

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 2 — Март-Апрель — 2022
March-April

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 агроботехнологий 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. 1006
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 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), **Mansvelt, Jan Diek van** (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), **Sinegovskaja V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Jakushev 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. 1006
Tel.: +7 (495) 938 17-51, +7 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Содержание / Contents

● ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ / THEORETICAL INSIGHTS

- 4** Михайленко И.М., Якушев В.П. / *Mikhailenko I.M., Yakushev V.P.*
Информационно-техническая база интеллектуализации управления агротехнологиями / Information technology base of intellectualization of agrotechnology management

● АГРОНОМИЯ / AGRONOMY

Растениеводство и селекция / Crop production and selection

- 12** Зенкина К.В., Асеева Т.А. / *Zenkina K.V., Aseeva T.A.*
Оценка адаптивных свойств ярового тритикале в Хабаровском крае / Assessment of spring triticale adaptive features in Khabarovsk region
- 17** Зинковская Т.С., Рабