129 cm, while the stem diameter is 1.43 cm; Putinka on 82987 was 120.3 cm high with a trunk thickness of 1.25 cm; Turgenevka at 74324, 74332, 74340, Ts-8-101 – height from 102.8 to 125.1 cm, bole thickness from 1.0 to 1.30 cm; Shokoladnitsa on forms 74326, 74332, Ts-8-101 with a height of 106.2 to 118 cm, trunk size – 1.0-1.29 cm. The output of standard one-year-old cherries at the control level was in combinations: 98.6 and 83.4%; The same age at 74326 (60.0%) and 82987 (75%); Turgenevka at 74324, 74332 (75%); Shokoladnitsa at 74340 (70.8%). These scion-rootstock combinations were planted in the garden for further study.

Keywords: cherry, variety, distant hybrids of cherry, rootstock, scion-rootstock combination, biometric indicators, incompatibility

Вишня – одна из основных по значению древесных плодовых культур для средней полосы России. Свое признание и распространение она получила за неповторимый вкус, пищевые свойства плодов, раннее их созревание, высокую продуктивность и адаптивность ко многим неблагоприятным факторам среды. [5, 7, 8]

Выращивание вишневых насаждений зависит от разнообразия сортамента привойно-подвойных комбинаций, своевременных агротехнических и защитных мероприятий. [14]

Увеличение площадей под вишневыми садами связано не только с обновлением сортамента, но и внедрением клоновых подвоев, при использовании которых можно контролировать габариты деревьев, влиять на скороплодность, качество продукции, урожайность и технологичность насаждений. [13]

Использование клоновых подвоев для вишни обусловлено экономической эффективностью выращивания саженцев и возможностью уменьшения их дефицита. Полученные способом зеленого черенкования подвои позволяют получить однородный посадочный материал. [1, 10]

Цель работы – изучить подвойные формы, выделенные из отдаленных гибридов вишни, отобрать наиболее перспективные для использования в качестве подвоев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в питомнике ФГБНУ ВНИИСПК в 2016–2020 годах. Объект изучения – пять сортов вишни: Орлица (сеянец от свободного опыления сорта Жуковская), Путинка (Антрацитовая × Превосходная Веньяминова), Ровесница (сорт № 11 × Ширпотреб черная), Тургенева (свободное опыление сорта Жуковская) и Шоколадница (поздний мутант Ширпотреб черная × Любская) селекции ФГБНУ ВНИИСПК. Подвои – отдаленные гибриды вишни, полученные отделом селекции, сортоизучения и сортовой агротехники косточковых культур института: 74324, 74326 (Любская × C. serrulata Hally Tolivetto), 74332 (Любская × C. lannesiana №2), 74336, 74340 (Любская × C. sachalinensis Edwin Müller), 82987 (Памяти Вавилова × C. lannesiana № 2), Ц-8-101 (ВП-1×Владимирская), формы характеризуются высокой устойчивостью к коккомикозу и монилиозу, хорошей укореняемостью зелеными черенками. [2, 3] Контроль – районированный подвой ОВП-2 (Золушка × вишня Маака).

Наблюдения и учеты выполнены в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [12] Данные статистически обрабатывали по Доспехову. [6]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Конечный итог селекции подвойных форм – их хорошая укореняемость, приживаемость и совместимость с районированными и перспективными сортами.

Таблица 1.
Приживаемость укорененных черенков отдаленных гибридов вишни в питомнике, 2016–2020 годы, %

Подвойная форма	Среднее, %
ОВП-2 (Золушка×вишня Маака)	65,3
74324 (Любская×C. serrulata Hally Tolivetto)	72,2
74326 (Любская×C. serrulata Hally Tolivetto)	64,6
74332 (Любская×C. lannesiana № 2)	60,9
74336 (Любская×C. sachalinensis Edwin Müller)	64,2
74340 (Любская×C. sachalinensis Edwin Müller)	57,2
82987 (Памяти Вавилова×C. lannesiana №2)	62,9
Ц-8-101 (ВП-1×Владимирская)	62,2
НСР ₀₅	F _φ < F _T

Таблица 2.
Приживаемость глазков вишни в питомнике, 2016–2020 годы, %

Подвойная форма	Сорт				
	Орлица	Путинка	Ровесница	Тургенева	Шоколадница
ОВП-2 (к)	98,9	92,6	97,7	98,9	98,9
74324	100,0	93,8	100,0	98,8	100,0
74326	93,8	100,0	91,0	97,2	93,8
74332	100,0	93,8	100,0	100,0	100,0
74336	100,0	93,8	95,9	100,0	100,0
74340	98,6	100,0	97,2	95,9	97,2
82987	98,5	98,5	98,4	98,5	100,0
Ц-8-101	85,0	86,3	86,3	83,8	86,3
НСР _{0,05}	6,01	5,31	5,54	6,20	5,60

Таблица 3.
Высота однолетних саженцев вишни на отдаленных гибридах, 2017–2020 годы, см

Подвойная форма	Сорт				
	Орлица	Путинка	Ровесница	Тургенева	Шоколадница
ОВП-2 (к)	128,1	112,8	147,8	134,2	133,2
74324	65,3	113,8	129,5	119,2	81,5
74326	114,7	94,5	119,8	87,8	106,2
74332	109,8	86,5	103,4	102,8	107,5
74336	88,5	67,5	106,8	85,3	92,0
74340	115,0	77,0	111,7	125,1	89,6
82987	99,4	120,3	120,6	99,7	80,4
Ц-8-101	129,0	89,8	142,5	116,0	118,0
НСР _{0,05}	24,67	21,78	18,66	20,40	21,43

Таблица 4.
Диаметр штамба однолетних саженцев привойно-подвойных комбинаций вишни, см

Подвойная форма	Сорт				
	Орлица	Путинка	Ровесница	Тургеневка	Шоколадница
ОВП-2 (к)	1,40	1,76	1,50	1,60	1,43
74324	0,70	0,73	1,10	1,20	0,84
74326	1,05	0,94	1,20	0,90	1,29
74332	1,10	1,02	1,00	1,00	1,00
74336	0,90	0,62	1,10	0,80	0,82
74340	1,10	1,25	1,00	1,20	0,98
82987	1,05	1,25	1,20	0,90	0,95
Ц-8-101	1,43	1,09	1,40	1,30	1,07
НСР _{0,05}	0,27	0,54	0,34	0,31	0,36

Таблица 5.
Разветвленность однолетних саженцев привойно-подвойных комбинаций вишни, шт.

Подвойная форма	Сорт				
	Орлица	Путинка	Ровесница	Тургеневка	Шоколадница
ОВП-2 (к)	7,5	10,0	11,1	9,2	10,5
74324	1,0	1,5	7,7	7,8	1,0
74326	1,3	1,8	3,7	2,2	2,5
74332	2,1	0	3,2	4,0	2,8
74336	5,0	0	3,6	4,8	0
74340	2,4	3,7	5,6	5,4	3,0
82987	1,2	2,1	5,9	3,0	6,0
Ц-8-101	0	1,5	6,3	6,0	0
НСР _{0,05}	3,39	3,33	F _ф < F _т	4,15	3,25

В результате многолетнего изучения выявлено, что приживаемость подвойных форм в первом поле питомника варьировала от 57,2 до 72,2%, что существенно не отличалось от контрольного значения (табл. 1).

Стопроцентную приживаемость глазков имели привойно-подвойные комбинации *Орлица*, *Шоколадница* на 74324, 74332, 74336; *Путинка* – 74326, 74340; *Ровесница* – 74324, 74332; *Тургеневка* – 74332, 74336. На остальных формах приживаемость летней окулировки была достаточно высокой и варьировала от 83,8 до 98,9% (табл. 2).

По сравнению с контролем слабый рост саженцев всех сортов вишни (> 1 м) наблюдали у большинства изучаемых форм (категория – слаборослые (> 100 см)). [11] Исключение: *Орлица* на форме 74326, 74332, 74340 и Ц-8-101; *Путинка* – 74324, 74326 и 82987; *Ровесница* – 74324, Ц-8-101; *Тургеневка* – 74324, 74340, Ц-8-101; *Шоколадница* – Ц-8-101, имеющие высоту на уровне контрольного варианта (табл. 3).

Среднерослые саженцы (100...120 см): *Орлица* на 74326, 74332, 74340; *Путинка* – 74324; *Тургеневка* – 74324, 74332, Ц-8-101 и *Шоколадница* – 74326, 74332, Ц-8-101. Сильнорослые (> 120 см): *Орлица* на Ц-8-101 (129,0 см); *Путинка* – 82987 (120,3 см); *Ровесница* – 74324, 82987, Ц-8-101 (129,5, 120,6 и 142,5 см, соответственно); *Тургеневка* – 74340 (125,1 см).

Толщина саженцев вишни в комбинациях: *Орлица* на подвойной форме Ц-8-101 – 1,43 см; *Путинка* – 74340, 82987 (1,25 см); *Ровесница* – 74326, 82987, Ц-8-101 (1,20...1,40 см); *Тургеневка* – Ц-8-101 (1,30 см); *Шоколадница* – Ц-8-101 и 74326 (1,07 и 1,29 см) была на уровне контроля (табл. 4).

По показателю разветвленности саженцев на уровне контрольного значения были комбинации сортов *Орлица* на 74336 (5 шт.); *Тургеневка* – 74324, 74340, Ц-8-101 (5,4...7,8 шт.). В остальных комбинациях количество боковых разветвлений немного ниже или совсем отсутствует (табл. 5).

Важнейшее условие жизнеспособности и высокой продуктивности привитого плодового растения – соответствие привоя и подвоя. [9] Один из этапов изучения подвойных форм в питомнике – исследование их совместимости с привитыми сортами. Выявлена несовместимость типа непрочного срастания у части саженцев на форме Ц-8-101, у остальных визуальных признаков несовместимости в питомнике не выявлено.

При изучении привойно-подвойных комбинаций вишни в питомнике (табл. 6) выход однолетних саженцев вишни *Орлица* на формах 74336 и 74340; *Путинка* – 74340, 82987; *Ровесница* – 74324, 74340; *Тургеневка* – 74324, 82987 установлен на уровне контрольного значения. Увеличение этого показателя было в комбинациях сорта *Ровесница* на формах 74336 и 82987 (88,1 и 93,9%, соответственно, в контроле – 75,8%).

Таблица 6.
Выход однолетних саженцев привойно-подвойных комбинаций вишни, %

Подвойная форма	Сорт									
	<i>Орлица</i>		<i>Путинка</i>		<i>Ровесница</i>		<i>Тургеневка</i>		<i>Шоколадница</i>	
	общий	стандарт	общий	стандарт	общий	стандарт	общий	стандарт	общий	стандарт
ОВП-2 (к)	75,5	94,4	79,5	100,0	75,8	93,8	82,4	94,4	88,6	99,8
74324	43,3	15,6	41,7	18,0	84,2	48,6	88,9	75,0	60,0	20,0
74326	30,0	25,0	29,4	22,1	57,0	75,0	51,9	25,0	27,8	50,0
74332	40,0	25,0	12,5	25,0	56,8	16,3	44,4	75,0	60,7	25,0
74336	80,0	25,0	43,5	16,5	88,1	50,0	41,7	15,0	50,0	33,4
74340	88,9	35,0	65,7	98,6	69,4	33,3	57,4	62,5	63,9	70,8
82987	43,9	50,0	66,7	83,4	93,9	75,0	74,2	30,1	40,8	23,7
Ц-8-101	13,3	41,7	55,0	20,0	56,7	42,8	51,1	50,0	25,0	33,4
НСР _{0,05}	19,59	19,16	15,68	32,65	12,09	18,89	13,35	20,88	15,04	23,63

Исключение составил сорт *Шоколадница*, значение показателя по всем комбинациям было ниже контроля (88,6%), хотя на подвойных формах 74324, 74332 и 74340 общий выход – 60...63,9%.

Количество стандартных саженцев вишни на уровне контроля в комбинациях: *Путинка* на 74340 (98,6%) и 82987 (83,4%); *Ровесница* – 74326 (60,0%) и 82987 (75%); *Тургеневка* – 74324, 74332 (75%); *Шоколадница* – 74340 (70,8%).

В большинстве привойно-подвойных комбинаций выход стандартного посадочного материала на изучаемых подвоях был ниже контрольного значения, свыше 50% – у сорта *Тургеневка* на форме 74340 (62,5%).

Все привойно-подвойные комбинации высажены в сад для дальнейшего изучения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов О.Е. Совершенствование способов размножения сортов и форм косточковых культур: дис... канд. с.-х. наук: 06.01.05, 06.01.07. (МичГАУ). Мичуринск-научград, 2009. 175 с.
2. Вехов Ю.К., Ляхова А.С. Отдаленные виды вишни – перспективные подвойные формы / Развитие научного наследия И.В. Мичурина по генетике и селекции плодовых культур. Мичуринск: ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина, 2010. С. 88–91.
3. Гуляева А.А., Джигадло Е.Н., Колесникова А.Ф. Изучение степени укореняемости у гибридов вишни, полученных в результате отдаленных скрещиваний / Селекция и сорторазведение садовых культур. Орел: ВНИИСПК, 1996. С. 156–161.
4. ГОСТ Р 53135-2008. Национальный стандарт Рос. Федерации. Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. N 564-ст. М., 2008. 57 с.
5. Джигадло Е.Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России. Орел: ВНИИСПК.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.
7. Колесникова А.Ф., Колесников А.И., Муханин В.Г. Вишня. М.: Агрпромиздат, 1986. 238 с.
8. Колесникова А.Ф. Селекция вишни в прошлом и настоящем. Орел, 2014. 352 с.
9. Коровин В.А. Совместимость слаборослых подвоев с культурными сортами / Сады на карликовых подвоях. М.: Колос, 1966. 296 с.
10. Кушлак А.В. Производственно-биологическая характеристика новых сорто-подвойных сочетаний яблони, груши, вишни и их значение для садоводства ЦЧР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.08 (МичГАУ). Воронеж, 2013. 140 с.
11. Методические рекомендации по проведению апробации районированных и перспективных сортов косточковых культур селекции ВНИИСПК в питомнике/ под ред. А.А. Гуляевой. изд. 2-е, допол. Орел: ВНИИСПК, 2017. С. 4.
12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
13. Ревякина Н.Т., Упадышева Г. Ю., Михеев А. М. Клоновые подвой для интенсивных садов вишни Нечерноземья России. М.: ВСТИСП, 2000. 21 с.
14. Упадышева Г.Ю. Инновационные элементы технологии возделывания вишни // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 70–72.

REFERENCES

1. Bogdanov O.E. Sovershenstvovanie sposobov razmnozheniya sortov i form kostochkovykh kul'tur: dis... kand. s.-h. nauk: 06.01.05, 06.01.07. (MichGAU). Michurinsk-naukograd, 2009. 175 s.
2. Vekhov Yu.K., Lyahova A.S. Otdalennyye vidy vishni – perspektivnye podvoynye formy / Razvitie nauchnogo naslediya I.V. Michurina po genetike i selekcii plodovykh kul'tur. Michurinsk: VNIIGiSPR im. I. V. Michurina, 2010. S. 88–91.
3. Gulyaeva A.A., Dzhigadlo E.N., Kolesnikova A.F. Izucheniye stepeni ukorenyaemosti u gibridov vishni, poluchennykh v rezul'tate otdalennykh skreshchivanij / Selekcija i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur. Орел: VNIISPK, 1996. S. 156–161.
4. GOST R 53135-2008. Nacional'nyj standart Ros. Federacii. Posadochnyj material plodovykh, yagodnykh, subtropicheskikh, orekhoplodnykh, citrusovykh kul'tur i chaya. Tekhnicheskie usloviya. Utverzhden i vveden v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 18 dekabrya 2008 g. N 564-st. M., 2008. 57 s.
5. Dzhigadlo E.N. Sovershenstvovanie metodov selekcii, sozdanie sortov vishni i chereshni, ih podvoev s ekologicheskoy adaptaciej k usloviyam Central'nogo regiona Rossii. Орел: VNIISPK.
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. Izd. 4-e, pererab. i dop. M.: Kolos, 1979. 416 s.
7. Kolesnikova A.F., Kolesnikov A.I., Mуханин V.G. Vishnya. M.: Agropromizdat, 1986. 238 s.
8. Kolesnikova A.F. Selekcija vishni v proshlom i nastoyashchem. Орел, 2014. 352 s.
9. Korovin V.A. Sovmestimost' slaboroslykh podvoev s kul'turnymi sortami / Sady na karlikovykh podvoyah. M.: Kolos, 1966. 296 s.
10. Kushlak A.V. Proizvodstvenno-biologicheskaya harakteristika novykh sorto-podvoynykh sochetanij yablони, grushi, vishni i ih znachenie dlya sadovodstva CCHR: dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.08 (MichGAU). Voronezh, 2013. 140 s.
11. Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu aprobacii rajonirovannykh i perspektivnykh sortov kostochkovykh kul'tur selekcii VNIISPK v pitomnike/ pod red. A.A. Gulyaevoj. izd. 2-e, dopol. Орел: VNIISPK, 2017. S. 4.
12. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur / pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covoj. Орел: VNIISPK, 1999. 608 s.
13. Revyakina N.T., Upadysheva G. Yu., Miheev A. M. Klonovyye podvoi dlya intensivnykh sadov vishni Nechernozem'ya Rossii. M.: VSTISP, 2000. 21 s.
14. Upadysheva G.Yu. Innovacionnyye elementy tekhnologii vozdelevaniya vishni // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30. № 9. S. 70–72.

ФОРМАЛЬДЕГИД В БЕЛОМ САХАРЕ: ОБНАРУЖЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ

Марина Ивановна Егорова, кандидат технических наук
 Екатерина Сергеевна Николаева
 Любовь Николаевна Пузанова, кандидат сельскохозяйственных наук
 ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
 г. Курск, Россия
 E-mail: rniisp@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты проверки, актуализации и практического применения методики фотометрического определения формальдегида в белом сахаре — ICUMSA GS2-36, установления влияния на результат мутности его растворов. Исследования проводили с градуировочными растворами разных концентраций, измененной процедурой измерений. Установлено, что график формальдегида в белом сахаре в диапазоне 0,001...0,1 мг/кг характеризуется линейностью, для измерения светопоглощения следует использовать кювету с толщиной поглощающего слоя 10 см. Стабильность величин светопоглощения применяемых реагентов позволяет использовать их значения, определяемые один раз ежедневно (мутность растворов сахара не оказывает влияния на результат). По итогам тестирования образцов белого сахара подтверждена его безопасность: 75% не содержат формальдегид, 25% содержат в диапазоне 0,01–0,05 мг/кг. Указанная методика в актуализированном варианте может быть рекомендована для практического применения.

Ключевые слова: формальдегид, свекловичный белый сахар, остаточное содержание, фотометрический метод, градуировочный график, оптическая плотность, мутность

FORMALDEHYDE IN WHITE SUGAR: DETECTION AND CONTENT

M.I. Egorova, *PhD in Engineering Sciences*
 E.S. Nikolaeva
 L.N. Puzanova, *PhD in Agricultural Sciences*
 FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center», Kursk, Russia
 E-mail: rniisp@gmail.com

Abstract. The article presents the results of verification, updating and practical application of the method for the photometric determination of formaldehyde in white sugar ICUMSA GS2-36, establishing the influence on the result of determining the turbidity of sugar solutions. The studies were carried out with calibration solutions of different concentrations and a modified measurement procedure. It was found that the calibration curve of formaldehyde in white sugar in the range of 0.001 to 0.1 mg/kg is characterized by linearity, a cuvette with an absorbing layer thickness of 10 cm should be used to measure light absorption. The applied stability of the light absorption values of the reagents allows the use of their values, determined once daily (the turbidity of sugar solutions does not affect the result). Based on the results of testing samples of white sugar, its safety was confirmed: 75% not contain formaldehyde, 25% contain in the range of 0.01 to 0.05 mg/kg. The specified technique in an updated version can be recommended for practical application.

Keywords: formaldehyde, beet white sugar, residual content, photometric method, calibration curve, optical density, turbidity

Сахар — натуральный углеводный подсластитель в виде сахарозы разной степени очистки. Количество его потребления населением зависит от макросреды и национальных традиций. В России в 1880 году оно составляло 2,9 кг/чел. в год, 1901 — 6,4, 2000 — 35, в текущем столетии стабилизировалось на уровне 39 кг/чел. в год. [1]

Сырье — сахарный тростник и сахарная свекла. Доля тростникового сахара в общем объеме мирового производства составляет 78...80%. [7] Ежегодно в мире выращивают 270...300 млн т сахарной свеклы, в России — 33,9...54,4 млн т. [8] Россия, Франция, Германия, США и Турция производят ежегодно 19...22 млн т свекловичного сахара при мировой выработке 32...36 млн т (Россия — 5,2...7,8 млн т).

Актуальная задача — контроль безопасности производства сахара, идентификация химических соединений, присутствие которых даже в незначительных количествах может нанести вред здоровью человека.

При производстве сахара из сахарной свеклы существует риск развития микрофлоры в техно-

гическом потоке, который связан с поступлением подверженных различным заболеваниям корнеплодов после хранения, проникновением микроорганизмов с почвой, находящейся на поверхности корнеплодов, с производственными водами. [5, 6] Наиболее благоприятные условия для развития микрофлоры наступают в процессе экстрагирования сахарозы из-за высокого содержания воды в составе диффузионного сока (84...88%), диапазона температур от 20 до 80°C. Развитие микроорганизмов приводит к повышению неучтенных потерь сахарозы (0,3...0,4%), продукты распада (молочная кислота, красящие вещества), как сильные меласообразователи снижают выход сахара. [10] Чтобы подавить рост патогенной микрофлоры используют вспомогательные средства (хлор- и магнийсодержащие препараты, соединения полигуанидина, бензойной кислоты и другие). [3, 6] Наиболее эффективный — 40%-й раствор формалина, 0,015...0,02% массы свеклы. [9] Техническим регламентом Таможенного союза «Требования безопасности пи-

щевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012) допускается применение формальдегида в качестве антимикробного вещества при переработке сахарной свеклы.

Формальдегид – канцероген, представляет опасность для здоровья человека. [2] Содержание его в продуктах питания варьирует от ниже 1 (молоко) до более 200 мг/кг (некоторые виды рыб). [12] Установленного норматива для ежедневного потребления формальдегида не существует, по оценкам ВОЗ он находится в диапазоне – 1,4...1,7 мг/кг массы тела в сутки для взрослого человека. Количество формальдегида в сахаре – 0,75 мг/кг. [11] Техническим регламентом Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (ТР ТС 029/2012) максимальное остаточное количество формальдегида в белом сахаре установлено на уровне 0,05 мг/кг.

Для определения формальдегида в пищевых продуктах, воде, упаковке используют различные аналитические методы (высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), спектрофотометрия, колориметрия, капиллярный электрофорез). В России Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека для определения формальдегида в сахаре рекомендует пользоваться МУК 4.1.3489-17 «Определение остаточных количеств формальдегида в сахаре методом газожидкостной хроматографии: Методические указания», в которых предел обнаружения в пробе – 0,002 мг/кг. Для нахождения содержания формальдегида в воде согласно ГОСТ Р 55227 «Вода. Методы определения содержания формальдегида» используют методы: ВЭЖХ, фотометрический, флуориметрический.

Хроматографические методы наиболее точные, но они требуют дорогостоящего оборудования и квалифицированного персонала. Свеклосахарные заводы не оснащены жидкостными хроматографами и используют на практике методы фотометрии, показавшие свою надежность и достоверность при установлении цветности растворов сахара, мутности, содержания раффинозы, α-аминного азота в сахарной свекле и мелассе. Фотометрический метод изложен в ICUMSA – GS2-36 «Определение формальдегида в белом сахаре с помощью колориметрического метода». Но эта методика в России никогда не применялась, а формат ее изложения требует детализации и корректировки некоторых аспектов подготовки проб и измерений. Она основана на взаимодействии формальдегида с ацетилацетоном в среде уксуснокислого аммония с образованием соединения, окрашенного в желтый цвет с максимумом оптической плотности в спектре поглощения при 410 нм. В методике GS2-36 указано, что она предназначена для определения содержания формальдегида в белом сахаре до 1 мг/кг с построением градуировочного графика в диапазоне 0...1 мг/кг сахара и использованием фотометрической кюветы с толщиной поглощающего слоя 1 см. Так как, в сахаре, вырабатываемом в России, содержание формальдегида не должно превышать 0,05 мг/кг, необходим градуировочный график

в диапазоне 0...0,1 мг/кг и фотометрическая кювета с толщиной поглощающего слоя 10 см. Кроме того, растворы сахара наряду с цветностью, обусловленной содержанием красящих веществ, обладают мутностью [4], которая приводит к искажению результатов фотометрических определений. Предположительно, мутность растворов сахара может повлиять на результат определения формальдегида, но такая информация в научной литературе отсутствует.

Цель работы – экспериментально проверить, актуализировать и практически применить методику фотометрического определения формальдегида в белом сахаре, установить влияние на результат мутности растворов сахара.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании применяли реактивы: аммоний уксуснокислый ч.д.а., ГОСТ 3117; ацетилацетон ч.д.а., ГОСТ 10259; натрий формальдегид бисульфит ч.; кислота уксусная ч.д.а., ГОСТ 61; сахароза х.ч., ГОСТ 5883; вода бидистиллированная, ГОСТ 4517. Использовали фотометр фотоэлектрический КФК-3-01 «ЗОМЗ» (длина волны – 410 ± 5 нм), кюветы с толщиной поглощающего слоя – 1 и 10 см, весы лабораторные электронные ShinkoDenshi ViBRA NT224CE (класс точности I), посуду мерную, лабораторную стеклянную (ГОСТ 1770), прибор вакуумного фильтрования ПВФ-47/1, фильтры Владисарт ФМНЦ (0,45 мкм, D 47 мм).

Стандартный раствор формальдегида (концентрация – 0,28 мг/см³) хранили не более месяца в бутылках из темного стекла при температуре не выше 5°C. Методом разбавления готовили рабочий раствор формальдегида с концентрацией 0,028 мг/см³. Добавление 1 см³ рабочего раствора к 28 г сахарозы соответствует концентрации формальдегида в сахаре 0,028 мг/28 г или 1 мг/кг; 0,1 см³ – 0,1 мг/кг.

В день проведения анализа в мерных колбах по 100 см³ готовили: реактив Ханча – растворением 15,4 г аммония уксуснокислого в бидистиллированной воде с добавлением 0,2 см³ ацетилацетона и 0,3 см³ уксусной кислоты; аммиачный реактив – растворением 15,4 г аммония уксуснокислого в бидистиллированной воде с 0,3 см³ уксусной кислоты. С соблюдением указанных пропорций готовили растворы в мерной колбе вместимостью 1000 см³.

Градуировочные растворы делали, растворяя 28 г сахарозы не содержащей формальдегид, в бидистиллированной воде с добавлением в каждый определенный объем рабочего раствора формальдегида, доводили объем раствора до 100 см³, использовали свежеприготовленными.

Пробоподготовка образцов белого сахара заключалась в растворении 28 г в бидистиллированной воде с доведением объема раствора до 100 см³.

Исследования проводили в двух сериях опытов с градуировочными растворами, соответствовавшими содержанию формальдегида в белом сахаре: 1 – 0; 0,2; 0,5; 0,8; 1,0 мг/кг; 2 – 0; 0,02; 0,05; 0,08; 0,10 мг/кг (каждая точка в трех повторностях). Изучено 150 образцов белого сахара категорий экстра, ТС2, ТС3, выработанного свеклосахарными заводами разных регионов страны из урожая сахар-

ной свеклы 2020, 2021 годов и 8 образцов белого сахара с различной мутностью.

В первой серии опытов в пробирки с крышками вносили градуировочный раствор с соответствующим содержанием формальдегида (или раствор образца сахара) и реактивы по схеме: пробирка 1 – 4 см³ градуировочного раствора (или раствора сахара) + 4 см³ реактива Ханча; пробирка 2 – 4 см³ бидистиллированной воды + 4 см³ реактива Ханча; пробирка 3 – 4 см³ градуировочного раствора (или раствора сахара) + 4 см³ аммиачного реагента; пробирка 4 – 4 см³ бидистиллированной воды + 4 см³ аммиачного реагента. Во второй серии использовали колбы вместимостью 100 см³, а объемы вносимых растворов увеличивали до 50 см³. Пробирки или колбы с растворами помещали в водяную баню с температурой 60°C и выдерживали 15 мин., затем охлаждали в воде до 20°C. Оптическую плотность систем измеряли в кюветках с толщиной поглощающего слоя: в первой серии опытов – 1 см, во второй – 10 см; раствор сравнения – бидистиллированная вода. В качестве величин оптической плотности систем использовали среднеарифметическое значение трех измерений.

Оптическую плотность окрашенных продуктов реакции с ацетилацетоном $A_{пр}$ вычисляли по формуле:

$$A_{пр} = A_p - A_c, \quad (1)$$

где $A_{пр}$ – оптическая плотность окрашенных продуктов реакции, ед. опт. пл.;

A_p – оптическая плотность реактива, ед. опт. пл.;

A_c – оптическая плотность раствора сахара, ед. опт. пл.

$$A_p = A_1 - A_2, \quad (2)$$

где A_1, A_2 – оптическая плотность системы в колбах 1 и 2 соответственно, ед. опт. пл.

$$A_c = A_3 - A_4, \quad (3)$$

где A_3, A_4 – оптическая плотность системы в колбах 3 и 4 соответственно, ед. опт. пл.

Исследовали стабильность показателей оптических плотностей систем в колбах.

Градуировочный график строили, откладывая по оси абсцисс величины содержания формальдегида в сахаре, ординат – соответствующие им значения оптической плотности окрашенных продуктов реакции. Контроль приемлемости и стабильности градуировочной характеристики осуществляли по ГОСТ Р 55227 «Вода. Методы определения содержания формальдегида».

Содержание формальдегида в образцах сахара находили по градуировочному графику, полученному во второй серии опытов.

Влияние мутности растворов сахара на результат определения содержания формальдегида наблюдали на восьми образцах белого сахара с различной цветностью и мутностью (табл. 1). Цветность сахара устанавливали по ГОСТ 12572 «Сахар. Метод определения цветности», мутность – по методике ICUMSA.

Таблица 1.

Характеристика образцов белого сахара

Образец	Категория сахара	Цветность, ед. опт. пл.	Мутность, ед. опт. пл.
1	Экстра	44	30
2	ТС2	62	100
3	ТС2	69	35
4	ТС2	82	32
5	ТС2	104	55
6	ТС3	109	68
7	ТС3	145	94
8	ТС3	148	91

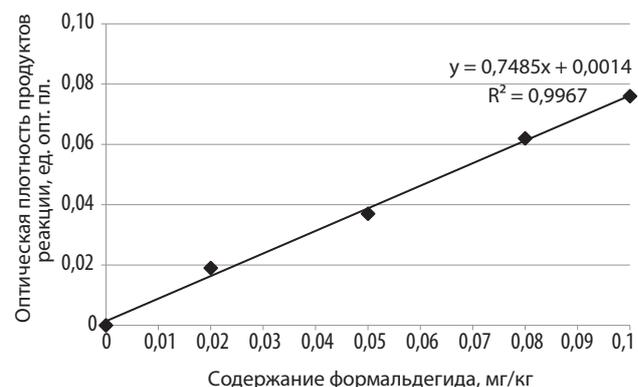
Пробы образцов сахара при определении содержания формальдегида готовили по двум вариантам: 1 – контроль, согласно методике; 2 – подготовленный раствор сахара фильтровали через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Результаты статистически обрабатывали с помощью программы MS Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Коэффициент корреляции (R^2) градуировочного графика первой серии опытов в диапазоне 0,01...1,0 мг/кг равен 0,9969, во второй (0,001...0,1 мг/кг) – 0,9967, что подтверждает линейность метода в указанных диапазонах (см. рисунок).

Изменяемые значения светопоглощения системы с окрашенным соединением отличаются на порядок: в первой серии опытов – 0,020...0,040 ед. опт. пл., что увеличивает погрешность определения; во второй – 0,2...0,4 ед. опт. пл. (приемлемо для фотометрических измерений). Таким образом, для использования методики следует изменить процедуру приготовления градуировочных растворов с построением градуировочного графика в диапазоне 0,001...0,01 мг/кг и применять кювету с толщиной поглощающего слоя 10 см. Подтверждена стабильность величин светопоглощения системы в колбе 2 для реактива Ханча, что позволяет использовать его в качестве раствора сравнения при определении светопоглощения исследуемого раствора сахара. Также подтверждена стабильность величин светопоглощения систем в колбах 3 и 4. Указанное поможет минимизировать измерения, проводимые ежедневно и использовать их при расчетах для исследуемых образцов в течение одного рабочего дня.



Градуировочный график формальдегида в белом сахаре.

Таблица 2.
Результаты измерений и расчетов содержания формальдегида для образцов белого сахара с различной мутностью раствора

Номер колбы	Вариант 1				Вариант 2			
	$A_{(1,2,3,4)}$	$\frac{A_p}{A_c}$	$A_{пр}$	$C_{ф'}$ мг/кг	$A_{(1,2,3,4)}$	$\frac{A_p}{A_c}$	$A_{пр}$	$C_{ф'}$ мг/кг
Образец 1, мутность 30 ед. опт. пл.								
1	0,374	0,193	0,033	0,04	0,376	0,195	0,035	0,04
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 2, мутность 100 ед. опт. пл.								
1	0,366	0,186	0,025	0,03	0,366	0,186	0,025	0,03
2	0,180				0,180			
3	0,176	0,161			0,176	0,161		
4	0,015				0,015			
Образец 3, мутность 35 ед. опт. пл.								
1	0,360	0,179	0,019	0,02	0,360	0,179	0,019	0,02
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 4, мутность 32 ед. опт. пл.								
1	0,340	0,160	0,000	отсут.	0,340	0,160	0,000	отсут.
2	0,180				0,180			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 5, мутность 55 ед. опт. пл.								
1	0,372	0,191	0,031	0,04	0,373	0,192	0,032	0,04
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 6, мутность 68 ед. опт. пл.								
1	0,374	0,193	0,033	0,04	0,373	0,192	0,032	0,04
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 7, мутность 94 ед. опт. пл.								
1	0,358	0,177	0,017	0,02	0,358	0,177	0,017	0,02
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			
Образец 8, мутность 91 ед. опт. пл.								
1	0,372	0,191	0,031	0,04	0,372	0,191	0,031	0,04
2	0,181				0,181			
3	0,175	0,160			0,175	0,160		
4	0,015				0,015			

Процедуру измерений рекомендуем проводить с учетом подтвержденных закономерностей для выделения величины светопоглощения окрашенного соединения.

Изучили влияние мутности растворов сахара на результат определения формальдегида (табл. 2).

Значения измеряемой оптической плотности в системах $A(1,2,3,4)$ для всех образцов по двум вариантам почти не отличаются, а расчетные величины содержания формальдегида в образцах полностью совпали. Следовательно, мутность сахарных раство-

ров не оказывает влияния на результат определения формальдегида фотометрическим методом.

Получены обобщенные результаты определения формальдегида в 150 образцах белого сахара (12 – категории экстра, 105 – ТС2, 33 – ТС3), выработанного по ГОСТ 33222 «Сахар белый. Технические условия» из урожая сахарной свеклы 2020, 2021 годов 38 свеклосахарными заводами России, расположенными в десяти регионах четырех федеральных округов. В 113 образцах формальдегид не обнаружен, в том числе во всех образцах категории экстра, 81 – ТС2, 20 – ТС3, что составило 75% протестированных образцов. Содержание формальдегида варьировало от 0,01 до 0,05 мг/кг в 37 образцах, в том числе 24 – ТС2 и 13 – ТС3.

Таким образом, метод фотометрического определения формальдегида в белом сахаре экспериментально апробирован, методика актуализирована за счет уточнения процедур построения градуировочного графика и измерений. Установлено отсутствие влияния на результат мутности растворов сахара. Результаты подтверждают безопасность белого сахара, производимого в России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беяева Л.И., Остапенко А.В. Современные аспекты использования биотехнологий в производстве сахара // Наука, питание и здоровье: сб. науч. тр. в 2 ч. Ч. 2. Минск: Беларуская навука, 2021. С. 18–24.
2. Голиков Р.А., Суржилов Д.В., Кислицына В.В. и др. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье населения (обзор литературы) // Научное обозрение. Медицинские науки. 2017. № 5. С. 20–31.
3. Гусятинская Н.А., Авдиенко С.А., Чорная Т.Н. и др. Дезинфекция в сахарном производстве: безопасность персонала, обеспечение качества продукции // Сахар. 2015. № 11. С. 44–47.
4. Егорова М.И., Кретова Я.А. Мутность растворов белого сахара как индикаторный показатель для потребителей и производителей // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сб. докл. XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 1 октября 2020 г. Минск: Беларуская навука, 2020. С. 363–367.
5. Егорова М.И., Пузанова Л.Н., Смирнова Л.Ю. Развитие методологических аспектов идентификации болезней сахарной свеклы при поступлении в технологический поток производства сахара // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 3. С. 134–148. doi: 10.36107/spfr.2020.321.
6. Кульнева Н.Г., Шматова А.И., Манько Ю.И. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 193–196. doi: 10.20914/2310-1202-2014-1-193-196.
7. Серегин С.Н., Лукин Н.Д., Бызов В.А. Развитие рынка сахаристых продуктов: ограничения и стимулы роста // Пищевая промышленность. 2022. № 8. С. 25–31. doi: 10.52653/PPI.2022.8.8.005.
8. Смоленцева Е.В. Производство сахара в мире и факторы на него влияющие // Московский экономический журнал. 2019. № 8. статья 18026. С. 585–599. doi: 10.24411/2413-046X-2019-18026.
9. Aubry R., Gasnot L. The fate of formaldehyde in sugar manufacture and in products // Sugar Industry. 2015. No. 140(11). P. 692–696. doi: 10.36961/si16950.

10. De Bruijn J.M. Chemistry and microbiology in sugar extraction // Sugar Industry. 2021. No. 146(10). P. 574–581. doi: 10.36961/si27541.
11. European Food Safety Authority. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources // EFSA Journal. 2014. No. 12(2). Article 3550. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3550.
12. Nowshad F., Islam M.N., Khan M.S. Concentration and formation behavior of naturally occurring formaldehyde in foods // Agric & Food Secur. 2018. No. 7. Article 17. doi: 10.1186/s40066-018-0166-4.
5. Egorova M.I., Puzanova L.N., Smirnova L.Yu. Razvitie metodologicheskikh aspektov identifikatsii boleznej saharnoj svekly pri postuplenii v tekhnologicheskij potok proizvodstva sahara // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2020. № 3. S. 134–148. doi: 10.36107/spfp.2020.321.
6. Kul'neva N.G., SHmatova A.I., Man'ko Yu.I. Mikroflora sveklosaharnogo proizvodstva: problemy i puti resheniya // Vestnik VGUIT. 2014. № 1. S. 193–196. doi:10.20914/2310-1202-2014-1-193-196.
7. Seregin S.N., Lukin N.D., Byzov V.A. Razvitie rynka saharistyh produktov: ogranicheniya i stimuly rosta // Pishcheyaya promyshlennost'. 2022. № 8. S. 25–31. doi: 10.52653/PPI.2022.8.8.005.
8. Smolenceva E.V. Proizvodstvo sahara v mire i faktory na nego vliyayushchie // Moskovskij ekonomicheskij zhurnal. 2019. № 8. stat'ya 18026. S. 585–599. doi: 10.24411/2413-046H-2019-18026.
9. Aubry R., Gasnot L. The fate of formaldehyde in sugar manufacture and in products // Sugar Industry. 2015. No. 140(11). P. 692–696. doi: 10.36961/si16950.
10. De Bruijn J.M. Chemistry and microbiology in sugar extraction // Sugar Industry. 2021. No. 146(10). P. 574–581. doi: 10.36961/si27541.
11. European Food Safety Authority. Endogenous formaldehyde turnover in humans compared with exogenous contribution from food sources // EFSA Journal. 2014. No. 12(2). Article 3550. doi: 10.2903/j.efsa.2014.3550.
12. Nowshad F., Islam M.N., Khan M.S. Concentration and formation behavior of naturally occurring formaldehyde in foods // Agric. & Food Secur. 2018. No. 7. Article 17. doi: 10.1186/s40066-018-0166-4.

REFERENCES

1. Belyaeva L.I., Ostapenko A.V. Sovremennye aspekty ispol'zovaniya biotekhnologiy v proizvodstve sahara // Nauka, pitaniye i zdorov'ye: sb. nauch. tr. v 2 ch. Ch. 2. Minsk: Belaruskaya navuka, 2021. S. 18–24.
2. Golikov R.A., Surzhikov D.V., Kislicyna V.V. i dr. Vliyanie zagryazneniya okruzhayushchej sredy na zdorov'ye naseleeniya (obzor literatury) // Nauchnoe obozrenie. Medicinskie nauki. 2017. № 5. S. 20–31.
3. Gusyatinskaya N.A., Avdienko S.A., Chornaya T.N. i dr. Dezinfekciya v saharom proizvodstve: bezopasnost' personala, obespechenie kachestva produktsii // Sahar. 2015. № 11. S. 44–47.
4. Egorova M.I., Kretova Ya.A. Mutnost' rastvorov belogo sahara kak indikatornyj pokazatel' dlya potrebitel'j i proizvoditelej // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana, Belarusi i Bolgarii: sb. dokl. XXIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., Minsk, 1 oktyabrya 2020 g. Minsk: Belaruskaya navuka, 2020. S. 363–367.

УДК 619:615.37.012

DOI:10.31857/2500-2082/2022/6/77-80, EDN: KDBBRE

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ
НА ОСНОВЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ВЕТЕРИНАРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Татьяна Анатольевна Скотникова, доктор биологических наук
Лариса Анатольевна Неминушая, доктор биологических наук
Наталья Киреевна Еремец, кандидат биологических наук
Алена Алексеевна Казаку, аспирант

Владимир Иванович Еремец, доктор биологических наук, профессор
Юрий Дмитриевич Фролов, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности,
Московская обл., Россия
E-mail: ook_vnitibp@mail.ru

Аннотация. Работа выполнена в отделе обеспечения качества лекарственных средств для ветеринарии и животноводства ФГБНУ ВНИТИБП. Нормативными документами РФ и Евразийского экономического союза установлены единые требования к организации производства и контроля качества лекарственных средств для медицинского и ветеринарного применения. Важный элемент жизненного цикла иммунобиологических лекарственных препаратов (ИЛП) – определение и контроль их стабильности при различных предполагаемых условиях хранения. Требования по стабильности применяют как к основным, так и вспомогательным веществам, входящим в состав препарата (субстанции, антигены, буферные системы и другие добавки). В соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ и документами Евразийского экономического союза по оценке пробиотиков исследована термостабильность и стабильность при длительном хранении в жидкой и сухой формах штаммов пробиотических бактерий *L. plantarum*, штамм 8PA3 (ВКПМ № В-11007) и *B. subtilis*, штамм М-8 (ВКПМ № В-1948), депонированных во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) ФГУП ГосНИИгенетика. Установлен срок годности пробиотиков при температуре хранения 8–10°C: на основе бактерий *L. plantarum* (жидкая форма – 3 мес., сухая – 9 мес.); *B. subtilis* (жидкая форма – 9 мес., сухая – 12 мес.).

Ключевые слова: пробиотики, активность, кинетика, стабильность, термостабильность, фармакопоя, срок годности, контроль

INVESTIGATIONS OF THE BIOLOGICAL DRUGS STABILITY BASED ON PROBIOTIC BACTERIA FOR VETERINARY USAGE

T.A. Skotnikova, *Grand PhD in Biological Sciences*
L.A. Neminushchaya, *Grand PhD in Biological Sciences*
N.K. Eremets, *PhD in Biological Sciences*
A.A. Kazaku, *PhD student*

V.I. Eremets, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*

Yu.D. Frolov, *PhD in Biological Sciences*

All-Russian Research Technological Institute of Biological Industry, Moscow Region, Russia

E-mail: ook_vnitibp@mail.ru

Abstract. The work was carried out in the Department of Quality Assurance of Medicines for Veterinary Medicine and Animal Husbandry of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry" (FS-BNU VNITIBP). Currently, the regulatory documents of the Russian Federation and the Eurasian Economic Union have established uniform requirements for the organization of production and quality control of medicines for medical and veterinary use. An important element of the life cycle of immunobiological medicinal products (ILPs) is the determination and control of their stability under various proposed storage conditions. Stability requirements apply to both the main and excipients included in the product: substances, antigens, buffer systems and other additives. In accordance with the recommendations of FAO/WHO and the documents of the Eurasian Economic Union on the assessment of probiotics, the thermal stability and stability in long-term storage in liquid and dry forms of strains of probiotic bacteria *L. plantarum*, strain 8RA3 (VKPM No. V-11007) and *B. subtilis*, strain M-8 (VKPM No. B-1948), deposited in the All-Russian Collection of Industrial Microorganisms (VKPM) FSUE GosNIIGenetics, the shelf life of probiotics at a storage temperature of 8–10°C is established: based on *L. plantarum* bacteria (3 months in liquid form, 9 months in dry form), *B. subtilis* bacteria (9 months in liquid form, 12 months in dry form).

Keywords: probiotics, activity, kinetics, stability, thermal stability, pharmacopoeia, shelf life, control

Важный аспект производства иммунобиологических лекарственных препаратов (ИЛП) — определение и контроль его стабильности, то есть способности сохранять свои функциональные характеристики в пределах, установленных изготовителем. [1–4] Обязанность производителя — не только изначально оценить стабильность препарата, но и определить и верифицировать срок годности при хранении, транспортировании и использовании. Срок годности при хранении — это период времени, в течение которого препарат в его оригинальной упаковке сохраняет свою стабильность в условиях, установленных изготовителем. [2, 3] Таким образом, стабильность и срок годности — взаимосвязанные понятия. Оценивать стабильность требуется в реальном времени и ускоренно со стрессовыми условиями внешней среды для прогнозирования срока годности. Исследования также определяют безопасность и эффективность препарата в зависимости от воздействия факторов окружающей среды в течение времени. Программа исследований составляется в соответствии с фармакопейной статьей по стабильности биологических лекарственных средств. [2]

Пробиотик (probiotic) — функциональный пищевой ингредиент в виде непатогенных и нетоксикогенных живых микроорганизмов, обеспечивающий при систематическом употреблении в пищу как препаратов, так и в составе пищевых продуктов благоприятное воздействие на организм человека в результате нормализации состава и (или) повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника (ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения»).

Цель работы — исследовать термостабильность и стабильность при длительном хранении в жидкой и сухой формах штаммов пробиотических бактерий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения — пробиотические бактерии *Lactobacillus plantarum*, штамм 8РА3 (ВКПМ № В-11007) и *Bacillus subtilis*, штамм М-8 (ВКПМ № В-1948); жидкие и сухие (высушенные сублимационно) препараты, полученные при культивировании бактерий *L. plantarum* и *B. subtilis*.

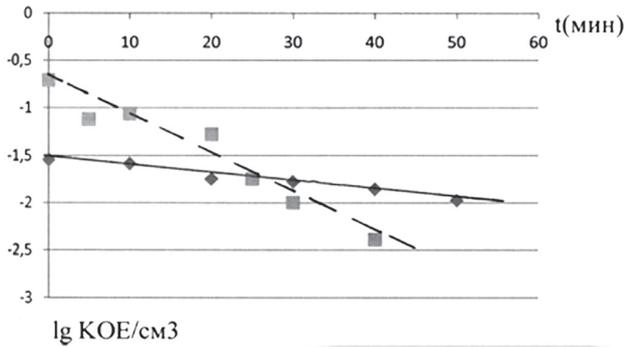
Термостабильность определяли в соответствии с разработанными во ВНИТИБП «Методическими рекомендациями по исследованию стабильности иммунобиопрепаратов на этапе разработки и в условиях действующего производства». [1]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Объекты изучения соответствуют требованиям, предъявляемым к штаммам микроорганизмов, перспективных для использования их в качестве пробиотиков.

Стабильность — один из основных показателей качества ИЛП, поскольку обеспечивает сохранение их терапевтических или профилактических свойств в процессе производства, хранения, транспортировки и применения. Ускоренные испытания стабильности при повышенных температурах (термостабильность) проводят в процессе разработки новых препаратов в ходе сравнительных исследований различных вариантов экспериментальных прописей, технологических приемов, с их помощью устанавливают первоначальный срок годности. Результаты долгосрочных испытаний (в реальном времени) — основание для установления и подтверждения сроков годности лекарственных средств при их регистрации и в последующий период. [5]

Стабильность штаммов бактерий — продуцентов пробиотиков (*L. plantarum* и *B. subtilis*) мы изучали



Динамика снижения количества жизнеспособных лактобактерий в жидкой (50°C) и сухой (60°C) формах.

для определения сроков годности и условий хранения препаратов, полученных из этих штаммов.

Исследование стабильности бактерий *L. plantarum*. Критерием оценки служила стабильность количества жизнеспособных лактобактерий. На образцах эталонной серии выявляли сохранность бактерий в жидкой и сухой формах при повышенных температурах (термостабильность) и длительном хранении.

Исследование термостабильности бактерий *L. plantarum* в жидкой форме. Образцы препарата прогревали в течение 15 мин. на водяной бане при температурах 40, 45, 50, 55, 60°C. Количество живых клеток определяли методом титрования на селективной среде MRS.

По результатам четырех опытов установили, что при нагревании (50°C) в течение 15 мин. количество живых клеток снижается, в среднем на 52%.

При температуре 50°C исследовали кинетику инактивации бактерий. Пробы (n = 4) прогревали 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мин. Обработка полученных данных методом наименьших квадратов показала, что снижение количества жизнеспособных бактерий в суспензии зависит от продолжительности теплового воздействия и описывается кинетическим уравнением первого порядка

$$\lg y = \lg y_0 - Kt,$$

где y_0 — исходная активность препарата; y — величина активности через время t ; K — константа скорости инактивации (1/ед. времени).

В координатах $\lg y$ от t данное уравнение — прямая линия с тангенсом угла наклона к оси X, равным константе скорости инактивации (рис. 1).

Достоверность степени линейности связи подтверждена статистически ($r = -0,92$). Величина константы скорости инактивации $K_T = -1,6 \times 10^{-3} \text{ сек}^{-1}$. Линейный характер зависимости потери жизнеспособности клеток от продолжительности теплового воздействия позволяет рекомендовать в качестве экспресс-теста оценки стабильности бактерий в жидкой форме тест «ускоренного старения» при 50°C в течение 15 мин.

Исследование термостабильности сублимационно высушенных (сухая форма) бактерий *L. plantarum* про-

водили по аналогичной схеме. Образцы (n = 4) прогревали 30 мин. при температурах 45, 50, 55, 60, 65 и 70°C. При нагревании (60°C) в течение 30 мин. количество живых клеток снижалось, в среднем, на 44,4%.

Исследовали кинетику инактивации бактерий. Пробы нагревали при 60°C в течение 10, 20, 25, 30, 40 и 50 мин. Провели три опыта. Обработка полученных результатов методом наименьших квадратов показала, что, как и для жидкого препарата, снижение количества жизнеспособных бактерий в суспензии зависит от продолжительности теплового воздействия и имеет линейный характер, $r = -0,73$. Величина константы скорости инактивации: $K_T = -3,8 \times 10^{-4} \text{ сек}^{-1}$. Для оценки стабильности бактерий *L. plantarum* в сухой форме можно использовать тест «ускоренного старения» при 60°C в течение 30 мин.

Стабильность жидкой и сухой формы бактерий *L. plantarum* при длительном хранении определяли по снижению количества живых лактобактерий при 8...10°C в течение 6 мес. и при 18...20°C — 12 мес. (табл. 1, 2).

Анализ полученных результатов показал, что с учетом определенной нами ошибки титрования ($\pm 0,5 \text{ lg КОЕ/см}^3$) достоверное снижение количества жизнеспособных лактобактерий начинается: для жидкой формы — через четыре месяца хранения при 8...10°C и через один месяц хранения при 18...20°C; для сухой формы — через восемь месяцев при 8...10°C и через четыре месяца при 18...20°C.

Таким образом, срок годности препаратов на основе бактерий *L. plantarum* при температуре хранения 8...10°C — три месяца в жидкой форме и девять — в сухой.

Исследование стабильности бактерий *B. subtilis* при хранении.

Известно, что из-за способности образовывать спорую форму бациллобактерии более стабильны, чем неспорообразующие лактобактерии.

Таблица 1. Данные по хранению жидкой формы *L. plantarum* (n=4)

Срок хранения, мес.	Содержание живых бактерий ($\times 10^8 \text{ КОЕ/см}^3$)	
	8...10°C	18...20°C
0	2,2	2,4
1	2,1	1,7
2	2,0	0,8
3	2,0	0,4
4	1,5	0,3
5	0,9	0,1
6	0,8	0,1

Таблица 2. Данные по хранению сухой формы *L. plantarum* (n=4)

Срок хранения, мес.	Содержание живых бактерий ($\times 10^8 \text{ КОЕ/см}^3$)	
	8...10°C	18...20°C
0	6,8	6,7
2	7,0	7,1
4	7,1	6,5
6	6,8	5,4
8	5,9	4,3
10	4,5	3,1
12	3,8	3,1

Таблица 3.

Показатели биологической активности при хранении жидкой формы бактерий *B. subtilis* (n=4)

Срок хранения, мес.	Содержание живых бактерий (x10 ⁹ КОЕ/см ³)	
	8...10°C	18...20°C
0	1,2	1,4
2	1,1	1,1
4	1,0	1,2
6	1,0	1,0
8	0,9	0,9
10	0,8	0,2
12	0,2	0,1

Таблица 4.

Показатели биологической активности при хранении сухой формы бактерий *B. subtilis* (n=4)

Срок хранения, мес.	Содержание живых бактерий (x10 ⁹ КОЕ/см ³)	
	8...10°C	18...20°C
0	6,8	6,7
2	7,0	7,1
4	7,1	6,5
6	6,8	6,4
8	6,9	6,3
10	6,5	6,1
12	6,8	6,1

Стабильность бактерий *B. subtilis* в жидкой и сухой форме определяли по снижению количества живых бактерий при 8...10°C и 18...20°C в течение 12 мес. (табл. 3, 4).

С учетом определенной нами ошибки титрования ($\pm 0,5 \lg$ КОЕ/см³) количество жизнеспособных бактерий *B. subtilis* достоверно сохраняется: для жидкой формы – в течение 10 мес. хранения при 8...10°C и восьми – 18...20°C; сухой – 12 мес. (8...10 и 18...20°C).

Таким образом, срок годности препаратов на основе бактерий *B. subtilis* при температуре хранения 8...10°C в жидкой форме – 9 мес., сухой – 12 мес.

Высокая термостабильность препарата значительно упрощает технологию его применения.

В соответствии с рекомендациями ФАО/ВОЗ и документами Евразийского экономического союза по оценке пробиотиков исследована термостабильность и стабильность при длительном хранении в жидкой и сухой формах штаммов пробиотических бактерий *L. plantarum*, штамм 8РАЗ (ВКПМ № В-11007) и *B. subtilis*, штамм М-8 (ВКПМ № В-1948), депонированных во Всероссийской кол-

лекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ) ФГУП ГосНИИГенетика, установлен срок годности пробиотиков при температуре хранения 8...10°C на основе бактерий: *L. plantarum* (3 мес. в жидкой форме и 9 – в сухой); *B. subtilis* (9 мес. в жидкой форме и 12 – в сухой).

Анализ результатов показал, что полученные закономерности не противоречат данным других исследователей и отражают современное состояние проблемы, связанной с изучением состава и свойств пробиотиков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по исследованию стабильности иммунобиопрепаратов на этапе разработки и в условиях действующего производства, утв. РАСХН 28.03.08. М. 2009.
2. ОФС.1.1.0020.18. Стабильность Государственная Фармакопея Российской Федерации, Изд. XIV.
3. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 03.11.2016 г., № 89 «Об утверждении Правил проведения исследований биологических лекарственных средств», глава № 8 «Исследования стабильности биотехнологических (биологических) препаратов».
4. Скотникова Т.А., Неминушая Л.А., Токарик Э.Ф. и др. Роль стабильности в обеспечении качества лекарственных средств (иммунобиологических препаратов) для животных // Научные основы производства ветеринарных биол. препаратов: мат. Межд. науч.-практ. конф. Шелково, 2009. С. 656–662.
5. Фармакопея Евразийского экономического союза от 11 августа 2020, № 100. Введена в действие с 1 марта 2021 г.

REFERENCES

1. Metodicheskie rekomendacii po issledovaniyu stabil'nosti immunobiopreparatov na etape razrabotki i v usloviyah dejstvuyushchego proizvodstva, utv. RASKHN 28.03.08. M. 2009.
2. OFS.1.1.0020.18. Stabil'nost' Gosudarstvennaya Farmakopeya Rossijskoj Federacii, Izd. XIV.
3. Reshenie Soveta Evrazijskoj ekonomicheskoy komissii ot 03.11.2016 g., № 89 «Ob utverzhenii Pravil provedeniya issledovaniy biologicheskikh lekarstvennykh sredstv», glava № 8 «Issledovaniya stabil'nosti biotekhnologicheskikh (biologicheskikh) preparatov».
4. Skotnikova T.A., Neminushchaya L.A., Tokarik E.F. i dr. Rol' stabil'nosti v obespechenii kachestva lekarstvennykh sredstv (immunobiologicheskikh preparatov) dlya zhivotnykh // Nauchnye osnovy proizvodstva veterinarnykh biol. preparatov: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Shchelkovo, 2009. S. 656–662.
5. Farmakopeya Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza ot 11 avgusta 2020, № 100. Vvedena v dejstvie s 1 marta 2021 g.

ВЛИЯНИЕ ИНБРИДИНГА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ*

Оксана Владимировна Татуева, *старший научный сотрудник*
 Дмитрий Николаевич Кольцов, *кандидат сельскохозяйственных наук*
 Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Россия
 E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Аннотация. В Смоленской области изучены продуктивные качества коров голштинской породы из Европы и США, а также их потомков, хорошо адаптировавшихся в новых условиях и имеющих высокие показатели молочной продуктивности. Проведена сравнительная оценка продуктивных качеств аутбредных и инбредных коров голштинской породы. В селекционной работе с голштинскими животными для увеличения продолжительности жизни и пожизненной продуктивности рекомендуется использование тесного инбридинга на поголовье аутбредных животных. Исследования по изучению влияния инбридинга на продолжительность продуктивного использования у голштинских коров в условиях Смоленской области указывают на целесообразность увеличения продуктивного долголетия животных с учетом их линейной принадлежности и степени родства, используя индивидуальный подбор пар при сохранении допустимого уровня инбридинга. Создание устойчивой популяции голштинского скота позитивно отразится на молочном скотоводстве региона.

Ключевые слова: голштинская порода, крупный рогатый скот, продолжительность продуктивной жизни, инбридинг, аутбридинг, Смоленская область

THE EFFECT OF INBREEDING ON THE DURATION OF THE PRODUCTIVE USE OF *HOLSTEIN* COWS

O.V. Tatueva, *Senior Researcher*
 D.N. Koltsov, *PhD in Agricultural Sciences*
 Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia
 E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Abstract. In the conditions of the Smolensk region, the productive traits of Holstein cows purchased in Europe and the USA, as well as their offspring, who have adapted well to the new conditions and have high indicators of dairy productivity, were studied. A comparative assessment of the productive traits and productive use of outbred and inbred Holstein cows in the conditions of the Smolensk region was carried. In breeding with Holstein animals, in order to increase life duration and lifelong productivity, it is recommended to use close inbreeding on the livestock of outbred animals. Studies investigating the effect of inbreeding on the productive use duration in Holstein cows in the Smolensk region conditions indicate the feasibility of increasing the productive longevity of animals, taking into account their linear affiliation and degree of kinship, with using of individual selection of pairs while maintaining an acceptable level of inbreeding. The creating of Holstein cattle stable population will have a positive impact on the region's dairy cattle breeding.

Keywords: holstein breed, cattle, productive life duration, inbreeding, outbreeding, Smolensk region

Отрасль молочного животноводства в России активно переходит к использованию индустриальных технологий, для которых необходимы высокопродуктивные животные. Высокую молочную продуктивность и хорошую приспособленность к современным условиям содержания и доения имеет голштинская порода скота. [5, 6]

Численность черно-пестрого скота в РФ увеличивается в основном за счет импорта племенного материала из США, Канады и стран Западной Европы. По данным ВНИИплем, с 2000 по 2012 год в Россию было завезено более 120 тыс. гол. маточного поголовья крупного рогатого скота голштинской породы черно-пестрой масти. [3] За этот же период в Смоленскую область поступило около 3000 голштинских нетелей и телок. Соотношение пород

в регионе за последние десять лет изменилось: численность коров бурой швицкой снизилась с 44,0 до 31,5%, сычевской – с 38,8 до 28,2%. Доля коров голштинской породы увеличилась до 18,8%. [8]

Животные голштинской породы показывают хорошую акклиматизационную способность, высокую молочную продуктивность и интенсивность молокоотдачи, а также стойко передают эти качества потомству. Для сохранения существующих и создания новых заводских линий в племенных хозяйствах занимаются внутрилинейным разведением, при котором невозможно избежать инбридинга. В этом случае возникает опасность проявления инбредной депрессии, из-за возможности перехода рецессивных генов в гомозиготное состояние, что проявляется в ослаблении экстерьера животных,

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2019-0012) / The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal Scientific Center for Bast Crops (No. FGSS- 2019-0012).

ухудшении воспроизводительных качеств, рождении ослабленного потомства. [6]

Родственное разведение в селекции крупного рогатого скота с успехом применяют уже несколько столетий. При инбридинге увеличивается степень генетического сходства между родоначальником и потомками или нескольких животных друг с другом. Установлено, что коэффициент генетического сходства между животными возрастает в наибольшей степени с использованием умеренного и отдаленного инбридинга. При незначительном повышении гомозиготности инбредной депрессии у животных не наблюдается. [7]

При отборе для улучшения того или иного признака накопление гомозиготности в благоприятных вариантах — основная цель. [12]

Современные быки *голлитинской* породы — это потомки двух производителей (Иоганн Рэг Эппл Пабста 346005 и Вискосин Адмирал Бэк Лэда 697789). [4] Однако при ограниченном количестве выдающихся производителей повышается генетическое сходство с ними особей всей породы. При последующем подборе оказывается, что все животные популяции родственны между собой в той или иной степени. Это ведет к вынужденному инбридингу и повышению гомозиготности. [4]

Увеличение срока продуктивного использования коров — одно из самых важных направлений в селекции молочного скота. От продолжительности эксплуатации животных зависит пожизненная продуктивность, количество приплода, повышение генетического потенциала популяции, скорость смены поколений и рентабельность молочного скотоводства. [5, 9]

Известно, что от рождения до отела происходит вложение средств в будущих коров, после первого отела до четвертого длится период компенсации затрат на выращивание, и только с пятого начинают получать прибыль, величина которой зависит от долголетия и продуктивности животного. [1, 2]

Средний возраст коров *голлитинской* породы в Российской Федерации — 2,10 отела, возраст выбытия — 2,66, в Смоленской области 2,27 и 2,79 отела соответственно. [10, 11]

Цель работы — изучить аспекты продуктивного долголетия коров *голлитинской* породы, полученных на основе аутбридинга и инбридинга, в условиях Смоленской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования провели на базе племенных хозяйств по разведению *голлитинской* породы. Маточное поголовье формировали из нетелей, завезенных из европейских стран и США, а также их потомков, рожденных в РФ, по материалам зоотехнического учета программы «Селэкс». В обработку включены сведения о продуктивных качествах 5330 коров, полностью завершивших цикл производственного использования, и по разным причинам выбывших из стад с 2011 по 2020 год.

Для изучения влияния аутбридинга и инбридинга на продуктивное долголетие коров провели анализ с помощью метода группировок. Анализируемые данные были распределены на шесть групп

в зависимости от страны рождения, восемь — количества прожитых лактаций, три — генеалогической принадлежности коров.

Классификацию родства устанавливали по методу Пуша-Шапоруца, когда аутбредными считают животных, не имеющих родства в шести рядах родословной. Инбредные животные, имеющие общего предка, в том числе при разной степени родства: тесное — I—II, II—II; близкое — I—III, I—IV, II—III, III—III; умеренное — III—IV; IV—V; II—IV, II—V; отдаленное — IV—V, V—III, V—V, VI—V.

Учитывали продолжительность использования (количество лактаций), молочную продуктивность за максимальную и пожизненную лактации, удой в расчете на один день продуктивной жизни и один день жизни, а также соотношение дойных дней и дней жизни. Полученные данные обрабатывали методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Смоленской области около 47% коров *голлитинской* породы — потомки завезенных животных из стран Европы и США (рис. 1).

Наибольшими продолжительностью жизни, пожизненным удоём, соотношением дойных дней к дням жизни обладают коровы, завезенные из Дании и США, их преимущество над другими группами животных с высокой степенью достоверности ($p \leq 0,001$) составило — 0,10...1,90 лактаций, 1817...23896 кг, 3,7...23,2% (табл. 1). Лучший максимальный удой у коров из США — на 90...1209 кг ($p \leq 0,001$), показатель удоёя на один день продуктивной жизни — у животных из Нидерландов — 3,1...6,2 кг ($p \leq 0,001$), на один день жизни — у коров из Дании и США — 0,3...9,3 кг ($p \leq 0,001$).

Продуктивная деятельность коров генерации *голлитинского* скота в условиях Смоленской области не превышает восьми лактаций. Не доживают до окончания первой лактации 15,6% коров, выбывая до 240 дня лактирования. Соотношение коров в зависимости от возраста лактаций показало, что законченные лактационные циклы с первой по четвертую — у 86,8% коров и только 13,2% живут более пяти лактаций, что значительно снижает продуктивные качества животных и сказывается на результатах экономической деятельности хозяйствующих субъектов (рис. 2).

С увеличением возраста с первой по восьмую лактацию повышается максимальный удой, пожизненный и на один день жизни — на 2826 кг ($p \leq 0,001$), 63871 кг ($p \leq 0,001$), 13,9 кг ($p \leq 0,001$) соответственно (табл. 2). Разница в результатах удоёя на один день продуктивной жизни незначительная.

С возрастом у животных меняется соотношение дойных и недоёйных дней, и чем продолжительнее срок использования, тем большее число дойных дней приходится в среднем на каждый год жизни коровы. Установленная нами разница между животными, закончившими только первую и восемь лактаций — 40,9% ($p \leq 0,01$).

Количественное соотношение аутбредных и инбредных животных в стадах показало, что в основном при разведении *голлитинских* коров применяли неродственное спаривание, у инбредных — отдаленная и умеренная степень родства (рис. 3).



Рис. 1. Соотношение коров в стадах, в зависимости от страны происхождения.

Таблица 1. Характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от страны происхождения

Страна	Возраст, лактации	Дойные дни/дни жизни, %	Удой, кг			
			максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни
Венгрия	1,33±0,17	35,2±1,26	8891±469,3	6672±1930,1	28,6±1,8	6,8±1,8
Германия	2,96±0,04	54,6±0,41	8959±44,1	27423±517,0	26,1±0,1	13,6±0,2
Дания	3,23±0,04	58,4±0,37	9670±54,0	30568±512,8	28,5±0,1	16,1±0,1
Нидерланды	1,38±0,06	35,5±1,20	10010±238,8	9494±745,4	32,3±1,0	10,1±0,7
Россия	2,49±0,03	50,7±0,29	9435,6±38,8	21444±283,7	28,3±0,1	13,5±0,1
США	3,06±0,06	54,7±0,62	10100±91,5	28751±747,4	29,2±0,2	15,8±0,2
В среднем	2,77±0,02	53,4±0,19	9424±25,3	24878±224,1	27,9±0,07	14,1±0,08

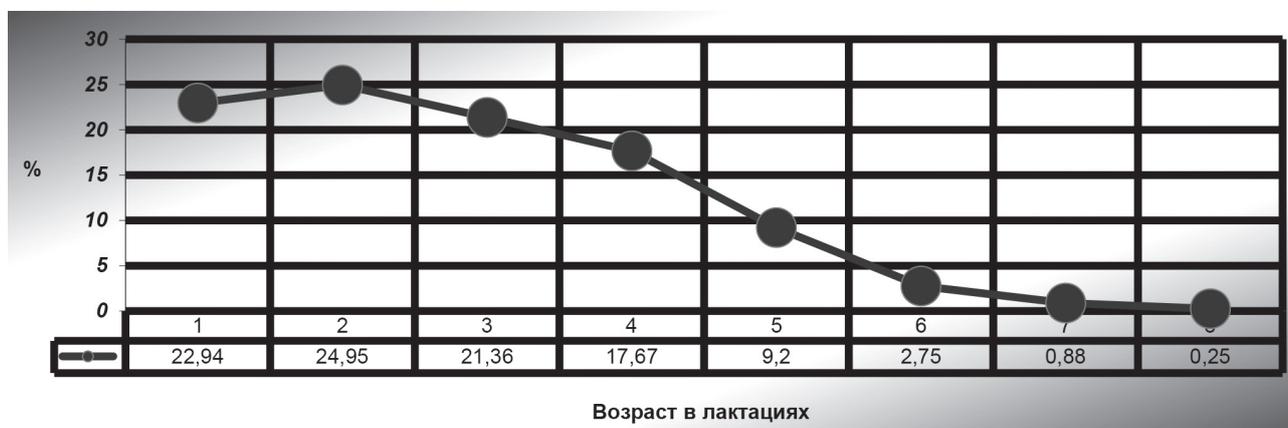


Рис. 2. Соотношение коров в зависимости от возраста в лактациях.

Таблица 2. Характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от возраста

Возраст, лактации	Дойные дни/дни жизни, %	Удой, кг			
		максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни
1	35,0±0,44	8251±74,4	7343±184,9	25,7±0,3	7,6±0,1
2	42,7±0,25	8694±42,5	15329±169,2	27,5±0,1	11,5±0,09
3	55,1±0,20	9707±45,4	26089±207,3	28,5±0,1	15,6±0,08
4	62,8±0,17	10038±50,1	35635±257,4	28,5±0,1	17,9±0,09
5	67,8±0,18	10185±67,8	44145±359,3	28,2±0,2	19,2±0,1
6	71,6±0,32	10660±132,5	53101±710,4	28,8±0,3	20,5±0,2
7	74,8±0,54	10999±267,4	65435±1916,4	28,6±0,5	21,5±0,5
8	75,9±0,68	11077±452,7	71214±4829,6	27,9±1,6	21,5±1,2

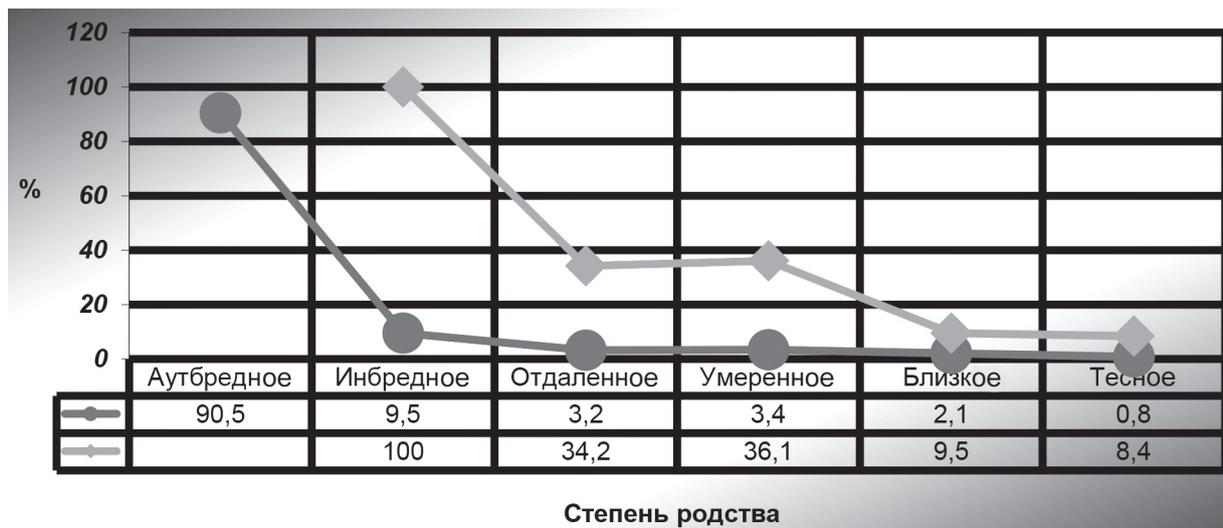


Рис. 3. Соотношение коров в зависимости от степени родства.

Таблица 3.

Характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от степени родства

Родство	Возраст, лактации	Дойные дни/дни жизни, %	Удой, кг			
			максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни
Аутбредное	2,81±0,02	53,8±0,21	9126±26,4	25357±236,2	27,9±0,07	14,2±0,08
Инбредное	2,34±0,06	49,8±0,67	9384±88,3	20172±675,7	28,3±0,24	13,2±0,26
Отдаленное	2,18±0,10	47,3±1,13	9337±151,7	18582±1100,3	28,4±0,43	12,6±0,44
Умеренное	2,33±0,10	49,1±1,04	9442±141,4	19590±1094,4	28,7±0,40	12,9±0,41
Близкое	2,49±0,14	53,4±1,37	9598±181,3	22787±1300,5	28,7±0,51	14,8±0,50
Тесное	2,81±0,26	53,9±2,64	8985±333,8	25479±3275,5	26,0±0,82	12,9±1,05

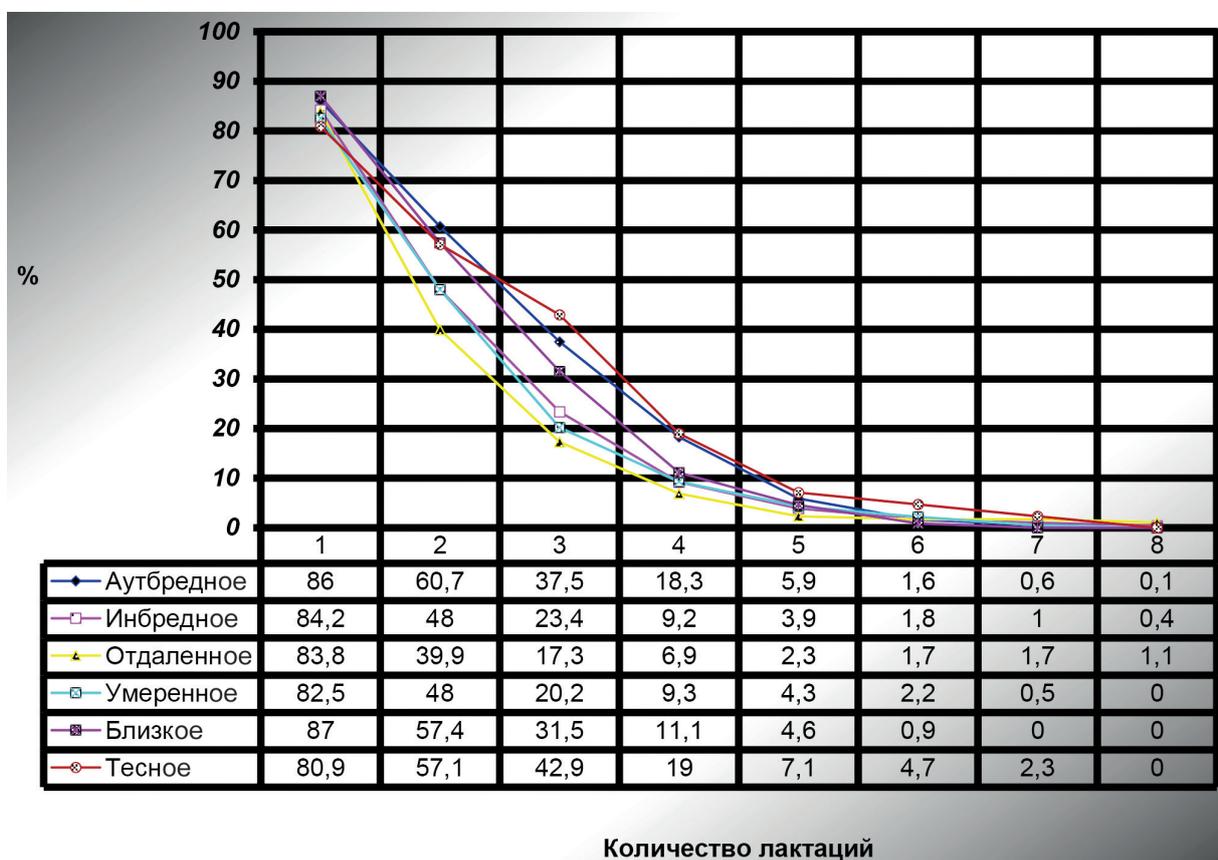


Рис. 4. Соотношение коров в зависимости от продолжительности жизни и степени родства.

Таблица 4.

Характеристика удоя за 305 дней лактации в зависимости от продолжительности жизни и степени родства, кг

Возраст, лактации	Родство					
	аутбредное	инбредное	отдаленное	умеренное	близкое	тесное
1	8128±21,3	8403±77,4	8491±131,5	8628±125,8	8282±159,7	7353±187,7
2	9093±30,9	9002±118,3	9203±217,5	8977±197,1	9027±241,4	8959±329,3
3	8999±43,3	8968±201,5	9344±440,7	8386±321,9	9393±364,6	8655±411,6
4	9007±66,5	9552±317,2	9450±686,0	9445±549,1	9620±541,8	10008±607,8
5	9282±133,1	9279±460,8	9090±1840,6	9775±605,8	8565±578,7	9044±407,7
6	9544±271,9	9356±836,8	9173±1263,8	7990±689,2	8429	12783±1270,5
7	9752±263,9	9712±772,4	9028±1109,7	11457	0,00	10018
8	8664±1036,8	7119±186,0	7119±186,0	0,00	0,00	0,00

Животные, полученные с помощью инбридинга, живут меньше на 0,47 лактации, имеют соотношение дойных дней к дням жизни на 4,0%, пожизненный удой на 5185 кг ниже, но при этом максимальный удой выше на 258 кг (табл. 3). Все данные достоверны ($p \leq 0,001$). Разница в результатах удоя на один день продуктивной жизни и на один день жизни незначительная, но достоверная. Среди инбредных животных, полученных при тесной степени родства, близкие показатели с аутбредными по продолжительности жизни, соотношению дойных дней к дням жизни, пожизненному удою, но уступает по максимальной продуктивности (141 кг). Разница в результатах удоя на один день продуктивной жизни носит незначительный, хотя и достоверный характер. Коровы, полученные при тесном инбридинге, имеют преимущество над другими инбредными группами по продолжительности жизни – 0,32...0,63 лактации, соотношению дойных дней к дням жизни – 0,5...6,6%, пожизненному удою – 2629...6897 кг, но

уступают по максимальному – 352...613 кг, удою на один день продуктивной жизни – 2,3...2,7 кг, на один день жизни – 0,3...1,9 кг. Все данные достоверны ($p \leq 0,001$).

Инбредные и аутбредные коровы выбывают чаще всего с первой по четвертую лактации (рис. 4). В большей степени это относится к животным, полученным с помощью тесного и умеренного инбридинга, которые не доживают до восьмой лактации. Возраст коров от близкого инбридинга – не выше шести лактаций.

Наилучший удой был у коров не раньше четвертой лактации (табл. 4). Преимущество продуктивности коров, полученных с помощью тесного инбридинга над аутбредными коровами – 3031 кг, инбредными – 3008...3163 кг ($p \leq 0,001$).

Племенной скот голштинской породы в условиях Смоленской области имеет определенную генеалогическую структуру. Анализируемые животные относятся к трем родственным группам. Наибольшее



Рис. 5. Соотношение коров в зависимости от их генеалогической принадлежности.

Таблица 5.

Характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от их генеалогической принадлежности

Генеалогическая группа	Возраст, лактации	Дойные дни/дни жизни, %	Удой, кг			
			максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни
Вис Бэк Айдиала 1013415	2,89±0,03	54,2±0,28	9450±35,6	26115±332,1	28,0±0,08	14,4±0,11
Монтвик Чифтейна 95679	2,96±0,05	54,1±0,44	9282±59,0	26797±512,0	27,0±0,15	14,3±0,17
Рефлекшн Соверинга 198998	2,58±0,04	52,8±0,37	9453±48,7	23162±408,8	28,3±0,13	14,0±0,14

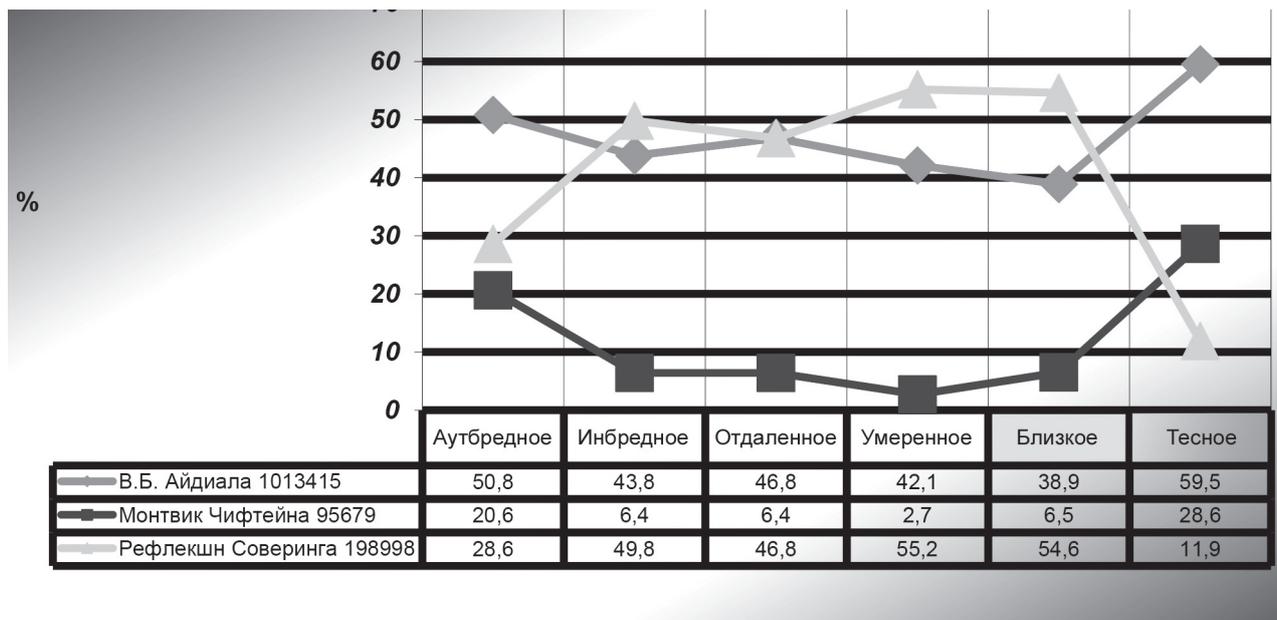


Рис. 6. Соотношение коров в зависимости от их генеалогической принадлежности и степени родства.

Таблица 6.

Характеристика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от их генеалогической принадлежности и степени родства

Родство	Возраст, лактации	Дойные дни/дни жизни, %	Удой, кг			
			максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни
Вис Бэк Айдиала 1013415						
Аутбредное	2,92±0,03	54,5±0,30	9442±37,0	26440±347,7	28,0±0,09	14,5±0,11
Инбредное	2,60±0,09	51,7±0,96	9503±129,0	22752±1124,6	28,2±0,31	13,6±0,38
Отдаленное	2,34±0,13	47,9±1,60	9683±216,4	21837±1720,6	29,2±0,53	13,6±0,62
Умеренное	2,52±0,15	51,9±1,52	9362±225,7	20046±1794,4	27,5±0,57	12,7±0,64
Близкое	2,93±0,22	55,1±2,18	9734±250,2	24838±2284,6	28,6±0,59	14,7±0,77
Тесное	3,00±0,32	57,3±2,66	9259±401,0	30912±4257,6	27,3±0,91	14,9±1,27
Монтвик Чифтейна 95679						
Аутбредное	2,97±0,05	54,4±0,44	9294±59,9	27083±521,1	27,1±0,16	14,4±0,17
Инбредное	2,48±0,26	46,4±3,16	8747±329,1	17473±2087,6	25,4±1,00	11,0±0,91
Отдаленное	1,67±0,50	49,8±5,14	8971±521,3	22958±4791,5	26,1±1,52	11,5±1,48
Умеренное	2,80±0,58	49,9±7,15	10104±553,2	23503±6107,9	30,4±2,28	16,1±2,18
Близкое	2,29±0,52	45,1±6,16	8618±267,1	17177±4518,9	27,3±0,75	12,4±1,62
Тесное	2,33±0,50	45,8±6,75	8211±894,0	13205±2748,2	20,8±0,92	8,0±1,11
Рефлекшн Соверинга 198998						
Аутбредное	2,67±0,04	53,5±0,40	9473±52,7	24097±453,1	28,2±0,14	14,1±0,16
Инбредное	2,10±0,09	48,3±0,95	9352±129,3	18273±867,2	28,9±0,38	13,0±0,38
Отдаленное	1,91±0,15	46,0±1,66	8977±224,8	14888±1368,8	28,0±0,73	11,7±0,67
Умеренное	2,17±0,13	46,7±1,41	9467±189,1	19011±1416,7	29,4±0,53	12,9±0,55
Близкое	2,20±0,18	53,1±1,79	9612±279,0	22000±1646,1	29,0±0,84	15,1±0,69
Тесное	1,87±0,84	51,2±9,33	9076±561,6	20186±10784,9	28,5±0,26	12,7±3,48

их количество принадлежит линиям Вис Бэк Айдиала 1013415, Рефлекшн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679 (рис. 5).

Наибольшая продолжительность жизни у животных родственной группы Монтвик Чифтейна 95679, их преимущество над другими группами составило 0,07...0,38 лактации ($p \leq 0,01$). Максимальный удой был выше в группе Рефлекшн Соверинга 198998 на 3...171 кг ($p \leq 0,01$), пожизненный – Монтвик Чифтейна 95679 на 682...3635 кг молока ($p \leq 0,01$). Разница

в результатах удоя на один день продуктивной жизни и на один день жизни незначительная (табл. 5).

Наибольшее количество животных, имеющих тесный инбридинг, принадлежит к родственной группе Вис Бэк Айдиала 1013415, близкий, умеренный – Рефлекшн Соверинга 198998. К аутбредным в большей степени относятся коровы линии Вис Бэк Айдиала 1013415 (рис. 6).

Результаты молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от их генеало-

Таблица 7.
Фенотипические корреляции молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от степени родства

Признак	Дойные дни/дни жизни	Удой, кг				Родство
		максимальный	пожизненный	на один день продуктивной жизни	на один день жизни	
Возраст, лактации	0,80	0,40	0,88	0,13	0,73	В среднем
	0,80	0,41	0,88	0,14	0,74	Аутбредное
	0,75	0,31	0,87	0,03	0,60	Инбредное
	0,70	0,26	0,88	0,02	0,53	Отдаленное
	0,80	0,27	0,89	0,06	0,67	Умеренное
	0,69	0,29	0,82	-0,009	0,55	Близкое
	0,88	0,74	0,91	0,40	0,83	Тесное
Дойные дни/дни жизни	0,46	0,88	0,12	0,88		В среднем
	0,46	0,88	0,13	0,88		Аутбредное
	0,43	0,88	0,06	0,86		Инбредное
	0,35	0,86	-0,03	0,85		Отдаленное
	0,45	0,89	0,13	0,87		Умеренное
	0,35	0,89	-0,03	0,84		Близкое
	0,79	0,90	0,53	0,93		Тесное
	0,59		0,76	0,74		В среднем
	0,60		0,75	0,74		Аутбредное
	0,57		0,76	0,74		Инбредное
Максимальный удой	0,53		0,75	0,68		Отдаленное
	0,57		0,78	0,78		Умеренное
	0,54		0,76	0,73		Близкое
	0,82		0,78	0,88		Тесное
	0,32			0,88		В среднем
Пожизненный удой	0,34			0,89		Аутбредное
	0,24			0,82		Инбредное
	0,21			0,77		Отдаленное
	0,28			0,85		Умеренное
	0,19			0,83		Близкое
	0,55			0,91		Тесное
Один день продуктивной жизни	0,57					В среднем
	0,57					Аутбредное
	0,53					Инбредное
	0,47					Отдаленное
	0,57					Умеренное
				0,50		Близкое
				0,78		Тесное

гической принадлежности и степени родства показывают значительные расхождения в связи с выраженностью инбридинга (табл. 6). В родственной группе Монтвик Чифтейна 95679 аутбредные коровы живут дольше на 0,05...0,3 лактации и имеют пожизненный удой выше на 643...2986 кг, в группе Вис Бэк Айдиала 1013415 показатели лучше у инбредных на 0,12...0,3 лактации, 2986...5279 кг соответственно. В инбредной конгломерации наилучшими продуктивными качествами обладают коровы, полученные при близком и тесном инбридинге во всех генеалогических группах. При их сравнении между линиями установлено негативное проявление инбридинга в родственной группе Монтвик Чифтейна 95679, разница пожизненного удоя ($p \leq 0,001$) с аутбредны-

ми – 13878 кг, удоя на один день продуктивной жизни и на один день жизни – 4,6...9,6 кг и 3,0...8,1 кг ($p \leq 0,01$) соответственно, кроме родственной группы Монтвик Чифтейна 95679.

Установлены высокие, положительные и достоверные значения фенотипической корреляции ($r = 0,73...0,88$) между возрастом в лактациях и соотношением дойных дней к дням жизни, пожизненным удоём, удоём на один день жизни (табл. 7). Наиболее высокие корреляционные связи наблюдали у животных, полученных с применением тесного инбридинга ($r = 0,40...0,91$). Найдены невысокие положительные и отрицательные, но достоверные значения фенотипической корреляции между возрастом лактации, соотношением дойных дней к дням жизни и удоём на один день продуктивной жизни ($r = -0,009$ и $r = 0,14$), кроме животных с тесной степенью родства ($r = 0,40$ и $r = 0,53$). В остальных случаях животные, полученные при помощи тесного инбридинга, имели высокие положительные корреляции – 0,74...0,93.

Таким образом, возможно успешно проводить улучшение маточных стад голштинской породы по долголетию и пожизненному удою. Исследования по изучению влияния инбридинга на продолжительность продуктивного использования у голштинских коров в условиях Смоленской области указывают на целесообразность увеличения продуктивного долголетия животных с учетом их линейной принадлежности и степени родства, используя индивидуальный подбор пары при сохранении допустимого уровня инбридинга.

Создание устойчивой популяции голштинского скота позитивно отразится на молочном скотоводстве региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белоусов А., Габидулин В. Влияние инбридинга на продуктивность стада русской комолой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 7. С. 15–17.
2. Бердникова Л.Н. Влияние различных факторов на продуктивное долголетие коров красно-пестрой породы // автореф. дис. ... канд. с-х наук, специальность 06.02.04. Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства. Красноярск. 2007. С. 20.
3. Дунин И.М., Труфанов В.Г., Новиков Д.В. Использование инбридинга в молочном скотоводстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://naukarus.com/ispolzovanie-inbridinga-v-molochnom-skotovodstve>
4. Дунин И.М. и др. Генеалогия голштинского скота черно-пестрой масти. М., 1999. 502 с.
5. Лепехина Т.В., Бакай Ф.Р., Авдеева Е.В. Молочная продуктивность коров голштинской породы в Московской области // Зоотехния. 2022. № 5. С. 5–7.
6. Овчинникова Л.Ю. Влияние отдельных факторов на продуктивное долголетие коров // Зоотехния. 2007. № 6. С. 18–21.
7. Особенности адаптации импортного высокопродуктивного скота молочных пород в Российской Федерации // Росагролизинг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.rosagroleasing.ru.
8. Сельцов В.И., Сермягин А.А. Продуктивные качества инбредных и аутбредных коров симментальской породы // Зоотехния. 2011. № 10. С. 2–4.

9. Сударев Н.П., Абылкасымов Д., Абрампальская О.В. и др. Продуктивное долголетие и эффективность использования коров при разных способах содержания в промышленных условиях // Зоотехния. 2022. № 3. С. 2–5.
10. Татуева О.В., Кольцов Д.Н., Петкевич Н.С. Продуктивные качества коров голштинской породы разной селекции в условиях Смоленской области // Генетика и разведение животных. 2019. № 3. С. 29–35. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-3-29-35>.
11. Тяпугин С.Е., Бутусов Д.В. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2017 год. Издательство ФГБНУ ВНИИплем: 2021. С. 12, 80, 81.
12. Maltecca C., Tiezzi F., Cole J.B. et al. Exploiting homozygosity in the era of genomics-selection, inbreeding, and mating programs. Journal of Dairy Science. doi: 10.3168/jds.2019-17846.
4. Dunin I.M. i dr. Genealogiya golshtinskogo skota cherno-pestroj masti. M., 1999. 502 s.
5. Lepekhina T.V., Bakaj F.R., Avdeeva E.V. Molochnaya produktivnost' korov golshtinskoj porody v Moskovskoj oblasti // Zootekhniya. 2022. № 5. S. 5–7.
6. Ovchinnikova L.Yu. Vliyanie otdel'nyh faktorov na produktivnoe dolgo-letie korov // Zootekhniya. 2007. № 6. S. 18–21.
7. Osobennosti adaptacii importnogo vysokoproduktivnogo skota moloch-nyh porod v Rossijskoj Federacii // Rosagrolizing. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: www.rosagroleasing.ru.
8. Sel'cov V.I., Sermyagin A.A. Produktivnye kachestva inbrednyh i aut-brednyh korov simmental'skoj porody // Zootekhniya. 2011. № 10. S. 2–4.
9. Sudarev N.P., Abylkasymov D., Abrampal'skaya O.V. i dr. Produktivnoe dolgoletie i effektivnost' ispol'zovaniya korov pri raznyh sposobah so-derzhaniya v promyshlennyh usloviyah // Zootekhniya. 2022. № 3. S. 2–5.
10. Tatuева O.V., Kol'cov D.N., Petkevich N.S. Produktivnye kachestva ko-rov golshtinskoj porody raznoj selekcii v usloviyah Smolenskoj oblasti // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2019. № 3. S. 29–35. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-3-29-35>.
11. Тяпугин С.Е., Бутусов Д.В. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации за 2017 год. Издательство ФГБНУ ВНИИплем: 2021. С. 12, 80, 81.
12. Maltecca C., Tiezzi F., Cole J.B. et al. Exploiting homozygosity in the era of genomics-selection, inbreeding, and mating programs. Journal of Dairy Science. doi: 10.3168/jds.2019-17846.

REFERENCES

УДК 636.01

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/88-93, EDN: KDBQEQ

РАННИЙ ЭМБРИОГЕНЕЗ И ВТОРИЧНОЕ СООТНОШЕНИЕ ПОЛОВ ПРИ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ДОИМПЛАНТАЦИОННЫХ ЭМБРИОНОВ *IN VIVO**

Владимир Юрьевич Бабенков¹, доктор биологических наук

Елена Юрьевна Макарова¹

Арсланг Иванович Хахлинов²

Роман Даваевич Сангаджиев²

Надежда Васильевна Чимидова³, кандидат биологических наук

Алтана Вадимовна Убушаева³

¹Лаборатория общей генетики и биохимии

ФГБОУ ВО «Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова»

²Региональный научно-производственный центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных и организации проведения оценки животных производителей

ФГБОУ ВО «Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова»

³ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», г. Элиста, Россия

E-mail: v.babenkov@mail.ru

Аннотация. В процессе эмбриогенеза происходит образование одной, реже двух яйцеклеток, в отличие от биотехнологии эмбриотрансфера, позволяющего одновременно получать десятки яйцеклеток. Поэтому часто возникает несоответствие между образованием мужских и женских гамет при гаметогенезе (первичное соотношение пола) и полом потомства при

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № 075-03-2022-119/1 «Особенности организации генома крупного рогатого скота мясных пород, ассоциированных с высоким адаптивным и продуктивным потенциалом на основе высокополиморфных генетических маркеров» / The work was carried out within the framework of the State task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-03-2022-119/1 «Features of the organization of the beef cattle breeds' genome associated with high adaptive and productive potential based on highly polymorphic genetic markers».

рождении (вторичное). При оплодотворении яйцеклеток мужских зигот образуется больше, чем женских из-за более высокой оплодотворяющей активности мужских сперматозоидов, по сравнению с женскими. В организме матери в результате нейрогуморальной и биохимической регуляции отбраковываются эмбрионы с генетическими нарушениями. Этому в большей степени подвержены мужские эмбрионы, как основные носители аномальных генов. Несоответствие между первичным и вторичным соотношением полов связано с условиями жизни материнских особей, так как от них зависит количество генетических нарушений у эмбрионов, которые подвергаются дегенерации в процессе эмбриогенеза. Эмбрионы в состоянии неполной дегенерации, после извлечения из матки донора, восстанавливаются и продолжают рост и развитие в условиях культивирования. У частично поврежденных эмбрионов после пересадки суррогатной матери, у которой собственный «блок развития» не распознает чужеродные эмбрионы, восстанавливается способность к тотипотентному развитию.

Ключевые слова: эмбриогенез, гаметогенез, резистентность, гомеостаз, тотипотентность, нидация, хэтчинг, бластоциста, морула, зигота, яйцеклетка

EARLY EMBRYOGENESIS AND SECONDARY SEX RATIO IN TRANSPLANTATION OF PREIMPLANTATION EMBRYOS *IN VIVO*

V.Yu. Babenkov¹, *Grand PhD in Biological Sciences*

E.Yu. Makarova¹

A.I. Khakhlinov²

R.D. Sangadzhiev²

N.V. Chimidova³, *PhD in Biological Sciences*

A.V. Ubushaeva³

¹Laboratory of General Genetics and Biochemistry of Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov

²Regional Research and Production Center for Farm Animals' Reproduction and Organization of Animal Producers' Evaluation of Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov

³Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

E-mail: v.babenkov@mail.ru

Abstract. In the natural process of embryogenesis, one, less than two eggs are produced, unlike in the biotechnology of embryo transfer, which allows hormonal treatment to produce dozens of eggs at once. This leads to a discrepancy, sometimes to a large extent, between the formation of male and female gametes at gametogenesis (primary sex ratio) and the sex of progeny at birth (secondary sex ratio). In fertilization, male zygotes form more than female zygotes due to the higher fertilization activity of male spermatozooids compared to female sperm. In the mother's body, as a result of neuro-humoral and biochemical regulation by means of a «development block», embryos with genetic disorders are discarded. Male embryos, as the primary carriers of abnormal genes, are more susceptible to this process. The disparity between primary and secondary sex ratios is related to differences in the living conditions of the mother, as these conditions determine the number and significance of genetic disorders in embryos that are degenerated during embryogenesis. Embryos in incomplete degeneration, after extraction from the donor's uterus, are restored and continue to grow and develop in a cultured environment. In partially damaged embryos, the ability to totipotent development is restored after the transfer of a surrogate mother whose own «development unit» does not recognize foreign embryos.

Keywords: embryogenesis, gametogenesis, resistance, homeostasis, totipotency, nidium, hatching, blastocyst, morula, zygote, egg

Сельскохозяйственные животные отличаются признаками, которые имеют экономическое значение в производстве. Так, в молочном скотоводстве в приоритете – молочная продуктивность.

Хромосомная теория наследственности в большой степени объясняет процессы детерминации и дифференциации пола у млекопитающих. Несомненно, что пол эмбриона зависит от его генотипа, который формируется при оплодотворении яйцеклетки и образовании зиготы.

Механизм генетической регуляции соотношения гамет с набором X- и Y-хромосом из поколения в поколение поддерживается 1:1, в чем выражается первичное соотношение полов. [5–8, 10]

У всех видов млекопитающих наблюдается существенное несоответствие между первичным и вторичным соотношением полов при рождении потомства, когда количество самцов и самок не равно. Причины этого отклонения остаются неизвестными.

По данным В.И. Лимонова, у крупного рогатого скота при искусственном осеменении бычков рождалось несколько больше (52,0%), чем телочек (48,0%).

Из 827 учтенных отелов нетелей в колхозе «Заветы Ильича» (Домодедовский район, Московская область) бычками растелились 481, телочками – 346. [7]

По нашим данным, напротив, бычков рождалось на 5,8% меньше, чем телочек – 47,1% против 52,9% (табл. 1). За три года из 1097 учтенных отелов в племзаводе «Луч» (Брестская область, Белоруссия) рождением бычков закончились 517, телочек – 580 при достоверной разнице $P < 0,01$. [1–3] Эта тенденция прослеживалась на протяжении трех учтенных лет (данные за 1991 год утеряны). Бычки рождались от 44,3 до 48,5% случаев, телочки – 51,5...55,7%.

Различие в данных по соотношению полов, полученных в разных исследованиях, может быть связано с влиянием таких факторов, как уровень и тип кормления родителей, их состояние, возраст, уровень продуктивности. Поэтому высока степень вероятности возникновения различий в функциональной зрелости яйцеклеток и спермиев, а также последующего развития зигот и эмбрионов в процессе раннего эмбриогенеза.

Таблица 1.

Соотношение пола телят при искусственном осеменении

Год	Учено отелов	Бычки	%	Телочки	%
1990	456	219	48,0	237	52,0
1992	336	163	48,5	173	51,5
1993	305	135	44,3	170	55,7
Всего за три года	1097	517	47,1	580	52,9

Примечание. ** P<0,01.

В настоящее время широко используется метод эмбриотрансфера — трансплантации эмбрионов животных. Гормональная стимуляция полиовуляции позволяет за один половой цикл получать большое количество ранних эмбрионов и, соответственно, потомства после трансплантации реципиентам. Это дает возможность отслеживать развитие эмбрионов в эмбриогенезе.

Цель работы — установить какие процессы и на каких стадиях эмбриогенеза приводят к несоответствию между первичным и вторичным соотношением полов в потомстве крупного рогатого скота.

Были поставлены следующие задачи:

- выявить количественное соотношение полов телят при трансплантации эмбрионов разных стадий развития, полученных в результате полиовуляции у коров-доноров;

- определить способность к нидации эмбрионов с частичной дегенерацией после пересадки реципиентам;

- найти выживаемость разнополюх эмбрионов в организме матери в процессе раннего эмбриогенеза;

- изучить выживаемость поврежденных эмбрионов вне организма матери и определить эмбрионы какого пола в процессе раннего эмбриогенеза в большей степени подвержены дегенерации;

- установить имеют ли место критические стадии развития при формировании мужских и женских эмбрионов при раннем эмбриогенезе;

- подтвердить существующую концепцию равновероятного образования мужских и женских зигот при гаметогенезе в практике трансплантации доимплантационных эмбрионов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа представляет собой аналитическое исследование, основанное на данных наших многолетних практических экспериментов по биотехнологии эмбриотрансфера в Биотехнологическом центре Брестской области Белоруссии (1987–2003 годы) [1–3] и Центре по производству эмбрионов ООО «Бетагран Липецк» РФ (2014–2016 годы). [4]

Таблица 2.

Зависимость соотношения пола телят от возраста эмбрионов

Возраст эмбриона	Учено отелов	Растелились, n – %	
		бычками	телочками
Без учета возраста	1093	564-51,6	529-48,4
Семидневные морулы	665	367-55,2***	298-44,8
Восьмидневные бластоцисты	428	197-46,0	231-54,0***

Примечание. *** P < 0,001.

Гормональную стимуляцию полиовуляции, извлечение, оценку качества, культивирование, замораживание и пересадку эмбрионов проводили по общеизвестным методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представляют интерес данные, которые мы получили при анализе соотношения пола полученных телят-трансплантатов (табл. 2.).

Для пересадки эмбрионов использовали половозрелых телок-реципиентов *черно-пестрой* породы. Доноры эмбрионов — коровы молочных и мясных пород. Породный фактор, как косвенный, не учитывали.

Всего было 1093 отела. В результате родилось 564 бычка и 529 телочек, или 51,6 и 48,4% соответственно. Как видно, при пересадке эмбрионов различного возраста телочек рождалось на 3,2% меньше, чем бычков.

В то же время, при учете пола телят в зависимости от стадии развития эмбрионов получены неожиданные результаты.

При пересадке семидневных морул бычков (55,2%) рождалось уже на 10,4% больше, чем телочек (44,8%).

Пересадка восьмидневных бластоцист привела к противоположному результату: бычков (46,0%) родилось на 8% меньше, чем телочек (54,0%). Среди бластоцист в большей степени, чем среди морул, отсутствуют эмбрионы женского пола.

Преимущество в рождении бычков при пересадке морул по сравнению с пересадкой бластоцист составило 9,2% (55,2 против 46%) при высокодоверительной разнице (P < 0,001). Внутри групп разница в рождении бычков и телочек после пересадки морул также отличалась высокой достоверностью (P < 0,001).

Теория равновероятного образования мужских и женских особей не объясняет различия между первичным и вторичным соотношениями полов. Проведенные эксперименты по пересадке разновозрастных эмбрионов свидетельствуют о том, что в эмбриогенезе, после оплодотворения яйцеклеток, мужских зигот образуется больше, чем женских.

Известно, что у млекопитающих самки отличаются большей продолжительностью жизни, чем самцы. Это наблюдается как в утробе матери, так и у взрослых особей — чаще погибают зародыши мужского пола.

Гены, как носители наследственной информации, сосредоточены в молекулах ДНК хромосом, которые в организме парные. Хромосомы в каждой паре одинаковы, за исключением пары половых хромосом. Если у самок они одинаковые (XX), то у самцов отличаются (XY).

Известно, что некоторые генетические заболевания связаны с половыми различиями их носителей. Самцы подвержены им значительно чаще, чем самки. Считается, что это обусловлено генетическими нарушениями в паре половых хромосом самцов.

У самок X-хромосома парная и нарушения в геноме одной из них могут быть компенсированы здоровым геном второй хромосомы — дефектный

ген не проявляет себя, так как подавляется доминирующим здоровым геном. Поскольку у самцов половые хромосомы непарные, то возможность такой замены отсутствует. Именно в непарности половых хромосом заключается более низкая жизнеспособность самцов. Исходя из этого, следовало бы ожидать, что вероятность рождения потомков мужского пола должна быть существенно ниже, но этого в репродукции млекопитающих не происходит.

Известно, что сперматозоиды с X- и Y-хромосомами имеют разную массу для животных, у которых гетерогаметны самцы. Сперматозоиды с различными половыми хромосомами имеют отличия по массе и величине, поэтому могут быть разделены на две фракции. [3, 5, 10] У крупного рогатого скота средний размер Y-хромосомы – 2,22 мкм, X-хромосомы – 6,17 мкм. Меньшая масса сперматозоидов с Y-хромосомой обеспечивает их большую подвижность и оплодотворяющую способность. В процессе оплодотворения частота формирования мужских зигот превалирует над частотой образования женских.

В биотехнологии эмбриотрансфера индукция полиовуляции с помощью фолликулостимулирующих гормонов позволяет одновременно получать большое число яйцеклеток. Можно заключить, что после их оплодотворения количество мужских зигот будет выше, чем женских.

В то же время, большая часть зародышей с генетическими дефектами в организме самки подвержены избирательному отторжению. Поскольку основные носители дефектных генов – мужские эмбрионы, то именно они отторгаются больше. Здесь мы видим проявление «фактора компенсации», который имеет место в репродуктивной системе генома женских особей, что крайне важно для эволюционного развития популяций видов. С одной стороны, мужских эмбрионов образуется больше, с другой – в процессе эмбриогенеза значительная часть из них подвергается дегенерации. Происходит выравнивание соотношения эмбрионов разного пола к моменту имплантации.

Процесс отбраковки эмбрионов становится минимальным при формировании бластоцисты. Подтверждением этому служат практические исследования в области эмбриотрансфера ранних эмбрионов у коров. Так, после получения эмбрионов *in vivo*, при морфологической оценке их состояния наиболее часто признаки дегенерации встречаются на стадии морулы. Это признак их отторжения организмом матери до формирования бластоцисты.

Процесс дегенерации и последующий апоптоз эмбрионов происходят лишь в организме истинной матери. Изъяты из матки эмбрионы с признаками дегенерации вне организма матери способны к регенерации и полному восстановлению тотипотентности. Хотя ожидаемым было их полное разрушение.

Таким образом, имеют место некие факторы, заложенные в геноме эмбрионов, усиливающие их гомеостаз и, как следствие, резистентность и тотипотентность развития вне материнской матки. Здесь следует учитывать прерывание нейрогуморальной и биохимической регуляции между организмом матери и эмбрионом. Прекращается действие «блока развития», который останавливает

дробление бластомеров, что, в свою очередь, приводит к восстановлению гомеостатического потенциала эмбрионов.

Здесь мы сталкиваемся с неожиданным противоречием. Следует ожидать, что возвращение эмбрионов в стадии частичной дегенерации в среду матки (пересадка реципиентам) должно возобновить процесс дальнейшего распада и стельность наступить не может. Практика как наших, так и других исследований показывает успешные результаты. [1, 2, 3, 6, 9]

В технологии эмбриотрансфера качество эмбрионов определяют по морфологическим признакам. У эмбрионов в состоянии частичной дегенерации, когда распад клеток бластомеров еще не достиг критической стадии, среди поврежденных бластомеров выделяется группа живых клеток. Именно такие, условно пригодные эмбрионы способны к восстановлению после извлечения из матки донора (табл. 3).

Эффективность пересадки одного отличного эмбриона была на 21,2% выше, чем одного условно пригодного (53,7 против 32,5%) при достоверной разнице $P < 0,01$. Сам факт наступления стельности в 32,5% случаев показывает, что частично поврежденные эмбрионы имеют тенденцию к регенерации и полноценному восстановлению.

Ожидаемым было преимущество в уровне стельности между пересадкой двух условных (56,2%) или отличных (59,8%) против одного условно пригодного эмбриона (32,5%) при достоверности $P < 0,01$; $P < 0,001$. Результаты пересадки двух условно пригодных или двух отличных эмбрионов практически не отличались – 56,2 и 59,8% соответственно. Это служит прямым подтверждением нашего утверждения о полном восстановлении гомеостата и способности к тотипотентному развитию поврежденных эмбрионов.

Связь между геномом истинной матери и ее эмбрионом, посредством которой осуществляется механизм остановки дробления бластомеров, у суррогатной матери отсутствует по отношению к чужеродному эмбриону.

В процессе исследований особый интерес представляет метод культивирования эмбрионов, как процедура создания условий для стимулирования роста и созревания ранних эмбрионов, в том числе с повреждениями в стадии не летальной дегенерации.

Таблица 3.
Жизнеспособность эмбрионов разных категорий качества

Показатель	Количество и качество эмбрионов			
	один условно пригодный	один отличный	два условно пригодных	два отличных
Количество пересадок эмбрионов	40	761	80	179
Уровень стельности, n – %	13–32,5	409–53,7**	45–56,2**	107–59,8***
Число эмбрионов	40	761	160	358
Всего отелов	13	Без учета	35	90
Из них отелов двойнями, n – %	–	–	11–31,4	44–48,9
Родилось телят, всего	13	Без учета	46	134

Примечание. ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Таблица 4.

Соотношение пола телят после трансплантации интактных и культивированных эмбрионов в технологии *in vivo*

Показатель	Пересадка эмбрионов на стадии бластоцисты	
	свежие, интактные	после культивирования морул до стадии бластоцист
Учетные отелы	428	68
Всего родилось телят	428	68
Телочек, n – %	231–54,0	22–32,3
Бычков, n – %	197–46,0	46–67,6

Результаты культивирования таких эмбрионов, извлеченных из матки коровы-донора на шестой день после осеменения, представлены на рисунке.

После извлечения из матки 16 морул с дегенеративными изменениями в разной степени были поставлены на культивирование. Из них 12 эмбрионов с неполной компактизацией зародышевого комплекса, что говорит о нарушениях связей между бластомерами, и четыре эмбриона с лизисом бластомеров.

Культивирование 12 поврежденных эмбрионов в течение 36 ч привело к полному восстановлению у девяти морул (75%) до стадии развития зрелых бластоцист, у трех морул (25%) дробление прекратилось и процесс дегенерации привел к апоптозу (см. рисунок, 2-я стр. обл.).

Результаты культивирования в данном эксперименте также бесспорно подтверждают вывод об остановке процесса дегенерации, вызванного воздействием организма матери. Более того, у эмбрионов с признаками распада после извлечения из матки происходит регенерация и восстановление гомеостаза.

Однако прогноз о последующей способности восстановленных эмбрионов к имплантации в матку приемной матери оставался открытым.

Мы изучили возможность эмбрионов, восстановившихся в процессе культивирования из частично поврежденных, к имплантации в матку реципиентов после трансплантации.

Экспандированные бластоцисты, полученные в результате 36-часового культивирования условно пригодных семидневных морул, пересаживали телкам-реципиентам случного возраста нескольких групп. В контрольных группах аналогичным реципиентам были пересажены восьмидневные интактные бластоцисты (табл. 4).

К сожалению, в разрезе групп реципиентов данные по количеству проведенных пересадок и уровню стельности утеряны. Тем не менее, рассматриваемая нами способность восстановленных эмбрионов к имплантации и тотипотентному развитию, результатами экспериментов подтверждается.

После отелов реципиентов, которым пересаживали интактные свежеполученные эмбрионы, соотношение родившихся бычков и телочек было близким по значению и составляло соответственно 46,0 и 54,0%.

В группах, где пересаживали эмбрионы после культивирования, из 68 родившихся телят количество бычков было существенно больше, чем телочек – 46 против 22 (67,6 и 32,3% соответственно).

Причина такого кардинального различия во вторичном соотношении полов заслуживает особого внимания. Такая разница не может быть влиянием случайных факторов. Поскольку среди родившихся телят было значительно больше бычков, следует заключение, что из числа эмбрионов, которые подверглись отбраковке в организме истинной матери, но восстановились при культивировании с последующей нидацией в матке реципиентов, большинство были мужского пола.

Это подтверждает выводы, сделанные нами ранее, что при оплодотворении яйцеклеток мужских зигот образуется больше, чем женских.

Так как мужские эмбрионы больше подвержены отбраковке в организме матери, чем женские, количественный итог в воспроизводстве потомства разного пола при развитии эмбрионов в раннем эмбриогенезе близок по значению (46,0 и 54,0%), но кардинально отличается от результатов экспериментов по пересадке эмбрионов после культивирования (67,6 и 32,3%).

Таким образом, данные исследований позволили объяснить причины несоответствия между первичным и вторичным соотношением полов у млекопитающих, в нашем контексте у крупного рогатого скота. Существующая разница не имеет постоянной величины, так как ее значение определяется случайным сочетанием таких факторов, как количество и значимость для будущего потомства генетических нарушений у эмбрионов, которые могут быть различными в разных условиях жизни материнских особей. Поэтому разница в соотношении пола у потомства при рождении всегда варьирует.

В начале статьи мы приводим противоположные данные о рождаемости бычков и телочек в потомстве нетелей при искусственном осеменении у В.И. Лимонова [7] и авторов настоящей статьи. [1–3] Полученные результаты это несоответствие подтверждают.

Заключение, сделанное нами после проведенных исследований, не ограничивается сферой эмбрионального развития при полиовуляции в эмбриотрансфере, а имеет место в общем понимании процесса раннего эмбриогенеза при естественной репродукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабенков В.Ю. Зависимость соотношения полов при трансплантации от стадии развития эмбрионов // Вет. газ. 1997. № 1 (35).
2. Бабенков В.Ю., Кыса И.С. Детерминация пола и стадии развития эмбрионов при трансплантации // Конкурентоспособное производство продукции животноводства в Республике Беларусь : Мат. Межд. науч.-произв. конф. Жодино, 1999. С. 79.
3. Бабенков В.Ю. Биотехнологические методы интенсификации воспроизводства молочного и мясного скота: 03.00.23: дисс. ... док. биол. наук. Дубровицы: ВИЖ. 2004. 234 с.
4. Бабенков В.Ю., Хромов Н.И., Машталер Д.В. Вспомогательные репродуктивные технологии в воспроизводстве и селекции КРС // Фермер. Черноземье. 2017. № 4. С. 24–25.
5. Брусиловский А.И. Жизнь до рождения / 2-е изд., перераб. и доп. М.: Знание, 1991. С. 56–60.

6. Завертяев Б.П. Биотехнология в воспроизводстве и селекции крупного рогатого скота. Ленинград: Агропромиздат, 1989. 255 с.
7. Лимонов В.И. Современное состояние проблемы иммунных взаимоотношений в системе мать-плод // Успехи современной генетики. 1985. № 13. С. 103–108.
8. Морозов Е.И., Тарасевич Е.И., Анохина В.С. Генетика в вопросах и ответах. Минск: изд-во «Университетское», 1989. 288 с.
9. Эрнст Л.К., Сергеев Н.И. Трансплантация эмбрионов сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1989. 302 с.
10. Beatty R.A. Sex determination in farm and laboratory animals: a review // Vet. Rec. 1972. V. 90. P. 243.
3. Babenkov V.Yu. Biotekhnologicheskie metody intensifikatsii vosproizvodstva molochного i myasnogo skota: 03.00.23: diss. ... dok. biol. nauk. Dubrovicy: VIZH. 2004. 234 s.
4. Babenkov V.Yu., Hromov N.I., Mashtaler D.V. Vspomogatel'nye reproduktivnye tekhnologii v vosproizvodstve i selekcii KRS // Fermer. Chernozem'e. 2017. № 4. S. 24–25.
5. Brusilovskij A.I. Zhizn' do rozhdeniya / 2-e izd., pererab. i dop. M.: Znanie, 1991. S. 56–60.
6. Zavertyaev B.P. Biotekhnologiya v vosproizvodstve i selekcii krupnogo rogatogo skota. Leningrad: Agropromizdat, 1989. 255 s.
7. Limonov V.I. Sovremennoe sostoyanie problemy immunnyh vzaimootnoshenij v sisteme mat'-plod // Uspekhi sovremennoj genetiki. 1985. № 13. S. 103–108.
8. Morozov E.I., Tarasevich E.I., Anohina V.S. Genetika v voprosah i otvetah. Minsk: izd-vo «Universitetskoe», 1989. 288 s.
9. Ernst L.K., Sergeev N.I. Transplantatsiya embrionov sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh. M.: Agropromizdat, 1989. 302 s.
10. Beatty R.A. Sex determination in farm and laboratory animals: a review // Vet. Rec. 1972. V. 90. P. 243.

REFERENCES

1. Babenkov V.Yu. Zavisimost' sootnosheniya polov pri transplantatsii ot stadii razvitiya embrionov // Vet. gaz. 1997. № 1 (35).
2. Babenkov V.Yu., Kysa I.S. Determinatsiya pola i stadii razvitiya embrionov pri transplantatsii // Konkurentosposobnoe proizvodstvo produktsii zhivotnovodstva v Respublike Belarus': Mat. Mezhd. nauch.-proizv. konf. Zhodino, 1999. S. 79.

УДК 636.09:636.934.55:616-002.1

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/93-95, EDN: KDCBBX

ЛЕЧЕНИЕ ЭНТЕРИТОВ У СОБОЛЕЙ КЛЕТЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Алла Николаевна Семикрасова, кандидат биологических наук
Ирина Владимировна Петрова, кандидат ветеринарных наук
Ксения Владимировна Жилина, младший научный сотрудник

*Научно-исследовательский институт пушного звероводства и кролиководства имени В.А. Афанасьева,
 Московская обл., Россия
 E-mail: niipzk@mail.ru*

Аннотация: *Соболеводство — уникальная отрасль звероводства. Соболь отличается высокой устойчивостью к инфекционным болезням, но в последние годы участились случаи заболевания энтеритами. В результате мониторинговых исследований установлено, что в звероводческих хозяйствах РФ, где содержится соболь, 60% всех заболеваний приходится на энтерит, приносящий значительный экономический ущерб хозяйствам. Существует несколько этиологических агентов, способных вызвать это заболевание. Выделяют вирусный, бактериальный и алиментарный энтерит. В связи с этим необходимо разрабатывать схемы и методы лечения соболей, больных энтеритами различных этиологий. Работа выполнена в ФГБНУ НИИПЗК и звероводческих хозяйствах, где разводят соболя. Были отобраны особи с бактериальным, вирусным и алиментарным энтеритом. Предложена схема лечения бактериальных энтеритов комплексными антибактериальными препаратами, алиментарных — сорбентом, парвовирусного — разработанной гипериммунной сывороткой, содержащей антитела в высоком титре, которые позволяют обеспечить пассивный иммунитет. Сыворотка может быть использована с профилактической целью, для экстренного создания иммунитета против парвовирусного энтерита в период эпизоотии. Представленные способы лечения помогут сохранить поголовье, сократить экономический ущерб.*

Ключевые слова: *соболь, энтерит, лечение, гипериммунная сыворотка, парвовирус, лекарственные препараты*

TREATMENT OF ENTERITIS IN CAGE MANAGED SABLES

A.N. Semikrasova, PhD in Biological Sciences
I.V. Petrova, PhD in Veterinary Sciences
K.V. Zhilina, Junior Researcher

*V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding, Moscow region, Russia
 E-mail: niipzk@mail.ru*

Abstract. *Sablebreeding is a unique, truly Russian branch of animal husbandry. Sable has always been highly resistant to infectious diseases. But in recent years, cases of enteritis have become more frequent. As a result of monitoring studies, it was found that on ani-*

mal farms of the Russian Federation, where sable is kept, 60% of all diseases account for enteritis, which causes significant economic damage to farms. Laboratory studies have shown that there are several etiological agents that can cause enteritis in sables, respectively, viral, bacterial and alimentary enteritis are isolated. In this regard, the development of schemes and methods of treatment of sables with enteritis of various etiologies has become relevant. The work was carried out in the "FSBSI NIPZK" and animal farms where sable is bred. As a result of monitoring and laboratory studies, animals with bacterial, viral and alimentary enteritis were selected. As a result of the conducted research, a scheme for the treatment of bacterial enteritis with complex antibacterial drugs, the treatment of alimentary enteritis with a sorbent was developed and a hyperimmune serum for the treatment of parvovirus enteritis of sables was developed. The antibodies contained in the hyperimmune serum in a high titer make it possible to provide passive immunity. Also, this hyperimmune serum can be used for preventive purposes, for emergency creation of immunity against parvovirus enteritis during epizootics. The proposed treatment regimens will save livestock, thereby reducing economic damage.

Keywords: *sable, enteritis, treatment, hyperimmune serum, parvovirus, medications*

Соболеводство – уникальная отрасль звероводства. В результате мониторинговых исследований установлено, что в звероводческих хозяйствах РФ, где содержится соболь, 60% всех заболеваний приходится на энтерит. [1, 4]

К числу самых распространенных заболеваний пушных зверей относятся энтериты из-за особенностей анатомического строения пищеварительной системы (малая длина кишечника, отсутствие слепой кишки). [2] Энтериты характеризуются воспалением кишечника с последующими функциональными нарушениями моторной и секреторной деятельности. Признаки болезни проявляются у животных в отказе от корма, рвоте и диарее. Заболеванию больше всего подвержены молодые особи. [5, 6, 9]

В отделе биотехнологии ФГБНУ НИИПЗК провели лабораторные испытания биоматериала соболей с клиническими признаками энтерита из звероводческих хозяйств РФ и установили его бактериальную, вирусную и алиментарную этиологию.

Цель исследований – разработать методы лечения энтеритов у соболей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в отделе биотехнологии ФГБНУ НИИПЗК и в зверохозяйствах.

Были сформированы три группы (n = 5) соболей, больных бактериальным энтеритом. Животным первой и второй групп давали антибактериальные препараты – Нифулин (окситетрациклин, метронидазол, фуразолидон) и Сультеприм (сульфаметоксазол, триметоприм, окситетрациклин) (табл. 1). Третья группа – контрольная.

По окончании лечения провели клинический осмотр соболей (шерстный покров, видимые слизистые, активность животного, аппетит) и контрольный микробиологический посев кала.

Сформировали опытную и контрольную группы (n = 5) зверей, больных парвовирусным энтеритом. Для лечения использовали гипериммунную сыворотку (табл. 2).

Гипериммунная сыворотка получена от кроликов, иммунизированных гомогенатом патологического материала больного парвовирусным энтеритом соболя. [3]

Для получения гомогената использовали патматериал павших соболей с установленным парвовирусным энтеритом. Гомогенизировали патматериал в среде 199, с последующим центрифугированием, префильтрацией и стерилизующей фильтрацией,

с помощью одноразовых стерильных фильтрационных насадок на шприцы Millex с диаметром пор 0,45 мкм для префильтрации, и диаметром пор 0,22 мкм для последующей стерилизующей фильтрации. Так как парвовирус один из самых мелких вирусов (18...20 нм), он свободно проходит через поры фильтра.

Гипериммунизацию кроликов (порода – Советская шиншилла, вес – не менее 3,2 кг) проводили внутримышечным и внутривенным введением гомогената в дозе 0,3 см³ восемь раз с интервалом – пять дней.

На 15, 28 и 35 день опыта у подопытных кроликов провели забор крови для определения титров антител в РТГА. Убой и тотальное обескровливание животных осуществили на седьмой день после последней иммунизации. Из крови с помощью центрифугирования приготовили гипериммунную сыворотку для проведения опыта по лечению парвовирусного энтерита соболей.

Для постановки серологических реакций использовали РГА (выявление титра антигена в кале) и РТГА (нахождение титра антител в сыворотке крови). [7, 8]

При определении линии лечения алиментарного энтерита сформировали опытную и контрольную группы (n = 5) соболей. Животным опытной группы с кормом давали сорбент Полифепан – 10 мг/гол. три дня подряд.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для разработки схемы лечения энтерита бактериальной этиологии были отобраны звери, у которых при микробиологическом исследовании выделены энтеробактерии.

На протяжении опыта за животными вели клиническое наблюдение. На третьи сутки после начала терапии у животных первой и второй опытных групп прекратилась диарея, появился аппетит. В контрольной группе пало две особи, при патологоанатомическом исследовании установлен гастроэнтерит.

По окончании лечения провели клинический осмотр соболей и контрольный микробиологический посев кала. У животных первой и второй опытных групп патогенная микрофлора не выделена, при клиническом обследовании установлено полное выздоровление. У соболей контрольной группы выздоровление не наступило, при микробиологическом исследовании выделена патогенная культура *Salm. enteritidis*.

Таблица 1.
Схема лечения энтеритов бактериальной этиологии у соболей

Группа (n=5)	Препарат	Доза	Режим введения
Первая	Нифулин	мг/гол.	Три дня подряд – три дня перерыв – три дня подряд
Вторая	Сультеприм	250 мг/кг	Пять дней подряд
Третья (контроль)	–	–	–

Таблица 2.
Схема лечения вирусного энтерита соболей

Группа (n=5)	Препарат	Доза	Режим введения
Опытная	Гипериммунная сыворотка	1 мл	Один раз в сутки три раза с интервалом один день
Контрольная	–	–	–

Для проведения опыта по лечению вирусного энтерита были отобраны соболи с титром антигена парвовируса в РГА 1:8-1:32. В результате введения больным животным гипериммунной сыворотки с титром АТ в РТГА 1:512 выздоровление наступало на третий день, установлена 100%-я выживаемость.

В контрольной группе пали все животные. При патологоанатомическом вскрытии обнаружены изменения, характерные для парвовирусного энтерита: резкое истощение и обезвоживание, желудок пустой без патологических изменений, катарально-геморрагическое воспаление кишечника, увеличение лимфоузлов, переполнение желчью желчного пузыря, селезенка темно-красного цвета с точечными кровоизлияниями под капсулой. При исследовании кишечника в РГА титры АГ – 1:128.

Для разработки лечения алиментарного энтерита отобраны животные с клиническими признаками заболевания, у которых не выделена патогенная микрофлора и не выявлен АГ парвовируса. При микробиологическом анализе корма для этих зверей обнаружены патогенные грибы *Aspergillus flavus*. Сформированы опытная и контрольная группы (n = 5) соболей. Животным опытной группы заменили корм на доброкачественный и давали сорбент Полифепан.

Соболи опытной группы выздоровели на пятые сутки. У животных контрольной группы усилилась диарея, началась рвота, на десятые сутки пало три особи.

В результате проведенных исследований разработаны схемы лечения энтеритов соболей вирусной, бактериальной и алиментарной этиологии. Внедрение в практику предложенных схем позволит сохранить поголовье, сократив экономический ущерб.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Власов Н.А., Уласов В.И. и др. Парвовирусы плотоядных и вызываемые ими болезни. Ульяновск. 2000. 35 с.

2. Герасимчик В.А. Инфекционные и незаразные болезни пушных зверей и кроликов. Витебск, 2011. С. 9–10.
3. Грязнева Т.Н., Тихонов И.В., Девришов Д.А. Основы производства гипериммунных сывороток и иммунноглобулинов /Учебно-методическое пособие по биотехнологии. М.: МГАВМиБ им. К.И. Скрябина, 2003. 48 с.
4. Семикрасова А.Н., Петрова И.В., Гришина Л.Е. и др. Изучение этиологии энтерита клеточных соболей. // Кролиководство и звероводство. 2018. № 6. С. 16–19
5. Семикрасова А.Н., Петрова И.В., Жилина К.В. Морфофункциональные изменения в органах и тканях соболей при парвовирусном энтерите // Ветеринария Кубани. 2020. № 6. С. 33–34.
6. Слугин В.С. // Болезни плотоядных пушных зверей и их этиологическая связь с патологией других животных и человека. Киров: КОГУП «Кировская областная типография», 2004. 592 с.
7. Сулимов А.А., Селиванов А.В., Гельман Б.Г., Уласов В.И. Диагностика и профилактика панлейкопении кошек // Ветеринария. 1986. № 2. С. 59.
8. Сулимов А.А., Селиванов А.В., Груздев Н.К. Парвовирусный энтерит собак // Тезисы конф.»Патология членистоногих и биологические средства борьбы с вредными организмами» Киев, 1981. С. 32–41.
9. Уласов В.И. Ветеринарные проблемы пушного звероводства // Ветеринария. 2008. № 5. С. 3

REFERENCES

1. Vlasov N.A., Ulasov V.I. i dr. Parvovirusy plotoyadnyh i vyzyvaemye imi bolezni. Ul'yanovsk. 2000. 35 s.
2. Gerasimchik V.A. Infekcionnye i nezaraznye bolezni pushnyh zverej i krolikov. Vitebsk, 2011. S. 9–10.
3. Gryazneva T.N., Tihonov I.V., Devrishov D.A. Osnovy proizvodstva giperimmunnyh syvorotok i immunnoglobulinov /Uchebno-metodicheskoe posobie po biotekhnologii. M.: MGAVMiB im. K.I. Skryabina, 2003. 48 s.
4. Semikrasova A.N., Petrova I.V., Grishina L.E. i dr. Izuchenie etiologii enterita kletochnyh sobolej. // Krolikovodstvo i zverovodstvo. 2018. № 6. S. 16–19
5. Semikrasova A.N., Petrova I.V., Zhilina K.V. Morfofunkcional'nye izmeneniya v organah i tkanyah sobolej pri parvovirusnom enterite // Veterinariya Kubani. 2020. № 6. S. 33–34.
6. Slugin V.S. // Bolezni plotoyadnyh pushnyh zverej i ih etiologicaleskaya svyaz' s patologiej drugih zhivotnyh i cheloveka. Kirov: KOGUP «Kirovskaya oblastnaya tipografiya», 2004. 592 s.
7. Sulimov A.A., Selivanov A.V., Gel'man B.G., Ulasov V.I. Diagnostika i profilaktika panlejkopenii koshek // Veterinariya. 1986. № 2. S. 59.
8. Sulimov A.A., Selivanov A.V., Gruzdev N.K. Parvovirusnyj enterit sobak // Tezisy konf."Patologiya chlenistonogih i biologicheskie sredstva bor'by s vrednymi organizmami" Kiev, 1981. S. 32–41.
9. Ulasov V.I. Veterinarnye problemy pushnogo zverovodstva // Veterinariya. 2008. № 5. S. 3

ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА МЯСНЫХ ПОРОД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА, РАЗВОДИМОГО НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Елена Борисовна Шукюрова, кандидат биологических наук

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН — обособленное отделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
п. Восточный-1, Хабаровский край, Россия
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Аннотация. Установлена генетическая структура крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке по частоте эритроцитарных антигенов. Всего исследовано 2265 голов животных герефордской, абердин-ангусской, калмыцкой и казахской белоголовой пород. Для всех изученных пород характерна высокая частота антигенов $A_2, Y_2, A'_2, C_1, C_2, E, W, X_2, F, V, L, H', Z$ и низкая — I_1, K', B'', M, U, H'' . Отличительная черта для каждой породы: у калмыцкого скота чаще встречаются антигены Z' (EAA-локус), P_2, T_2, B', O', K' (EAB-локус), L' (EAC-локус), $p < 0,001$; у абердин-ангусского — Q (EAB-локус), U'_1 (EAS-локус), $p < 0,001$ и редко R_1 (EAC-локус), $p < 0,01$; у герефордов низкая частота O_1, O_2, Y' (EAB-локус), $p < 0,001$; казахского белоголового — высокая концентрацией антигенов J'_2 (EAB-локус), $p < 0,001$, V (EAF-локус) и низкая — E'_3, Q' (EAB-локус), $p < 0,001$. Анализ генетического сходства и дендрограммы показал, что казахский белоголовый и герефордский скот имеют высокое генетическое сходство, меньшее сходство с этими породами у абердин-ангусского и калмыцкого скота, который формировался в условиях генетического баланса. Полученные материалы будут использованы в дальнейшем для совершенствования селекционной работы с мясными породами в Дальневосточном регионе.

Ключевые слова: Дальний Восток, крупный рогатый скот, мясные породы, эритроцитарные антигены, частота встречаемости, генетическое сходство

IMMUNOGENETIC STRUCTURE OF MEAT BREEDS OF CATTLE BRED IN THE FAR EAST

E.B. Shukyurova, PhD in Biological Sciences

Khabarovsk Federal Research Centre of DVO RAN — Isolating Subdivision the Far East Scientific-Research Institute of Agriculture, Vostochny-1 settlement, Khabarovsk Krai, Russia
E-mail: dvniishimgen@mail.ru

Abstract. The genetic structure of the beef cattle breeding in the Far East relative to the erythrocytic antigens frequency is determined as a result of the researches. In all, 2265 heads of animals of Hereford, Aberdeen-Angus, Kalmyk and Kazakh white-headed breeds have been researched. It is determined that all the researched breeds are characterized by high antigens frequency $A_2, Y_2, A'_2, C_1, C_2, E, W, X_2, F, V, L, H', Z$ and low — I_1, K', B'', M, U, H'' . The distinctive feature of every breed is: for Kalmyk cattle antigens Z' (EAA-locus) P_2, T_2, B', O', K' (EAB-locus), L' (EAC-locus) are met more often, $p < 0,001$; Aberdeen-angus cattle has been distinguished by high frequency of antigens Q (EAB-locus), U'_1 (EAS-locus), $p < 0,001$ and low R_1 (EAC-locus), $p < 0,01$; the low frequency O_1, O_2, Y' (EAB-locus), $p < 0,001$ has been revealed by Hereford cattle; Kazakh white-headed has been distinguished by high concentration of antigens, J'_2 (EAB-locus) $p < 0,001$, V (EAF-locus) and low — E'_3, Q' (EAB-locus), $p < 0,001$. Analysis of the genetic likeness and the dendrogram showed the high genetic likeness between Kazakh white-headed and Hereford cattle. The lower genetic likeness with these breeds is characterized for Aberdeen-Angus cattle and Kalmyk cattle. This fact speaks about the formation of Kalmyk and Aberdeen-Angus breeds in another genetic balance conditions than Kazakh white-headed and Hereford cattle. The materials, received during the researches, will be used in a further perfection of the beef cattle selection in the Far East.

Keywords: the Far East, cattle, beef cattle, erythrocytic antigens, frequency of meeting, genetic likeness

Мясное скотоводство — один из основных жизнеобеспечивающих секторов отечественного аграрного производства. По данным Министерства сельского хозяйства России, в 2020 году поголовье крупного рогатого скота мясных пород в хозяйствах всех категорий составило около 3,91 млн гол. Доля мясного скота — 21,6% общего поголовья КРС. Лидеры по разведению мясных пород — Брянская, Ростовская, Воронежская, Иркутская области, Республика Башкортостан и Краснодарский край. Товарное поголовье коров мясных пород скота сосредоточено в Центральном, Южном и Приволжском федеральных округах (28,3%, 23,8 и 15,4% общего товарного поголовья соответственно). [10] В Дальневосточном

регионе относительно слабый уровень развития мясного животноводства. В 2016 году обеспеченность мясом собственного производства составила всего 25,4%, в 1990 достигала почти 60%. [11]

Крупный рогатый скот мясного направления (герефордская, абердин-ангусская, калмыцкая, казахская белоголовая, шаролезская и другие породы) в Дальневосточном федеральном округе разводят в Амурской и Сахалинской областях, Хабаровском и Приморском краях, Еврейской автономной области и других регионах. Несколько сельхозпредприятий в Амурской, Сахалинской областях и Приморском крае имеют статус племенного хозяйства по разведению КРС мясного направления.

Любая порода обладает своеобразным, уникальным набором генов – генофондом породы, представляет собой продукт мутации, дрейфа генов, эволюции в течение длительного времени, со своим механизмом адаптации к окружающей среде, устойчивостью к эндемичным паразитарным и инфекционным болезням, сложившимся типом кормления и соответствует определенным критериям человеческого общества на территории, где она создавалась. [3] Широкое применение в практике оценки генофонда сельскохозяйственных животных нашли группы крови. Гены групп крови составляют небольшую часть общего генофонда популяции. Однако в отличие от других генов их легче определять у отдельных животных и в популяциях. Эритроцитарные антигены крови, обнаруженные в раннем возрасте, сохраняются на протяжении всей дальнейшей жизни без изменения, характер сочетания их у каждого животного строго индивидуален (исключение – однояйцовые близнецы), наследование идет по кодоминантному типу, при котором все генетические особенности животных проявляются в фенотипических признаках. [2] Эти свойства позволяют использовать группы крови в качестве генетических маркеров (признак, имеющий моногенный тип наследуемости). [8, 15] Применение генетических маркеров в качестве критериев селекционных процессов дает более детально оценить индивидуальные и групповые особенности животных, генетический потенциал стада, пород и отдельно взятых особей, контролировать селекционные процессы в стадах, корректировать их направленность, что дает возможность управлять генетической структурой селекционируемых стад. [4, 7] На практике для этого необходим учет генофонда популяций по маркерным генам.

Результаты многих исследований указывают на заметное различие как между породами, так и внутри одной КРС разных зон разведения в частоте антигенов и их концентрации в пределах локуса и между локусами.

Хорошо изучен генофонд молочных пород КРС, мясных – намного меньше. Генетические особенности крупного рогатого скота мясного направления представлены в трудах ученых. [1, 13, 14]

Цель работы – изучить генетическую структуру по эритроцитарным антигенам групп крови крупного рогатого скота мясных пород, разводимого на Дальнем Востоке, для использования полученных данных в селекционно-племенной работе.

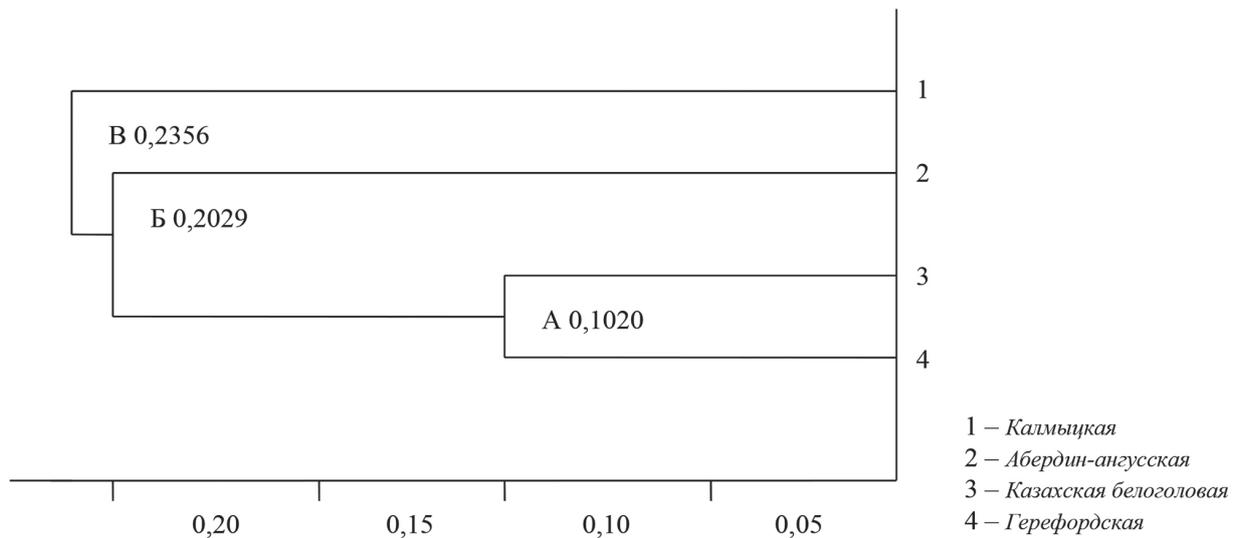
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лаборатории иммуногенетической экспертизы ХФИЦ ДВО РАН – обособленное подразделение ДВ НИИСХ. Изучали КРС мясных пород (*геррефордская, абердин-ангусская, калмыцкая, казахская белоголовая*), разводимый в сельхозпредприятиях Амурской, Сахалинской областей и Еврейской автономной, Хабаровского, Приморского краев. Группу крови определяли общепринятым способом с применением 47 сывороток-реагентов девяти генетических локусов групп крови животных. [9] Частоту антигенов рассчитывали по формуле, предложенной А.М. Машуровым с соавторами. [12]

Таблица 1.
Частота антигенов групп крови у мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке

Система групп крови	Антиген	Частота, %				
		геррефордская, n=1739	абердин-ангусская, n=416	калмыцкая, n=59	казахская белоголовая, n=51	
EAA	A ₂	54,5	72,8	66,1	56,9	
	Z'	0,8	10,1	22,0*	0	
	B ₂	18,4	35,6	57,6	23,5	
	G ₂	20,7	29,8	45,8	21,6	
	G ₃	20,7	29,8	45,8	21,6	
	I ₁	3,6	4,1	8,5	0	
	I ₂	9,9	19,5	18,6	0	
	K	13,5	6,5	16,9	–	
	O ₁	5,7*	49,6	25,4	7,8	
	O ₁	15,9*	64,0	33,9	7,8	
	P ₂	2,6	3,9	18,6*	7,8	
	Q	12,8	3,9*	22,0	19,6	
	T ₂	2,8	13,7	22,0*	2,0	
	Y ₂	72,2	54,6	40,7	78,4	
	A' ₂	25,8	42,8	37,3	–	
	EAB	B'	2,0	1,7	20,3*	0
		D'	54,7	11,1	37,3	54,9
E' ₃		19,1	73,3	66,1	2,0*	
G'		17,2	18,2	30,5	19,6	
I'		72,9	17,3	30,5	70,6	
O'		15,1	16,3	67,8*	21,6	
K'		2,1	2,4	10,2*	2,0	
J' ₂		1,0	0	11,9	56,9*	
P'		2,4	24,1	15,3	3,92	
Q'		30,2	71,1	66,1	5,9*	
Y'		4,0*	23,3	15,3	7,8	
B''		1,3	1,2	5,1	0	
EAC	G''	3,8	41,1	37,3	11,8	
	C ₁	79,4	86,1	81,4	23,5	
	C ₂	83,0	86,1	84,7	23,5	
	E	65,2	70,0	72,9	41,2	
	R ₁	44,0	2,1**	11,9	27,5	
	W	68,2	72,9	78,0	58,8	
	X ₂	34,7	43,7	76,3	23,5	
	L'	2,5	5,3	30,5*	3,9	
	F	97,3	95,2	93,2	86,3	
	V	24,6	35,1	49,2	64,7	
EAF	J	14,6	33,2	35,6	39,2	
	L	48,4	36,7	42,4	68,6	
EAM	M	0,8	1,2	0	0	
	S ₁	16,6	16,6	23,7	21,6	
EAS	H'	64,8	82,2	83,1	86,3	
	U	0,2	1,2	0	0	
	U' ₁	4,8	17,6	8,5	2,0	
	H''	4,3	4,1	1,7	0	
EAZ	U''	1,1	1,0	13,6	2,0	
	Z	30,6	43,0	69,5	47,1	

Примечание. * – p<0,001, ** – p<0,01.



Дендрограмма, характеризующая генетические расстояния между мясными породами, разводимыми на Дальнем Востоке.

Для установления степени генетической близости животных разных групп использовали индекс генетического сходства (r) и генетическую дистанцию (d) между изученными стадами, которые вычисляли по частотам встречаемости антигенных факторов по формуле, предложенной А.С. Серебровским. [12] Статистическую ошибку индексов генетического сходства (m_r) рассчитывали по формуле Л.А. Животовского. [6] Для графического отображения генетических связей между изученными группами строили дендрограмму методом невзвешенной попарной кластеризации по показателям генетических дистанций. Для проверки значимости различия частот применяли метод χ^2 . [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 2265 исследованных животных выявлено 47 антигенных факторов, контролируемых аллельными генами девяти хромосомных локусов. Частота распространения антигенов варьирует от 0 (антигены K' , P' и другие) до 97,9% (антиген F) (табл. 1). Во всех породах с высокой частотой встречались антигены A_2 (EAA-локус), Y_2 , A'_2 (EAB-локус), C_1 , C_2 , E, W, X_2 (EAC-локус), F, V (EAF-локус), L (EAL-локус), H' (EAS-локус), Z (EAZ-локус). Носители данных антигенов – 23,5...97,3% животных. С низкой частотой выявлены антигены I_1 , K' , B'' (EAB-локус), M (EAM-локус), U, H'' (EAS-локус), носители – 0...10,2% животных. Выявлены значительные различия в частоте встречаемости отдельных антигенов.

В EAA-локусе определяли два фактора (A_2 , Z'). Антиген Z' выявлен с низкой частотой у всех пород, кроме калмыцкой. Здесь 22,0% животных носители данного антигена, $p < 0,001$, концентрация антигена A_2 высокая во всех породах (54,5...72,8%).

EAB-локус. Всего определяли 26 антигенов. Выявлены значительные различия в частоте некоторых антигенов. С более высокой частотой у калмыцкого скота встречались антигены P_2 , T_2 , B' , O' , K' , у герефордов значительно реже носители O_1 , O_2 и Y' , $p < 0,001$. У казахского белоголового реже встречались носители E'_3 и Q' антигенов и чаще J'_2 , $p < 0,001$, чем

у остальных исследованных пород. Абердин-ангусский скот отличался более высокой концентрацией антигена Q, $p < 0,001$.

EAC-локус. Всего выявлено девять антигенов. В этом локусе отличительная черта абердин-ангусской породы – низкое число носителей R_1 антигена, $p < 0,01$ и высокое – L' антигена у калмыцкой, $p < 0,001$.

EAF-локус. Выявлено два антигена F и V. Первый встречается с высокой частотой, 86,3...97,3% животных – носители данного антигена; второй – реже (исключение – казахский белоголовый скот), носителей в 1,4...2,6 раз больше, чем у других пород.

В однофакторных локусах EAJ, EAL, EAM и EAZ с более высокой частотой у всех пород встречались антигены L и Z (30,6...69,5%), M – крайне редко, у казахского белоголового и калмыцкого скота не выявлены.

EAS-локус. Определяли шесть антигенных факторов. У Абердин-ангусской с более высокой частотой выявлен антиген U'_1 , $p < 0,001$.

На последнем этапе исследований были найдены индексы генетического сходства и генетические дистанции между породами (табл. 2, см. рисунок).

Установлено максимальное сходство между породами герефордской и казахской белоголовой поро-

Таблица 2. Генетическое сходство ($r + m_r$ – вертикаль) и генетическое расстояние (d – горизонталь) между породами, разводимыми на Дальнем Востоке

	Герефордская, n=1739	Абердин-ангусская, n=416	Калмыцкая, n=59	Казахская белоголовая, n=51
Герефордская		0,7971+0,0165	0,7354+0,0447	0,8980+0,0312
Абердин-ангусская	0,2029		0,8406+0,0376	0,7729+0,0471
Калмыцкая	0,2646	0,1594		0,7172+0,0665
Казахская белоголовая	0,1020	0,2271	0,2828	

дами ($0,8980 \pm 0,0312$), меньшее – между *казахской белоголовой* ($0,7172 \pm 0,0665$).

Анализ дендрограммы показал, что *казахский белоголовый* и *геррефордский* скот образуют кластер, это свидетельствует об их высоком генетическом сходстве. На большом удалении находятся *абердин-ангусский* и *калмыцкий* скот, который формировался в условиях генетического баланса, отличающегося от *казахского белоголового* и *геррефордского*.

Таким образом, были получены новые знания по биоразнообразию и иммуногенетической структуре крупного рогатого скота мясных пород, разводимых на Дальнем Востоке. Материалы будут использованы для дальнейшего совершенствования и повышения эффективности селекционно-племенной работы с породами мясного КРС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Валитов Ф.Р., Долматова И.Ю., Юмагузин И.Ф. Генетическая структура пород крупного рогатого скота по антигенным эритроцитарным факторам // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 74–79.
2. Данилкив Э.И. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе с молочным скотом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2008. № 1. С. 32–37.
3. Дубинин Н.П., Машуров А.М. Сопряженный дрейф аллелей // Докл. АН СССР. 1983. Т. 273. № 6. С. 1487–1490.
4. Дунин И., Данкверт А., Кочетков А. Перспективы развития молочного скотоводства и конкурентоспособность молочного скота, разводимого в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 3. С. 1–5.
5. Дунин И.М., Новиков А.А., Романенко М.И. и др. Правила генетической экспертизы племенного материала крупного рогатого скота. М.: Росинформагртех, 2003. 48 с.
6. Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общей биологии. 1979. Т. 11. № 4. С. 587.
7. Кольцов Д.Н., Багиров, В.А. Романов Ю.Д. Результаты практического использования генетических маркеров – групп крови при изучении воспроизводительной способности крупного рогатого скота // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 54–57.
8. Марзанов Н.С. Генетические особенности молочного скота, разводимого в Кабардино-Балкарской Республике // Доклады РАСХН. 2011. № 3. С. 37–41.
9. Машуров А.М., Сухова Н.О., Царев Р.О., Тхань Х.Х. Алгоритмы иммунобиохимической генетики: учебно-метод. пособие. Новосибирск: СО РАСХН, 1998. 112 с.
10. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2020 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. М., 2021. 231 с.
11. Петрова-Шатохина Т.Р., Реймер В.В. Уровень развития скотоводства в регионах Дальневосточного федерального округа // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (361). С. 56–60.
12. Серебровский А.С. Генетический анализ. М.: Наука, 1970. 188 с.
13. Слепцов И.И., Павлова Н.И., Додохов В.В. Системы групп крови и биохимические показатели крупного

рогатого скота калмыцкой породы, разводимой в республике Саха (Якутия) // Вестник КрасГАУ. 2019. № 10 (151). С. 110–115.

14. Яковлев В.С., Коркин А.Ф., Полинковский Л.И., Шошин В.М. Генетические особенности отечественного абердин-ангусского скота и исходных пород // Совершенствование существующих и создание новых пород и типов мясного скота. Сборник науч. тр. ВНИИМС. 1985. С. 32–36.
15. Haeringen H. Applied genetics in Animal Husbandry // The Netherlands. 2001. 18 p.

REFERENCES

1. Valitov F.R., Dolmatova I.Yu., Yumaguzin I.F. Geneticheskaya struktura porod krupnogo rogatogo skota po antigenym eritocitarnym faktoram // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 4 (52). S. 74–79.
2. Danilkiv E.I. Ispol'zovanie geneticheskikh markerov v selekcionno-plemennoj rabote s molochnym skotom // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2008. № 1. S. 32–37.
3. Dubinin N.P., Mashurov A.M. Sopryazhennyj drejff allele // Dokl. AN SSSR. 1983. T. 273. № 6. S. 1487–1490.
4. Dunin I., Dankvert A., Kochetkov A. Perspektivy razvitiya molochnogo skotovodstva i konkurentosposobnost' molochnogo skota, razvodimogo v Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2013. № 3. S. 1–5.
5. Dunin I.M., Novikov A.A., Romanenko M.I. i dr. Pravila geneticheskoy ekspertizy plemennogo materiala krupnogo rogatogo skota. M.: Rosinformagrotekh, 2003. 48 s.
6. Zhivotovskij L.A. Pokazatel' skhodstva populyacij po polimorfnyim priznakam // Zhurn. obshchej biologii. 1979. T. 11. № 4. C. 587.
7. Kol'cov D.N., Bagirov, V.A. Romanov Yu.D. Rezul'taty prakticheskogo ispol'zovaniya geneticheskikh markerov – grupp krovi pri izuchenii vosproizvoditel'noj sposobnosti krupnogo rogatogo skota // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 1. S. 54–57.
8. Marzanov N.S. Geneticheskie osobennosti molochnogo skota, razvodimogo v Kabardino-Balkarskoj Respublike // Doklady RASKHN. 2011. № 3. S. 37–41.
9. Mashurov A.M., Suhova N.O., Carev R.O., Than' H.H. Algoritmy immunobiohimicheskoy genetiki: uchebno-metod. posobie. Novosibirsk: SO RASKHN, 1998. 112 s.
10. Nacional'nyj doklad o hode i rezul'tatah realizacii v 2020 godu Gosudarstvennoj programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya. M., 2021. 231 s.
11. Petrova-Shatohina T.R., Rejmer V.V. Uroven' razvitiya skotovodstva v regionah Dal'nevostochnogo federal'nogo okruga // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. № 1 (361). S. 56–60.
12. Serebrovskij A.S. Geneticheskij analiz. M.: Nauka, 1970. 188s.
13. Slepcev I.I., Pavlova N.I., Dodohov V.V. Sistemy grupp krovi i biohimicheskie pokazateli krupnogo rogatogo skota kalmyckoj porody, razvodimoj v respublike Saha (Yakutiya) // Vestnik KrasGAU. 2019. № 10 (151). S. 110–115.
14. Yakovlev V.S., Korkin A.F., Polinkovskij L.I., Shoshin V.M. Geneticheskie osobennosti otechestvennogo aberdin-angusskogo skota i iskhodnyh porod // Sovershenstvovanie sushchestvuyushchih i sozdanie novyh porod i tipov myasnogo skota. Sbornik nauch. tr. VNIIMS. 1985. S. 32–36.
15. Haeringen H. Applied genetics in Animal Husbandry // The Netherlands. 2001. 18 p.

РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ САМОК КРОВОСОСУЩИХ МОКРЕЦОВ (*DIPTERA: CERATOPOGONIDAE*) НА ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ*

Ольга Александровна Фёдорова¹, кандидат биологических наук

Анастасия Сергеевна Трушникова¹

Константин Сергеевич Павлик²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия

²ГАУТО «Казанский ветеринарный центр Сладковский отдел», с. Сладково, Тюменская обл., Россия

E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Аннотация. Кровососущие мокрецы (*Diptera: Ceratopogonidae*) распространены в ряде районов Сибири и Дальнего Востока. Цель работы – исследовать репродуктивный потенциал самок мокрецов в подзоне южной тайги Тюменской области. Их физиологический возраст определяли методом В.П. Половодовой и Т.С. Детиновой, предложенным для комаров, в модификации для мокрецов по количеству «желтых тел» – расширенных яйцевых трубочек. Самки трех массовых видов мокрецов породы *Avaritia* (*Culicoides punctatus*, *C. fascipennis*, *C. griseocens*), встречающихся в подзоне южной тайги лесной зоны, завершают, в основном, один гонотрофический цикл, но к концу сезона количество самок, имеющих два цикла, достигает 20–30%. Значительной части популяции самок (10–22%) не удается завершить ни одного гонотрофического цикла. В связи с похолоданием в конце лета наблюдается омоложение популяции из-за гибели физиологически старых самок. Сопоставление изменений численности и возрастного состава самок позволяет утверждать, что первые два вида имеют две, а последний – одну генерацию за сезон. Определение физиологического возраста самки или числа ее гонотрофических циклов представляет помимо теоретического, практический интерес для оценки эпидемиологической ситуации в районах, где мокрецы – переносчики инфекционных и инвазионных болезней (тяляремия, онхоцеркоз, блутанг, болезнь шмалленберга). Это указывает на актуальность изучения плотности популяции.

Ключевые слова: *Culicoides*, гонотрофический цикл, подзона южной тайги

REPRODUCTIVE FEMALE BLOOD-SICKING BITING MIDGES POTENTIAL (*DIPTERA: CERATOPOGONIDAE*) IN THE TERRITORY OF THE TYUMEN REGION

O.A. Fedorova¹, PhD in Biological Sciences

A.S. Trushnikova¹

K.S. Pavlik²

¹All-Russian scientific research institute of veterinary entomology and arachnology – Branch of Federal State institution Federal Research centre Tyumen Scientific Centr of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

²Head of the Kazan Veterinary Center Sladkovo Department, S. Sladkovo, Tyumen region, Russia

E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

Abstract. Despite the fact that biting midges (*Diptera: Ceratopogonidae*) are mass bloodsuckers in a number of regions of Siberia and the Far East, their biology in Russia and in foreign countries is still poorly understood. The purpose of this work is to study the physiological age of biting biting females in the subzone of the southern taiga of the Tyumen region. The physiological age of biting biting females was determined by the method of V.P. Polovodova and T.S. Detinova, proposed for mosquitoes, in a modification for biting biting by the number of “yellow bodies” – extensions of the egg tubes. Conducted studies on the physiological age of females of three species of *Avaritia* biting midges (*Culicoides punctatus*, *C. fascipennis*, *C. griseocens*), found in the southern taiga subzone of the forest zone. Species are massive bloodsuckers. They basically complete one gonotrophic cycle, but by the end of the season, the number of females that have laid twice reaches 20–30%. A significant part of the female population (10–22%) fails to complete a single gonotrophic cycle. Due to the cooling at the end of the summer season, a rejuvenation of the population is observed due to the death of physiologically old females. Comparison of changes in the abundance and age composition of females allows us to state that the first two species have two, and the last one, one generation during the season. Determining the physiological age of a female or the number of gonotrophic cycles she has completed, and, accordingly, bloodsucking, is, in addition to theoretical, practical interest for assessing the epidemiological situation in areas where biting midges are carriers of a number of infectious and parasitic diseases of talaremia, onchocerciasis, bluetongue, and Schmallenberg’s disease. All this indicates the relevance of studying the density of the population as carriers of infections in the Russian Federation, unfortunately, is not carried out or is being carried out, but within the framework of narrow studies and only in some regions.

Keywords: *Culicoides*, gonotrophic cycle, subzone of the southern taiga

* Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России (№ 121042000066-6 «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смещения границ их ареалов» / The article was prepared with the financial support of the Ministry of Education and Science of Russia (No. 121042000066-6 «Study and analysis of the epizootic state for diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of shifting the boundaries of their habitats»).

Кровососущим мокрецам (*Diptera: Ceratopogonidae*) свойственна гонотрофическая гармония, когда достаточно одного приема крови для одной кладки яиц. [2] Много работ посвящено изучению внутренней морфологии *Ceratopogonidae*. [1,3] В состав каждого фолликула яичников мокрецов, как и у всех двукрылых полиморфного типа, помимо ооцита входят специализированные клетки. [9,10] Гонотрофическая гармония у *Ceratopogonidae* четко продемонстрирована на серии видов из разных географических зон. [2]

Определение физиологического возраста самки или числа проделанных ею гонотрофических циклов, и соответственно приемов крови, представляет помимо теоретического, практический интерес для оценки эпидемиологической ситуации в районах, где мокрецы – переносчики инфекционных и инвазионных болезней (тяляремия, онхоцеркоз, блютанг, болезнь шмаленберга). [2, 7, 8] Физиологический возраст самок мокрецов позволяет предположить уровень численности этих насекомых.

В российской и зарубежной литературе нет полной картины аналитических исследований по изучению физиологического возраста самок кровососущих мокрецов. [6, 12]

Цель работы – определить репродуктивный потенциал самок кровососущих мокрецов (*Diptera: Ceratopogonidae*) на территории Тюменской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в окрестностях с. Малые Велижаны Нижнетавдинского района Тюменской области, в подзоне южной тайги лесной зоны в 2017 году.

Репродуктивный потенциал (физиологический возраст) самок мокрецов определяли методом В.П. Половодовой и Т.С. Детиновой, предложенным для комаров, в модификации для мокрецов по количеству «желтых тел» – расширений яйцевых трубочек. [3, 4]

Вскрытие самок мокрецов проводили по методике Е.Н. Павловского, представляющей правила препарирования мелких насекомых и клещей. Инструменты – набор стандартных лабораторных принадлежностей (препаровальные иглы, пинцеты, ножницы и другое), «лопатовидная» препаровальная игла, сделанная по модели Е.Н. Павловского, имеющая широкий конец с полукруглым свободным краем. Вскрытие самок вели в физиологическом растворе на часовом стекле под микроскопом МБС-1. По наибольшему числу «желтых тел» на одной яйцевой трубке судили о числе кладок. Для определения самок мокрецов, завершивших гонотрофический цикл, без вскрытия использовали метод А.Л. Дусе, который основан на визуальной оценке наличия пигмента в эпителиальном слое брюшка самки, накапливающегося в течение оогенеза. [11] Пигмент устойчив даже при длительном хранении самок в 96° спирте.

Имаго мокрецов отлавливали по общепринятым методикам, видовую принадлежность устанавливали с помощью определительных таблиц А.Г. Мирзаевой. [4, 5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Природные условия Тюменской области благоприятствуют массовому выводу кровососущих двукрылых насекомых комплекса «гнус». Территория Тюменской области характеризуется разветвленной речной сетью, наличием большого количества озер различной площади и заболоченностью, в регионе имеются разнообразные биотопы для развития мокрецов, которым свойственна экологическая пластичность при выборе мест вылода. Кроме естественных водоемов преимагинальные фазы развития мокрецов могут проходить в насыщенных органикой водоемах антропогенного происхождения (лужи и каналы возле животноводческих комплексов).

Принята классификация мест развития преимагинальных фаз мокрецов, предложенная В.М. Глухой [2], которая разделила все места вылода насекомых на две группы – водной (собственно водная среда – постоянные водоемы (озера, пруды, реки, ручьи, термальные водоемы и минеральные источники; полуводная – непостоянные водоемы (болота, заболоченные луга)) и наземной среды (гниющая древесина и кора, разлагающаяся органика животного и растительного происхождения). Основная масса имаго мокрецов нападает вблизи мест вылода, дальность их разлёта зависит от рельефа местности, характера растительности, направления и силы ветра.

Исследования по фауне и экологии кровососущих мокрецов на юге области не проводили с 60–80-х годов прошлого столетия, а по изучению физиологического возраста самок кровососущих мокрецов никогда. Поэтому вопрос очень актуален, так как представляет теоретический и практический интерес для оценки эпидемиологической ситуации в районах, где мокрецы – переносчики ряда инфекционных и инвазионных болезней.

Сезонный ход численности мокрецов характеризуется двумя подъемами, обусловленными двумя генерациями фонового вида *C. punctatus*, причем только один вид доминирует в течение всего лета. Первый подъем численности происходит во II–III декадах июня или I декаде июля, а второй – в августе. Исследователями отмечено, что в других регионах России подъем численности мокрецов за сезон формирует не один, а несколько видов. Например, фоновые виды в южной Карелии – *C. impunctatus*, *C. obsoletus* и *C. griseescens*, в средней Карелии – *C. obsoletus*, *C. punctatus*, *C. griseescens*, причем последний вид определяет второй пик численности мокрецов. [1] В условиях средней и южной части Пермской области первый максимум численности возникает из-за *C. obsoletus*, второй – *C. obsoletus*, *C. punctatus*. [15] В южной тайге Приобья под влиянием природных условий может меняться соотношение доминантных видов (*C. obsoletus*, *C. punctatus*, *C. griseescens*), которые формируют два пика численности.

За период наблюдений установлено три типа суточного ритма активности мокрецов: первый – вечерний, ночной или утренний подъемы численности и дневное отсутствие мокрецов; второй – подъемы численности только в вечерние и утренние часы, в остальное время лёта отсутствовал; третий – активность мокрецов с утра до вечера, с понижением

численности насекомых днем и ночное отсутствие. Наибольшее количество мокрецов (63,3%) отмечали утром. Максимальную активность наблюдали при температуре 7,0...18,9°C. Исследования суточной активности мокрецов в Карелии позволили В.М. Глухой выделить пять типов ритма. В других регионах России, где нет «белых» ночей, исследователи наблюдали два-три типа, среди которых наиболее распространен суточный ритм, характеризующийся утренним и вечерним подъемами численности и отсутствием ночной и дневной активности мокрецов. [5] В Пермской области А.М. Бурьловой выявлено четыре типа суточного ритма активности.

В отношении распределения нападающих мокрецов в течение суток результаты наших исследований не сходятся с данными указанных авторов, согласно которым вечером подъем численности нападающих мокрецов бывает выше, чем утром. А.Г. Мирзаева объясняет более высокий вечерний подъем численности мокрецов благоприятными условиями в это время для их нападения на протяжении всего сезона в южной тайге Томской области. К таким условиям отнесены: оптимальная освещенность к началу вечернего лёта, температура не ниже 7°C, наступающая темнота, которая ограничивает, но не прекращает нападение мокрецов. Более высокий утренний пик численности мокрецов можно объяснить тем, что мы проводили исследования при постоянном содержании животных в загонах с вечера до утра. При этом, нападавшие вечером мокрецы не улетали с территории загонных и утром росла численность из-за очередного подлета насекомых при восходе солнца.

При поиске объектов кровососания очевидно, что ведущая ориентация у мокрецов – ольфакторная, а слепни, комары и мошки в большей степени ориентируются зрительно. Только у мокрецов нами отмечен целенаправленный полет к объекту с подветренной стороны.

Установлено, что у *C. punctatus*, *C. griseescens* в условиях изучаемого региона не более двух гонотрофических циклов, значительной части самок (10...22%) не удается завершить ни одного. В связи с похолоданием в конце сезона лёта наблюдается омоложение популяции из-за гибели физиологиче-

ски старых самок. Согласно литературным данным, повторяемость гонотрофических циклов зависит не только от вида насекомого или географических условий региона, но и от погодных условий сезона. [1] В Карелии самки *C. griseescens* проделывают до четырех, а *C. punctatus* – двух гонотрофических цикла. [2] На территории Ивановской области самки *C. griseescens* способны завершать четыре цикла, а *C. punctatus* и *C. fascipennis* – по три. В Пермской области среди *C. griseescens* и *C. punctatus* отмечены самки с двумя «желтыми телами», осуществившие два гонотрофических цикла. [5] При температуре 18...22°C цикл завершается за четыре-шесть дней, 23...26° – два-три дня. Следовательно, для мокрецов, как и комаров, характерна повторяемость гонотрофических циклов. Их количество зависит от продолжительности жизни особи, температуры и других условий.

В подзоне южной тайги лесной зоны лёта мокрецов начинался в III декаде мая и продолжался до сентября-начала октября, в зависимости от выпадения снега. Общий период активности мокрецов при благоприятных метеорологических условиях – 3,5...4,0 мес.

Анализ видового состава мокрецов относительно сезонной динамики показал, что основной фоновый вид – *Culicoides punctatus* Mg., а субдоминирующие виды – *C. fascipennis* St., *C. griseescens* Edw.

Физиологический возраст самок трех наиболее многочисленных видов кровососущих мокрецов изучали в подзоне южной тайги лесной зоны на территории Нижнетавдинского района (с. Велижаны) в течение летнего сезона 2017 года. Всего исследовано 1450 самок (табл.).

Culicoides punctatus (Meigen, 1804) – самый массовый вид, отлавливался с середины июня по I декаду сентября. Первый максимум численности наблюдали в III декаде июня, второй – в середине августа. Всего исследовано 800 самок. В первом сборе выявлены только неклавшие. Один раз клавшие самки обнаружены в III декаде июня – 12%. В июле на фоне общего снижения численности наблюдали уменьшение доли неклавших самок, число которых к концу месяца достигло 29%. Количество клавших самок при этом увеличилось до 71%, причем в середине июля появились единичные самки, завершившие

Соотношение возрастных групп самок мокрецов за летний сезон 2017 года

Декада месяца	<i>C. punctatus</i>			<i>C. fascipennis</i>			<i>C. griseescens</i>					
	число исследованных самок	количество гонотрофических циклов			число исследованных самок	количество гонотрофических циклов			число исследованных самок	количество гонотрофических циклов		
		ни одного	один	два		ни одного	один	два		ни одного	один	два
II-я декада июня	100	100/100	0	0	50	50/100	0	0	–	–	–	–
III-я декада июля	100	88/88	12/12	0	100	94/94	6/6	0	10	10/100	0	0
I-я декада июля	100	74/74	26/26	0	100	79/79	21/21	0	15	12/80	3/20	0
II-я декада июля	100	57/57	41/41	2/2	100	44/44	46/46	10/10	20	9/45	11/55	0
III-я декада июля	100	29/29	58/58	13/13	100	32/32	53/53	15/15	20	5/25	14/40	1/5
I-я декада августа	100	56/56	34/34	10/10	100	51/51	42/42	7/7	10	3/30	6/60	1/10
III-я декада августа	100	22/22	48/48	30/30	20	2/10	11/55	7/35	5	1/20	3/60	1/20
I-я декада сентября	100	46/46	40/40	14/14	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Числитель – число самок; знаменатель – % от числа вскрытых.

два гонотрофических цикла, а к концу месяца — 3%. В начале августа увеличивалась численность мокрецов, в том числе неклавших самок (56%). Среди клавших самок (34%) были один раз клавшие и 10% — два раза. К концу августа количество клавших самок увеличилось до 78%, в том числе один раз клавших — 48%, два раза — 30%. В I-й декаде сентября в связи с неблагоприятными погодными условиями и ограничением периода суточной активности произошло омоложение популяции из-за гибели физиологически старых самок. Количество клавших самок уменьшилось до 54%, среди которых два раза клавшие — 14%.

Составление сезонного хода численности и возрастного состава самок мокрецов *C. punctatus* показало, что второй подъем численности сопровождался омоложением популяции, что объясняется началом лёта второй генерации этого вида.

Culicoides fascipennis (Staeger, 1839) — субдоминирующий вид регистрировали в учетах с середины июня до конца августа. Исследовано 570 самок. Самки, проделавшие одну яйцекладку, появились в конце III декады июля (10%). К концу III декады июля оставалось 32% неклавших самок, один и два раза клавших — 53 и 15% соответственно. Популяция омолаживалась в начале августа, когда количество неклавших самок увеличилось до 51%. К концу августа численность популяции сильно сократилась и из 20 исследованных самок неклавших было 10%, один раз клавших — 55 и два раза — 35%. Омоложение популяции в начале августа, совпавшее с увеличением численности мокрецов этого вида, свидетельствует о наличии двух генераций.

Culicoides grisescens (Edwards, 1939) — малочисленный вид встречался в учетах с III декады июня до конца августа. Из-за низкой численности этого вида всего было исследовано 80 самок. Один раз клавшие самки появились в I декаде июля, два раза — в III декаде июля. Количество клавших самок увеличивалось до окончания лёта, максимальное число один раз клавших самок составило 60, два раза — 20%. Полученные данные указывают на то, что *C. grisescens* на юге Тюменской области — моновольтинный.

Таким образом, проведенными исследованиями по определению физиологического возраста установлено, что в условиях юга Тюменской области самки наиболее многочисленных видов *C. punctatus*, *C. fascipennis* и *C. grisescens* завершают в основном один гонотрофический цикл (55...60%), но к концу сезона количество два раза клавших самок достигает 20...30%. Значительной части популяции самок (10...22%) не удается завершить ни одного гонотрофического цикла. В связи с похолоданием в конце лета наблюдается омоложение популяции из-за гибели физиологически старых самок. Сопоставление изменений численности и возрастного состава самок позволяет утверждать, что первые два вида имеют две, а последний — одну генерацию за сезон.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амасова И.С. О гонотрофических отношениях мокрецов рода *Culicoides* (Diptera, Heleidae) // Энтомологическое обозрение. 1959. № 38 (4). С. 774–789

2. Глухова В.М. Кровососущие мокрицы рода *Culicoides* и *Forcipomyia* (Ceratopogonidae). Ленинград: Наука, 1989. 406 с.
3. Глухова В.М. О гонотрофическом цикле у мокрецов с. *Culicoides* (Diptera, Heleidae) в Карельской АССР. О гонотрофических циклах карликов *Culicoides* (Diptera, Heleidae) в Карельской АССР. Паразитол. сб. // Зоол. ин-та АН СССР. 1958. № 18. С. 239–254.
4. Детьнова Т.С., Расницын С.П. Унификация методов учета численности кровососущих двукрылых насекомых // Медицинская паразитология. 1978. № 47 (5). С. 84–92.
5. Мирзаева А.Г. О фауне мокрецов Приобья // Труды Биологического института Сибирского отделения Академии наук СССР, 1963. С. 82–87.
6. Мирзаева А.Г. Кровососущие мокрецы (Diptera, Ceratopogonidae) Тункинской котловины. Новосибирск: Наука, 1974. С. 110–115.
7. Спрыгин А.В., Федорова О.А., Бабин Ю.Ю. и др. Кровососущие мошки (Diptera: Ceratopogonidae) и их роль в распространении блумтанга и болезней Шмалленберга в России. Агробиология // Agricultural biology Учредители: АНО Редакция журнала «Сельскохозяйственная биология». 2015. № 50 (2) С. 183–197. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.183rus.
8. Спрыгин А.В., Федорова О.А., Бабин Ю.Ю. и др. Колебания сезонной численности мошек *Culicoides* в Смоленской, Псковской и Владимирской областях Западной России в 2013 г. // Veterinaria Italiana. 2016. 52 (3–4). С. 231–234. doi: 10.12834/VetIt.254.2305.3
9. Филимонова С.А., Бродская Н.К. Ультроструктурное исследование оогенеза кровососущих мокрецов рода *Culicoides* Latr. (Diptera, Ceratopogonidae) // Энтномол. Обзорение. 1998. № 4. С. 737–752.
10. Lysyk T.J. Seasonal abundance, parity, and survival of adult *Culicoides sonorensis* (Diptera, Ceratopogonidae) in southern Alberta, Canada. Journal of Medical Entomology. 2007. Vol. 44. № 6. PP. 959–969. <https://doi.org/10.1093/jmedent/44.6.959>
11. Dyce A.L. The recognition of nulliparous and parous *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) without dissection // Austr. Ent. Soc. 8. 1969. PP. 11–15. doi.org/ 10.1111/J.1440-6055.1969.tb00727
12. Linley J.R. The ovarian cycle in *Culicoides barbosa* Wirth & Blanton and *C. furens* (Poey) (Diptera, Ceratopogonidae) // Bull. Entomol. Res. 1966. 57 (1). 1-17
13. Fiodorova O.A. Physiological age of female blood-sucking midges (Diptera, Ceratopogonidae) in the south of Tyumen oblast. Biosystems Diversity. 2018. Vol. 26. № 3. PP. 179–182. DOI: 10.15421/011827.

REFERENCES

1. Amasova I.S. O gonotroficheskikh otnosheniyah mokrecov roda *Culicoides* (Diptera, Heleidae) // Entomologicheskoe obozrenie. 1959. № 38 (4). S. 774–789
2. Gluhova V.M. Krovososushchie mokricy roda *Culicoides* i *Forcipomyia* (Ceratopogonidae). Leningrad: Nauka, 1989. 406 s.
3. Gluhova V.M. O gonotroficheskom cikle u mokrecov s. *Culicoides* (Diptera, Heleidae) v Karel'skoj ASSR. O gonotroficheskikh ciklah karlikov *Culicoides* (Diptera, Heleidae) v Karel'skoj ASSR. Parazitol.sb. // Zool.in-ta AN SSSR, 1958. № 18. S. 239–254.
4. Detinova T.S., Rasnicyn S.P. Unifikaciya metodov ucheta chislennosti krovososushchih dvukrylyh nasekomyh // Medicinskaya parazitologiya. 1978. № 47 (5). S. 84–92.

5. Mirzaeva A.G. O faune mokrecov Priob'ya // Trudy Biologicheskogo instituta Sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR, 1963. S. 82–87.
6. Mirzaeva A.G. Krovososushchie mokrecy (Diptera, Ceratopogonidae) Tunkinskoj kotloviny. Novosibirsk: Nauka, 1974. S. 110–115.
7. Sprygin A.V., Fedorova O.A., Babin Yu.Yu. i dr. Krovososushchie moshki (Diptera: Ceratopogonidae) i ih rol' v rasprostranenii blumtanga i boleznej Shmallenberg v Rossii. Agrobiologiya // Agricultural biology Uchrediteli: ANO Redakciya zhurnala "Sel'skokozyajstvennaya biologiya". 2015. № 50 (2) S. 183–197. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.2.183rus.
8. Sprygin A.V., Fedorova O.A., Babin Yu.Yu. i dr. Kolebaniya sezonnoj chislennosti moshkek Culicoides v Smolenskoj, Pskovskoj i Vladimirskoj oblastyah Zapadnoj Rossii v 2013 g. // Veterinaria Italiana. 2016. 52 (3-4). S. 231–234. doi: 10.12834/VetIt.254.2305.3
9. Filimonova S.A., Brodskaya N.K. Ul'trostrukturnoe issledovanie oogeneza krovososushchih mokrecov roda Culicoides Latr. (Diptera, Ceratopogonidae) // Entomol. Obozrenie. 1998. № 4. S. 737–752.
10. Lysyk T.J. Seasonal abundance, parity, and survival of adult Culicoides sonorensis (Diptera, Ceratopogonidae) in southern Alberta, Canada. Journal of Medical Entomology. 2007. Vol. 44. № 6. PP. 959–969. <https://doi.org/10.1093/jmedent/44.6.959>
11. Dyce A.L. The recognition of nulliparous and parous Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) without dissection // Austr. Ent. Soc. 8. 1969. PP. 11–15. doi: [10.1111/J.1440-6055.1969.tb00727](https://doi.org/10.1111/J.1440-6055.1969.tb00727)
12. Linley J.R. The ovarian cycle in Culicoides barbosa Wirth & Blanton and C. furens (Poey) (Diptera, Ceratopogonidae) // Bull. Entomol. Res. 57 (1). 1–17
13. Fiodorova O.A. Physiological age of female blood-sucking midges (Diptera, Ceratopogonidae) in the south of Tyumen oblast. Biosystems Diversity. 1966. Vol. 26. № 3. Pp. 179–182. DOI: 10.15421/011827.

УДК 595.771

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/104-109, EDN: KDDRAN

ВИДОВОЙ СОСТАВ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (*DIPTERA, CULICIDAE*) – ПЕРЕНОСЧИКОВ ТРАНСМИССИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕВАРТОВСКОГО РАЙОНА ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА*

**Маргарита Игоревна Серкова, младший научный сотрудник
Андрей Тимофеевич Роткин, младший научный сотрудник**

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук, г. Тюмень, Россия
E-mail: rita.serkowa@yandex.ru

Аннотация. В статье обобщены литературные данные и материалы собственных исследований о видовом составе кровососущих комаров на территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа, и установлены основные виды – переносчики различных инфекционных и инвазионных заболеваний человека и животных. За последние годы увеличивается заболеваемость туляремией среди населения ХМАО, переносчики которой – кровососущие комары. Из-за заболоченности и обводненности исследуемой территории, данная местность благоприятствует развитию комаров и распространению возбудителя заболеваний, в частности туляремии. Материал собирали на острове Шерм Нижневартовского района, на двух открытых биотопах (влажный луг, берег протоки). В результате исследований был составлен аннотированный список, включающий 34 вида кровососущих комаров, из которых 16 – обнаружено в ходе собственных сборов. Доминирующие виды – *Ae. (Och) communis* (ИД = 29%) и *Ae. (Och) punctator* (ИД = 20%). К настоящему моменту на исследуемой территории большая часть видов – потенциальные переносчики возбудителей различных трансмиссивных заболеваний человека и животных (туляремия, лихорадка Западного Нила, дирофиляриоз, омская геморрагическая лихорадка и другие). *Ae. (Och) communis*, *Ae. (Och) flavescens*, *Ae. (Och) cypricus*, *Ae. (Och) punctator*, *Ae. (Och) dorsalis*, *Ae. (Och) excrucians*, *Ae. vexans vexans* участвуют в распространении возбудителя туляремии.

Ключевые слова: кровососущие комары, фауна, переносчики, трансмиссивные заболевания, туляремия, ХМАО, Нижневартовский район

* Работа осуществлена в рамках темы Государственного задания Минобрнауки России № 121042000066-6 «Изучение и анализ эпизоотического состояния по болезням инвазионной этиологии сельскохозяйственных и непродуктивных животных, пчел и птиц, изменения видового состава и биоэкологических закономерностей цикла развития паразитов в условиях смещения границ их ареалов» / The work was carried out within the framework of the topic of the State Task of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 121042000066-6 “Study and analysis of the epizootic state for diseases of invasive etiology of agricultural and unproductive animals, bees and birds, changes in species composition and bioecological patterns of the parasite development cycle in conditions of shifting the boundaries of their ranges”.

SPECIES COMPOSITION OF BLOOD-SUCKING MOSQUITOES (*DIPTERA, CULICIDAE*)
ARE CARRIERS OF VECTOR-BORNE DISEASES
IN THE NIZHNEVARTOVSK DISTRICT
OF THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG

M.I. Serkova, *Junior Researcher*

A.T. Rotkin, *Junior Researcher*

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology –
Branch of Federal State Institution Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch
of the RAS, Tyumen, Russia
E-mail: rita.serkowa@yandex.ru

Abstract. The article summarizes the literature data and materials of our own research on the species composition of blood-sucking mosquitoes in the territory of the Nizhnevartovsk district of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug and establishes the main species – vectors of various infectious and invasive diseases of humans and animals. Over the last few years, there has been a tendency for an increase in the incidence of tularaemia among the population of Khanty-Mansi Autonomous Okrug, which is carried by various species of blood-sucking mosquitoes. Due to swampy and waterlogged territory of the study area, this terrain is favorable for the development of mosquitoes and the spread of the pathogen, in particular tularaemia. Own collections were made on the island Sherm, Nizhnevartovsk district, in two open biotopes – a wet meadow and the bank of a stream. The studies resulted in an annotated list including 34 species of blood-sucking mosquitoes, of which 16 were found during own collections. The dominant species were *Ae. (Och) communis* (ID = 29%) and *Ae. (Och) punctor* (ID = 20%). A new species, *Ae. (Och) subdiversus*, not previously found in the area, was found. Most of the species found so far in the study area are potential vectors of various vector-borne human and animal diseases, such as tularaemia, West Nile fever, dirofilariasis, Omsk hemorrhagic fever, etc. *Ae. (Och) communis*, *Ae. (Och) flavescens*, *Ae. (Och) cyprius*, *Ae. (Och) punctor*, *Ae. (Och) dorsalis*, *Ae. (Och) excrucians*, *Ae. vexans vexans* are involved in the spread of tularaemia pathogen.

Keywords: blood-sucking mosquitoes, fauna, vectors, vector-borne diseases, tularaemia, Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Nizhnevartovsk district

Кровососущие комары (*Diptera, Culicidae*) – двукрылые насекомые комплекса «гну́с», питающиеся кровью млекопитающих и птиц, участвуют в переносе различных инвазионных и инфекционных заболеваний (дирофиляриоз, туляремия, лихорадка Западного Нила, сетариоз, малярия и другие). [13]

Территория России – эндемичная для большинства трансмиссивных инфекций, переносимых кровососущими насекомыми. Потепление климата способствует улучшению жизненных условий для комаров и смещению границ ареалов переносчиков и связанных с ними возбудителей в более северные регионы России. [1]

В последние десятилетия наблюдается рост заболеваемости туляремией среди населения в Ханты-Мансийском автономном округе, переносчики которой – комары рода *Aedes*, *Culex*, *Coquillettidia* и *Culiseta*. Данные представители могут не только механически передавать возбудителя туляремии – бактерии *Francisella tularensis*, но и сохранять его в период развития взрослой особи из личинок, заражение которых происходит в инфицированной воде. Поэтому частота возникновения вспышек туляремии коррелирует с периодом массового лёта кровососущих комаров. Изучение региональной фауны данных насекомых – важная часть контроля эпидемиологической ситуации по трансмиссивным инфекциям. [3, 4, 6] Способность передавать возбудителя туляремии в России доказана в отношении таких видов, как *Ae. vexans*, *Ae. caspius*, *Ae. lutescens*, *Ae. communis*, *Ae. cinereus*, *Ae. punctor*, *Cx. modestus*, *Cx. pipiens*, *Anopheles hyrcanus*, *An. maculipennis*, *Coq. richiardii*. [4]

В Ханты-Мансийском автономном округе фаунистические исследования проводила Л.П. Кухарчук в 1980 году, она зафиксировала в Нижневарттовском районе 21 вид кровососущих комаров. [5]

После длительного перерыва в изучении фауны кулицид на территории ХМАО, в 2006 году были опубликованы данные Н.В. Николаевой и А.В. Гилева, в результате которых видовой состав комаров Ханты-Мансийского автономного округа расширился до 34 видов (*Aedes* – 28), (*Culex* – 3), (*Culiseta* – 2), (*Coquillettidia* – 1). [8] В настоящий момент фауна комаров на территории Нижневарттовского района остается не изученной.

Цель работы – обновление данных о составе кровососущих комаров на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Фаунистические исследования проводили летом 2021 года в Нижневарттовском районе (остров Шерм), расположенном на Западно-Сибирской равнине, в подзоне средней тайги. Вследствие климатических и ландшафтно-экологических особенностей территории города Нижневарттовск (сильная заболоченность и обводненность), местность благоприятна для развития комаров и распространения возбудителей туляремии.

Имаго кровососущих комаров собирали энтомологическим сачком со съёмными мешочками, методом, описанным С.П. Расницыным и В.А. Косовских. [12] Отлавливали во II-й декаде июля, $t = 21^{\circ}\text{C}$, скорость ветра – 1 м/с. Районы исследования – открытые биотопы (влажный луг и берег протоки).

Видовой состав отловленных кровососущих комаров устанавливали при помощи определительных таблиц [5], степень доминирования – по шкале Скрипченко, согласно которой доминирующие особи разделили на группы: эудоминанты (ИД > 30%), доминанты (15...30%), субдоминанты (5...15%), редкие (1...5%) и крайне редкие (ИД < 1%). [2]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Составлен аннотированный список 34 видов кровососущих комаров, обитающих на территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа. В него вошли виды, отмеченные в ходе собственных сборов и взятые из литературных источников.

1. *Anopheles messeae* (Falleroni, 1926). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Поздневесенний вид. Личинки развиваются в водоемах, заросших растительностью, поймах рек. Самки имаго могут зимовать в подвальных помещениях, откуда нападают целый год. В году два-три поколения. Вылет – с I декады июня до середины августа. [5, 14] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик малярии, туляремии.

2. *Anopheles beklemishevi* (Stegniy et Kabanova, 1976). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Летний вид. Личинки развиваются во временных и постоянных водоемах, заросших растительностью, в чистой или загрязненной воде. Встречается редко. [9] Сходен в *Anopheles messeae*. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик малярии, омской геморрагической лихорадки.

3. *Aedes (Ochlerotatus) communis* (De Geer, 1776). Материал: ♀163 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀71 экз. – влажный луг; ♀92 экз. – берег). Массовый вид (ИД = 29%). Ареал: Голарктика. Ранневесенний моноциклический вид, выплод которого находится во временных водоемах, заболоченных рямах. [7] Лёт наблюдается в вечернее и утреннее время при температуре 10...20°C. Имаго встречаются с середины мая по конец августа. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии.

4. *Aedes (Ochlerotatus) flavescens* (Müller, 1764). Материал: ♀22 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀8 экз. – влажный луг; ♀14 экз. – берег). Редкий вид (ИД = 4%). Ареал: Голарктика. Средневесенний вид. Лёт с конца мая по сентябрь. Одно поколение в году. Личинки развиваются во временных водоемах, хорошо прогреваемых солнцем. [5] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, дифиляриоза, омской геморрагической лихорадки.

5. *Aedes (Ochlerotatus) hexodontus* (Dyar, 1916). Материал: ♀49 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀18 экз. – влажный луг; ♀31 экз. – берег). Субдоминант (ИД = 10%). Ареал: Голарктика. Ранневесенний, моноциклический вид. Развитие преимагинальных фаз происходит в болотах, водоемах с растительностью, временных водоемах, образованных талыми водами, при температуре от 0°C. [9]

6. *Aedes (Ochlerotatus) behningi* (Martini, 1926). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Поздневесенний, моноциклический вид. Вылет имаго отмечается с середины июня и заканчивается в конце июля. Места выплода – заболоченные водоемы, каналы. [5, 14]

7. *Aedes (Ochlerotatus) cyprius* (Ludlow, 1920). Материал: ♀71 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀32 экз. – влажный луг; ♀41 экз. – берег). Субдоминант (ИД = 12%). Ареал: Палеарктика. Средневесенний вид. Личинки развиваются чаще в водоемах с илистым дном. Лёт – с III декады мая до I декады августа. Одно поколение в году. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии.

8. *Aedes (Ochlerotatus) cantans* (Meigen, 1818). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Поздневесенний, моноциклический вид. Выплод – в заросших водоемах, болотах, канавах. Лёт – с середины июня по II декаду августа с пиком активности в конце июня. [9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик лихорадки Западного Нила.

9. *Aedes (Ochlerotatus) caspius* (Pallas, 1771). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Полициклический вид. Первый вылет имаго отмечается во II декаде мая. Последние особи обнаруживаются в конце августа. Личинки развиваются во временных водоемах, расположенных в пойменных лугах. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, лихорадки Тягина.

10. *Aedes (Ochlerotatus) cataphylla* (Dyar, 1916). Материал: ♀2 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм, влажный луг. Крайне редкий вид (ИД = 0,3%). Ареал: Голарктика. Образ жизни: ранневесенний моноциклический. Выплод – во временных водоемах. Лёт – с конца мая по конец августа. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик калифорнийского энцефалита, лихорадки Западного Нила.

11. *Aedes (Ochlerotatus) pullatus* (Coquillett, 1904). Материал: ♀38 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀22 экз. – влажный луг; ♀8 экз. – берег). Субдоминант (ИД = 6%). Ареал: Голарктика. Весенне-летний вид. Развиваются личинки в различных типах водоемов. Одно поколение в году. Лёт начинается в конце мая и заканчивается в конце августа.

12. *Aedes (Ochlerotatus) implicatus* (Vockeroth, 1954). Материал: ♀6 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀6 экз. – влажный луг; ♀2 экз. – берег). Редкий вид (ИД = 1%). Ареал: Голарктика. Редкий вид. Выплод – в водоемах с илистым дном, на заболоченных участках. Лёт имаго – с I декады июня до середины августа. [9]

13. *Aedes (Ochlerotatus) impiger* (Walker, 1848). Материал: не обнаружен. Ареал: Голарктика. Ранневесенне-летний вид. Выплод – на торфяных болотах или во временных водоемах. Первый вылет имаго – во II декаде мая, последний – в начале августа. Одно поколение в году. [5, 9]

14. *Aedes (Ochlerotatus) cinereus* (Meigen, 1813). Материал: не обнаружен. Ареал: Голарктика. Развитие личинок происходит со II декады июня до конца июля, лёт – с III декады июня до середины августа. Места выплода – различные временные водоемы. Несколько поколений в году. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, лихорадки Западного Нила, калифорнийского энцефалита, восточного энцефалита лошадей, омской геморрагической лихорадки.

15. *Aedes (Ochlerotatus) riparius* (Dyar et Knab, 1907). Материал: не обнаружен. Ареал: Голарктика. Выплод – в заросших водоемах, на торфяных болотах. Вылет имаго в начале июня–середине августа, одно поколение в году. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик калифорнийского энцефалита.

16. *Aedes (Ochlerotatus) punctor* (Kirby, 1837). Материал: ♀112 экз. Нижневартовский р-н, о. Шерм (♀45 экз. – влажный луг; ♀67 экз. – берег). Доминантный вид (ИД = 20%). Ареал: Голарктика. Личинки развиваются в низинных, торфяных болотах,

временных водоемах, лужах, канавах. Холодолюбивый ранневесенний вид. Лёт наблюдается с конца мая до конца августа. Возможно несколько поколений в году. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, дирофиляриоза, лихорадки Западного Нила, японского энцефалита.

17. *Aedes (Ochlerotatus) sticticus* (Meigen, 1813). Материал: ♀1 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм, влажный луг. Крайне редкий вид (ИД = 0,2%). Арал: Голарктика. Весенне-летний вид. Выплод личинок — во временных водоемах, заболоченностях. Возможно несколько поколений в году. [15] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик дирофиляриоза, лимфоцитарного хориоменингита, лихорадки Тягиня.

18. *Aedes (Ochlerotatus) intrudens* (Dyar, 1919). Материал: ♀49 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм (♀19 экз. — влажный луг; ♀30 экз. — берег). Субдоминантный вид (ИД = 8,5%). Арал: Голарктика. Образ жизни: ранневесенний. Личинки развиваются во временных водоемах, образованных талыми водами, заболоченных рямах. Вылет имаго — с мая до конца августа, пик активности — конец июня — II декада июля. Одно поколение в году. [5, 9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик дирофиляриоза.

19. *Aedes (Ochlerotatus) leucomelas* (Meigen, 1804). Материал: ♀5 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм, влажный луг. Крайне редкий вид (ИД = 0,9%). Арал: Палеарктика. Ранневесенний моноциклический вид. Выплод в заболоченностях и зарослях тростника. Лёт имаго фиксируется в период с начала мая по сентябрь. [9]

20. *Aedes (Ochlerotatus) diantaeus* (Howard, Dyar et Knab, 1913). Материал: ♀30 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм (♀22 экз. — влажный луг; ♀8 экз. — берег). Субдоминантный вид (ИД = 5%). Арал: Голарктика. Образ жизни: поздневесенний моноциклический. Биотоп развития — болота и временные водоемы, образованные талыми водами. Лёт наблюдается с III-й декады июня до середины августа. [9]

21. *Aedes (Ochlerotatus) dorsalis* (Meigen, 1830). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Ранневесенний вид, выплод которого находится как в пресных, так и соленых водоемах, хорошо прогреваемых до температуры 20°C. Лёт начинается с конца апреля и продолжается до конца августа. [10] Несколько поколений в году. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, дирофиляриоза, японского энцефалита, калифорнийского энцефалита, лихорадки Западного Нила, Восточного энцефалита лошадей.

22. *Aedes (Ochlerotatus) excrucians* (Walker, 1856). Материал: ♀10 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм (♀3 экз. — влажный луг; ♀7 экз. — берег). Редкий вид (ИД = 2%). Арал: Голарктика. Образ жизни: средневесенний моноциклический. Биотопы развития личинок — небольшие временные водоемы, заболоченности. Имаго активны с конца мая до середины августа. Возможно несколько поколений в году. [9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, лихорадки Западного Нила, клещевого энцефалита, омской геморрагической лихорадки.

23. *Aedes (Ochlerotatus) euedes* (Howard, Dyar et Knab, 1913). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Весенне-летний моноциклический вид. Выплод — во временных водоемах, на заболоченных участках. [5] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик омской геморрагической лихорадки.

24. *Aedes (Ochlerotatus) subdiversus* (Martini, 1926). Материал: ♀2 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм, влажный луг. Крайне редкий вид (ИД = 0,3%). Арал: Голарктика. Образ жизни: ранневесенний моноциклический. Личинки встречаются во временных водоемах, образованных талыми водами, болотах. [5] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик омской геморрагической лихорадки.

25. *Aedes (Ochlerotatus) pionips* (Dyar, 1919). Материал: ♀1 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм, берег. Крайне редкий вид (ИД = 0,2%). Арал: Голарктика. Образ жизни: летний. Развитие личинок происходит на заболоченных участках, образованных в период половодья рек. Имаго встречаются с конца мая до середины августа, одно поколение в году. [9]

26. *Aedes (Ochlerotatus) nigrinus* (Eckstein, 1918). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Редкий, поздневесенний вид. Личинки развиваются в луговых водоемах с травянистой растительностью, одно поколение в году. [9]

27. *Aedes (Ochlerotatus) nigripes* (Zetterstedt, 1838). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Редкий, ранневесенний моноциклический вид. Биотоп развития — водоемы с илистым дном, торфяные болота. [9]

28. *Aedes vexans vexans* (Meigen, 1830). Материал: ♀1 экз. Нижневартковский р-н, о. Шерм, влажный луг. Крайне редкий вид (ИД = 0,2%). Арал: Голарктика. Образ жизни: весенний, полициклический. Личинки развиваются в открытых, хорошо прогреваемых водоемах. Имаго активны в течение всего лета. [9, 14] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, лимфоцитарного хориоменингита, лихорадки Западного Нила, Тягиня, омской геморрагической лихорадки.

29. *Culex (Barraudius) modestus* (Ficalbi, 1890). Материал: не обнаружен. Арал: Палеарктика. Развитие личинок происходит в заросших водоемах, заболоченных участках. Имаго держатся у мест выплода. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии.

30. *Culex pipiens pipiens* (Linnaeus, 1758). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Личинки встречаются в искусственных водоемах с чистой или загрязненной водой, заболоченных участках. В середине августа-начале сентября наблюдается подъем численности комаров. [11] Самки имаго могут зимовать в жилых помещениях или подвалах, встречаются на протяжении всего года. Медицинское и ветеринарное значение: переносчик туляремии, японского энцефалита.

31. *Culiseta (Culicella) morsitans* (Theobald, 1901). Материал: не обнаружен. Арал: Палеарктика. Летний, моноциклический вид. Личинки развиваются в заболоченных водоемах, канавах. [9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик вируса Карельской лихорадки.

32. *Culiseta (Culiseta) alaskaensis* (Ludlow, 1906). Материал: не обнаружен. Арал: Голарктика. Летний вид. Выплод — во временных пойменных водоемах.

Самки имаго зимуют в подвальных помещениях, несколько поколений в году. [9]

33. *Culiseta (Culiseta) bergrothi* (Edwards, 1921). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Летний полициклический вид. Выплод личинок — в водоемах с загрязненной водой. Зимовка на стадии имаго, активны при низкой температуре от 2°C. [5, 9]

34. *Coquillettidia (Coquillettidia) richiardii* (Ficalbi, 1889). Материал: не обнаружен. Ареал: Палеарктика. Летний, теплолюбивый, полициклический вид. Личинки развиваются в водоемах, заросших водной растительностью. Самки обладают автогенностью — могут развивать первую кладку яиц еще до кровососания. [9] Медицинское и ветеринарное значение: переносчик лихорадки Западного Нила, омской геморрагической лихорадки.

Выводы. По результатам проведенных исследований, на территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа распространено 34 вида кровососущих комаров, из которых 16 — обнаружено нами. Доминирующие виды — *Ae. (Och) communis* и *Ae. (Och) punctor*. Дополнительно к ранее известным добавился — *Ae. (Och) subdiversus*.

Проведенный анализ литературных данных показал, что 13 из 16 видов, обнаруженных к настоящему моменту на исследуемой территории, — потенциальные переносчики возбудителей различных инфекционных и инвазионных заболеваний человека и животных. Отловленные виды *Ae. (Och) communis*, *Ae. (Och) flavescens*, *Ae. (Och) cyprius*, *Ae. (Och) punctor*, *Ae. (Och) dorsalis*, *Ae. (Och) excrucians*, *Ae. vexans vexans* — потенциальные переносчики туляремии. [4]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баранова И.С., Липухин Д.Н. Влияние климатических изменений на географию некоторых кровососущих переносчиков инфекций // В сб.: Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов. Мат. Всерос. науч.-практ. конф., Екатеринбург. 2021. С. 236–242. doi: 10.26170/KFG-2021-34
2. Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М.: Наука, 1970
3. Бээр С.А. Паразитизм // Природа. 1996. № 12.
4. Козлова И.И., Пахотина В.А., Кашапов Н.Г. и др. Эпидемиолого-эпизоотологическая характеристика туляремии в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре // Профилактическая и клиническая медицина. 2016. № 3 (60). С. 33–42. ISSN: 2074-9120
5. Кудрявцева Т.Ю., Мокриевич А.Н. Участие комаров в циркуляции возбудителя туляремии в природных очагах // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 2020. № 1. С. 34–42. doi: 10.33092/0025-8326mp2020.1.34-25
6. Кухарчук Л.П. Экология кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. 232 с.
7. Малышева Н.С., Гладких К.А. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) как возможное звено в трансмиссии возбудителей некоторых заболеваний человека на территории Курской области // Auditorium, № 4 (4). 2014. С. 43–50. eISSN: 2312-4180
8. Медведев С.Г., Айбулатов С.В., Панюкова Е.В. Экологические особенности и распространение комара *Aedes communis* (De Geer, 1776) на территории Северо-Запада европейской части России // Паразитология. 2010. Т. 44. № 5. С. 441–460. ISSN: 0031-1847.

9. Николаева Н.В., Гилев А.В. Эколого-эпидемиологическая оценка биоразнообразия кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Урала и Западной Сибири // Энтомологические исследования в Северной Азии: мат. 7 Межрег. совещ. энтомологов Сибири и Дальнего Востока в рамках Сибирской зоологической конф. (Новосибирск, 20–24 сентября 2006 г.). Новосибирск. 2006. С. 411.
10. Панюкова Е.В., Остроушко Т.С. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae). Litres, 2022.
11. Панюкова Е.В., Шадрин Д.М., Ахраменко Д.В. Экологические и морфологические особенности кровососущего комара *Aedes dorsalis* (Meigen, 1830) на территории России и стран ближнего зарубежья // Принципы экологии. 2020. № 2 (36). С. 71–86. ISSN: 2304-6465.
12. Пестов С.В., Панюкова Е.В. Ландшафтно-зональное распределение кровососущих комаров и слепней (Diptera: Culicidae, Tabanidae) на северо-востоке Русской равнины // Паразитология. 2013. Т. 47. № 4. С. 320–332. ISSN: 0031-1847.
13. Расницын С.П., Косовских В.П. Усовершенствованный метод учета обилия комаров сачком вокруг человека и сравнение его с учетом темным колоколом // Медицинская паразитология. 1979. № 1. С. 18–24.
14. Рославцева С.А. Роль кровососущих комаров в передаче возбудителей инфекционных заболеваний человека // Пест-Менеджмент. 2009. № 1-2. С. 42–48. ISSN: 2076-8462.
15. Халин А.В., Айбулатов С.В. Фауна кровососущих насекомых комплекса гнуса (Diptera) северо-западного региона России. III. Кровососущие комары (Culicidae) // Паразитология. 2019. Т. 53. № 4. С. 307–341. doi: 10.1134/S0031184719040045.
16. Lundström J.O., Schäfer M.L., Kittayapong P. Ecology, behaviour and area-wide control of the floodwater mosquito *Aedes sticticus*, with potential of future integration of the sterile insect technique // Area-Wide Integrated Pest Management. CRC Press, 2021. 433–459.

REFERENCES

1. Baranova I.S., Lipuhin D.N. Vliyaniye klimaticheskikh izmeneniy na geografiyu nekotorykh krovososushchih perenoschikov infekcij // V sb.: Klimaticheskie izmeneniya i sezonnaya dinamika landshaftov. Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. Ekaterinburg. 2021. S. 236–242. doi: 10.26170/KFG-2021-34
2. Beklemishev V.N. Biocenoticheskie osnovy sravnitel'noj parazitologii. M.: Nauka, 1970
3. Beer S.A. Parazitizm // Priroda. 1996. № 12.
4. Kozlova I.I., Pahotina V.A., Kashapov N.G. i dr. Epidemiologo-epizootologicheskaya harakteristika tulyareмии v Hanty-Mansijskom avtonomnom okruge — Yugre // Profilakticheskaya i klinicheskaya medicina. 2016. № 3 (60). S. 33–42. ISSN: 2074-9120
5. Kudryavceva T.Yu., Mokrievich A.N. Uchastie komarov v cirkulyacii vzbuditelya tulyareмии v prirodnyh ochagah // Medicinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni. 2020. № 1. S. 34–42. doi:10.33092/0025-8326mp2020.1.34-25
6. Kuharchuk L.P. Ekologiya krovososushchih komarov (Diptera, Culicidae) Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1981. 232 s.
7. Malysheva N.S., Gladkih K.A. Krovososushchie komary (Diptera: Culicidae) kak vozmozhnoe zveno v transmissii vzbuditel'ey nekotorykh zabozevanij cheloveka na territorii Kurskoj oblasti // Auditorium, № 4 (4). 2014. S. 43–50. eISSN: 2312-4180
8. Medvedev S.G., Ajbulatov S.V., Panyukova E.V. Ekologicheskie osobennosti i rasprostranenie komara *Aedes*

- communis (De Geer, 1776) na territorii Severo-Zapada evropejskoj chasti Rossii //Parazitologiya. 2010. T. 44. № 5. S. 441–460. ISSN: 0031-1847.
9. Nikolaeva N.V., Gilev A.V. Ekologo-epidemiologicheskaya ocenka bioraznoobraziya krovososushchih komarov (Diptera, Culicidae) Urala i Zapadnoj Sibiri //Entomologicheskie issledovaniya v Severnoj Azii: mat. 7 Mezhhreg. soveshch. entomologov Sibiri i Dal'nego Vostoka v ramkah Sibirskoj zoologicheskoy konf. (Novosibirsk, 20–24 sentyabrya 2006 g.). Novosibirsk. 2006. S 411.
 10. Panyukova E.V., Ostroushko T.S. Krovososushchie komary (Diptera: Culicidae). Litres, 2022.
 11. Panyukova E.V., SHadrin D.M., Ahramenko D.V. Ekologicheskie i morfologicheskie osobennosti krovososushchego komara Aedes dorsalis (Meigen, 1830) na territorii Rossii i stran blizhnego zarubezh'ya //Principy ekologii. 2020. № 2 (36). S. 71–86. ISSN: 2304-6465.
 12. Pestov S.V., Panyukova E.V. Landshaftno-zonal'noe raspredelenie krovososushchih komarov i slepnej (Diptera: Culicidae, Tabanidae) na severo-vostoke Russkoj ravniny //Parazitologiya. 2013. T. 47. № 4. S. 320–332. ISSN: 0031-1847.
 13. Rasnicyn S.P., Kosovskih V.P. Uovershenstvovannyj metod ucheta obiliya komarov sachkom vokrug cheloveka i sravnenie ego s uchetoj temnym kolokolom // Medicinskaya parazitologiya. 1979. № 1. S. 18–24.
 14. Roslavceva S.A. Rol' krovososushchih komarov v peredache vzbuditelej infekcionnyh zabolevanij cheloveka //Pest-Menedzhment. 2009. № 1-2. S. 42–48. ISSN: 2076-8462.
 15. Halin A.V., Ajbulatov S.V. Fauna krovososushchih nasekomyh kompleksa gnusa (Diptera) severo-zapadnogo regiona Rossii. III. Krovososushchie komary (Culicidae) // Parazitologiya. 2019. T. 53. № 4. S. 307–341. doi: 10.1134/S0031184719040045.
 16. Lundström J.O., Schäfer M.L., Kittayapong P. Ecology, behaviour and area-wide control of the floodwater mosquito Aedes sticticus, with potential of future integration of the sterile insect technique //Area-Wide Integrated Pest Management. CRC Press, 2021. 433–459.

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.317

DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/109-112, EDN: KDFEEE

**ВЛИЯНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ
НА ПЛОДОРОДИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ БУРЯТИИ**

Сергей Сергеевич Калашников, кандидат технических наук

Даба Нимаевич Раднаев, доктор технических наук

Александр Сергеевич Пехутов, доктор технических наук

Дамдин Булатович Лабаров, доктор технических наук

Мунко Базарович Балданов, кандидат технических наук

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,

г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

E-mail: goodron@yandex.ru

Аннотация. В условиях интенсивного земледелия использование мобильных энергетических средств приводит к снижению плодородия почвы. При технологических операциях движители тракторов оказывают на нее механическое воздействие. Чтобы провести исследования, связанные с переуплотнением почвы, были спроектированы и изготовлены тензометрические мембраны для измерения давления колес трактора на почву, которые монтировали в трех точках одного из почвозацепов шины. В работе представлены результаты проведенных опытов по оценке уплотняющего воздействия движителей тракторов различных марок (МТЗ-82, Т-150К, К-701) на почву в природно-климатических условиях Республики Бурятия. Выявлено, что проход трактора по полю существенно влияет на физико-механические свойства каштановых почв супесчаного легкосуглинистого механического состава. Максимально плотность почвы после прохода тракторов увеличивается на 0,31 г/см³, а ее пористость снижается на 10–12%. Полученные данные позволяют сделать вывод, что при правильном подборе давления воздуха в шинах можно обеспечить выравнивание давлений по ширине площади контакта колеса с почвой, тем самым уменьшить уплотняющее воздействие на почву движителей колесного трактора при выполнении сельскохозяйственных работ на каштановых почвах Республики Бурятия.

Ключевые слова: переуплотнение почвы, трактор, движитель, пшеница, давление в шинах

**INFLUENCE OF TRACTORS UNDERCARRIAGE
ON THE FERTILITY OF CHESTNUT SOILS IN BURYATIA**

S.S. Kalashnikov, PhD in Engineering Sciences

D.N. Radnaev, Grand PhD in Engineering Sciences

A.S. Pekhutov, Grand PhD in Engineering Sciences

D.B. Labarov, Grand PhD in Engineering Sciences

M.B. Baldanov, PhD in Engineering Sciences

Philippov V.R the Buryat State Academy of Agriculture, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

E-mail: goodron@yandex.ru

Abstract. In conditions of intensive farming, mobile energy vehicles, which are designed to increase crop yields, on the contrary, lead to a decrease in soil fertility. When carrying out technological operations, the soil acts as a bearing base for tractor propellers, which have

a significant mechanical effect on it. The analysis of the obtained data presented in the article showed that the search for the optimal tire pressure is an urgent problem in intensive farming. To conduct research related to soil compaction, strain-gauge membranes were designed and manufactured to measure the pressure of the tractor wheels on the soil, which were mounted at three points of one of the tire lugs. The paper presents the results of the experiments carried out to assess the compacting effect of tractor propellers of various brands (MTZ-82, T-150K, K-701) on the yield of spring wheat in the natural and climatic conditions of the Republic of Buryatia. It was revealed that the passage of the tractor across the field significantly affects the physical and mechanical properties of chestnut soils of sandy loamy light loamy mechanical composition. The maximum increase in soil density after the passage of tractors reaches 0.31 g/cm^3 , and its porosity decreases by 10–12%. As a result, data have been obtained that allow us to conclude that by properly selecting the air pressure in the tires, it is possible to ensure equalization of the pressures across the width of the area of contact between the wheel and the soil, thereby reducing the compacting effect on the soil of the wheel tractor propellers when performing agricultural work on chestnut soils of the Republic of Buryatia.

Keywords: soil compaction, tractor, mover, wheat, tire pressure

Один из основных путей повышения производства сельскохозяйственной продукции – сохранение и улучшение плодородия почвы. Интенсивная форма ведения сельскохозяйственного производства требует применения на полях мощных высокопроизводительных сельскохозяйственных машин, орудий повышенной массы. Это приводит к увеличению механического воздействия их ходовых систем на почву, что отрицательно влияет на плодородие. [2, 5, 6, 8] Урожайность зерновых культур из-за переуплотнения почвы снижается на 20...25%, этот отрицательный эффект длится три-четыре года. [3]

Для успешного решения проблемы уменьшения уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву необходимо проводить комплексные исследования.

Цель работы – оценить влияние уплотнения почвы от воздействия движителей тракторов различных марок (MTZ-82, T-150K, K-701) на урожайность яровой пшеницы в природно-климатических условиях Республики Бурятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория республики относится к засушливой зоне. Общая площадь пашни превышает 1 млн га, преобладающая ее часть представлена почвами легкого механического состава (супесчаные и легкосуглинистые). Объемная масса почвы в верхних гумусовых слоях – $1,27...1,48 \text{ г/см}^3$, удельная – $2,44... 2,69 \text{ г/см}^3$. Влажность почвы пахотного горизонта – 10...15%, пористость – 47,9...52,4%. [1]

Опыты по оценке уплотняющего воздействия движителей тракторов (MTZ-82, T-150K, K-701) на урожайность яровой пшеницы проводили в течение трех лет на делянках размером $30 \times 50 \text{ м}$ на по-

лях ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА. Перед посевом каждый участок (кроме контрольного) подвергали сплошному однократному или двукратному прикатыванию движителями тракторов указанных марок, а затем засевали пшеницей *Бурятская-79*. Сроки посева, норма высева и глубина заделки семян соответствовали принятым агротехническим требованиям. До и после прохода каждого трактора проводили отбор проб почвы по методу Н.А. Качинского для последующего определения влажности и объемной массы. Твердость почвы устанавливали твердомером Ревякина.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ данных показал (табл. 1), что на опытных участках, по сравнению с контрольным произошло снижение урожайности пшеницы. При этом максимальное ее уменьшение наблюдали на участках, прикатанных трактором K-701. При двукратном прикатывании почвы этим же трактором урожайность падала еще ниже. Следовательно, каждый лишний проход трактора по одному и тому же участку поля приводит к дополнительным потерям урожая.

Снижение урожайности яровой пшеницы на прикатанных участках – результат увеличения плотности почвы в пахотном и подпахотном горизонтах.

Повышение плотности почвы приводит к уменьшению ее пористости, в результате чего нарушаются водный и биохимический режимы, затрудняется развитие растений (табл. 2).

Поскольку наибольшее снижение урожайности пшеницы от уплотнения почвы движителями тракторов были получены на участках, прикатанных трактором K-701, были проведены дополнительные экспериментальные исследования взаимодействия с почвой ходовой системы этого трактора в условиях, близких к рядовой эксплуатации. Экспериментальный трактор K-701 агрегатировали с культиваторами КПШ-9, КПЭ-3,8 и зерновой сеялкой СЗС-2,1. Для измерения давления колес трактора на почву были спроектированы и изготовлены тензометрические мембраны, которые монтировали в трех точках одного из почвозацепов правой половины шины. Здесь же устанавливали мембрану между почвозацепами (рис. 1).

Один из основных показателей, определяющих уплотняющее воздействие ходовой системы МТА на почву, – максимальное давление q_{max} . [4, 7] Как показывают результаты экспериментальных исследований (рис. 2, 3), максимальные давления распре-

Таблица 1.
Влияние уплотняющего воздействия движителей тракторов на урожайность яровой пшеницы сорта Бурятская 79

Трактор	Кратность воздействия	Урожайность, %
Контроль	–	100
T-150K	1	75,09
MTZ-82	1	77,84
K-701 при давлении воздуха в шинах задних и передних колес, МПа:		
0,12 и 0,14	1	73,50
0,08 и 0,1	1	76,32
0,12 и 0,14	2	63,16

Таблица 2.
Влияние уплотняющего воздействия движителей тракторов на некоторые физико-механические свойства каштановых почв Республики Бурятия

Трактор	Масса трактора, кг	Почва			
		слой, м	влажность, %	плотность, г/см ³	пористость, %
Контроль		0...0,1	6,07	1,36	45,0
		0,1...0,2	8,06	1,42	42,6
		0,2...0,3	8,55	1,53	38,1
		0,3...0,4	8,52	1,53	38,1
МТЗ-82	3270	0...0,1	6,70	1,56	36,9
		0,1...0,2	7,67	1,58	36,1
		0,2...0,3	7,66	1,61	34,9
		0,3...0,4	6,99	1,62	34,5
Т-150К	7535	0...0,1	6,90	1,63	34,1
		0,1...0,2	8,05	1,70	31,1
		0,2...0,3	7,71	1,68	32,0
		0,3...0,4	7,07	1,66	32,8
К-701	13530	0...0,1	7,35	1,59	35,7
		0,1...0,2	8,09	1,73	30,0
		0,2...0,3	7,83	1,69	31,6
		0,3...0,4	6,76	1,66	32,8

деляются неравномерно по ширине и длине контакта колеса с почвой (0,25...0,35 МПа).

На величину q_{max} значительно влияет давление воздуха в шинах. При снижении давления воздуха в шинах трактора К-701 с 0,17 до 0,09 МПа уменьшается q_{max} (на 45...50%), и коэффициент неравномерности распределения давлений по всей контактной площади.

При давлении воздуха в шинах – 0,17...0,11 МПа эпюра давлений на почву в поперечной плоскости, проходящей через середину площади контакта колеса с почвой, имеет максимальное значение в средней части (рис. 3). По краям эпюры, которые находятся под плечевыми зонами протектора шины, давление значительно меньше. Подобная форма эпюры удельных давлений характерна и по другим поперечным сечениям площади контакта колеса с почвой. Поэтому при указанных значениях давления воздуха в шинах весовая нагрузка трактора

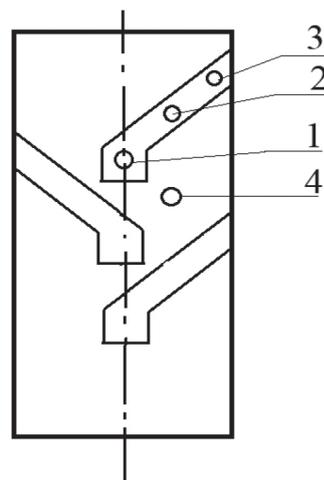


Рис. 1. Размещение датчиков давления: 1, 2, 3 – тензометрические мембраны на почвозацепах шины; 4 – мембрана между почвозацепами.

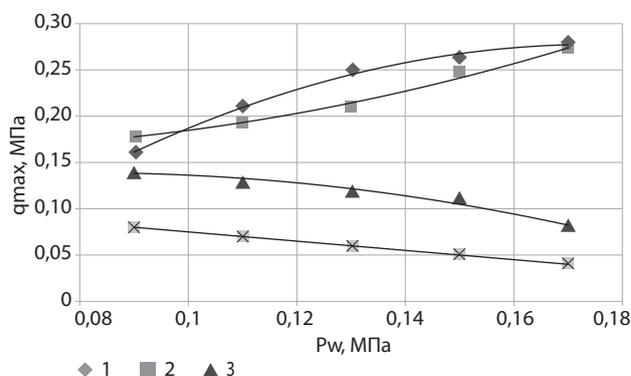


Рис. 2. Изменение максимальных давлений в пятне контакта колеса с почвой в зависимости от давления воздуха в шинах P_w : 1, 2, 3, 4 – давления, измеренные с помощью датчиков 1, 2, 3, 4 соответственно.

К-701 передается на почву в основном через средние элементы колеса. С понижением давления воздуха в шинах распределение давлений на почву по ширине колеса меняется.

Область максимальных давлений смещается в сторону плечевых зон протектора, а в ее средней

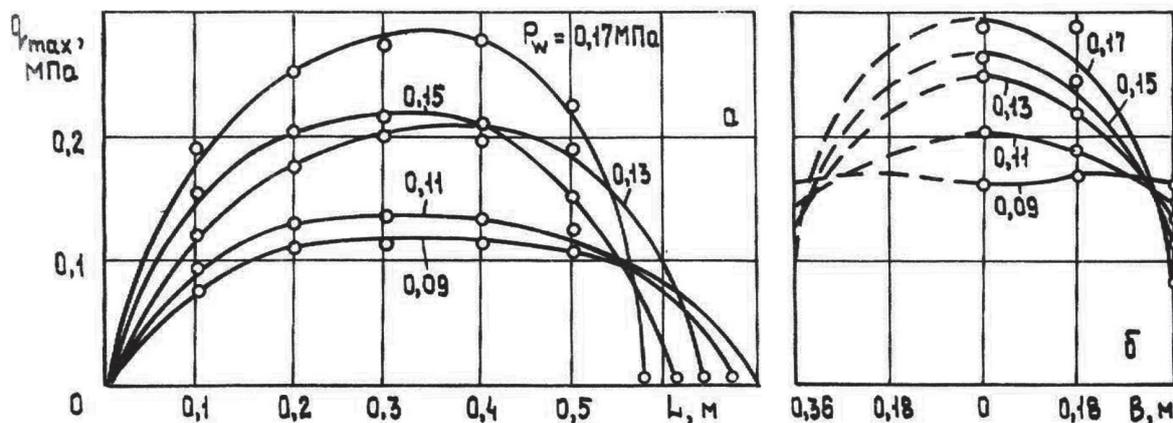


Рис. 3. Распределение удельных давлений вдоль продольной (а) и поперечной (б) осевых линий площади контакта колеса с почвой при разных давлениях воздуха в шинах.

части уменьшается, эпюра давлений принимает седловидную форму.

Таким образом, при правильном подборе давления воздуха в шинах можно обеспечить выравнивание давлений по ширине площади контакта колеса с почвой, тем самым уменьшить уплотняющее воздействие на почву движителей колесного трактора К-701.

Выводы. Проход трактора по полю существенно влияет на физико-механические свойства каштановых почв супесчаного легкосуглинистого механического состава влажностью 5...12% и твердостью 1,1...2,0 МПа. Максимальное увеличение плотности почвы после прохода тракторов достигает 0,31 г/см³, а ее пористость снижается на 10...12%.

По степени отрицательного воздействия на плодородие каштановых почв тракторы можно ранжировать: МТЗ-82, Т-150К, К-701. После их прохода урожайность яровой пшеницы снижается на 13...37%.

Подбором оптимального давления воздуха в шинах можно уменьшить максимальные давления почвы в два раза и значительно снизить коэффициент неравномерности их распределения по площади контакта колеса с почвой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ишигинов И. А. Агротомическая характеристика почв Бурятии. Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1972. С. 208.
2. Калашников, С.С., Пехутов А.С., Балданов М.Б. Оптимальное давление в шинах ходовых систем колесных тракторов // Устойчивое развитие сельских территорий и аграрного производства на современном этапе: Мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной Дню Российской науки. Изд. БГСХА. Улан-Удэ, 2022. С. 403–408.
3. Корбут А.В. Состояние и тенденция развития мобильных энергетических средств сельского хозяйства (обзорная информация). М.: ВНИИТЭИСХ, 1985.
4. Ксеневиц И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовые системы – почва – урожай. М.: Агропромиздат, 1985.
5. Лапик В.П., Французов В.С., Адылин И.П. Исследование уплотнения почвы МТА // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 35–37.
6. Раднаев Д.Н., Калашников С.С. Оптимизация технологических процессов растениеводства // Инженер-

но-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: Мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета. Улан-Удэ: Изд. БГСХА, 2016. С. 35–39.

7. Русанов В.А. Методы оценки системы движитель-опорное основание. Сб. науч. тр. ВИМ, 1984. Т. 2.
8. Усатов А.И. Способы снижения переуплотнения почвы сельскохозяйственной техникой // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: сб. статей II Всерос. науч.-практ. конф., Пенза, 20–21 июня 2020 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 233–236.

REFERENCES

1. Ishigenov I. A. Agronomicheskaya harakteristika pochv Buryatii. Ulan-Ude: Buryatskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972. S. 208.
2. Kalashnikov, S.S., Pekhutov A.S., Baldanov M.B. Optimal'noe davlenie v shinah hodovyh sistem kolesnyh traktorov // Ustojchivoe razvitie sel'skih territorij i agrarnogo proizvodstva na sovremennom etape: Mat. Mezhd. науч.-практ. конф., posvyashchennoj Dnyu Rossijskoj nauki. Izd. BGSKHA. Ulan-Ude, 2022. S. 403–408.
3. Korbut A.V. Sostoyanie i tendenciya razvitiya mobil'nyh energeticheskikh sredstv sel'skogo hoz'yajstva (obzornaya informaciya). M.: VNIITEISKH, 1985.
4. Ksenevich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. Hodovye sistemy – pochva – urozhaj. M.: Agropromizdat, 1985.
5. Lapik V.P., Francuzov V.S., Adylin I.P. Issledovanie uplotneniya pochvy MTA // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 1. S. 35–37.
6. Radnaev D.N., Kalashnikov S.S. Optimizaciya tekhnologicheskikh processov rastenievodstva // Inzhenerno-tekhnicheskie sistemy i energosberegayushchie tekhnologii v APK: Mat. Mezhd. науч.-практ. конф., posvyashchennoj 85-letiyu BGSKHA i 55-letiyu inzhenernogo fakul'teta. Ulan-Ude: Izd. BGSKHA, 2016. S. 35–39.
7. Rusanov V.A. Metody ocenki sistemy dvizhitel'-opornoe osnovanie. Sb. науч. tr. VIM, 1984. T. 2.
8. Usatov A.I. Sposoby snizheniya pereuplotneniya pochvy sel'skohozyajstvennoj tekhnikoj // Prirodopol'zovanie i ustojchivoe razvitie regionov Rossii: sbornik statej II Vseros. науч.-praktich. конф., Penza, 20–21 iyunya 2020 goda. Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. S. 233–236.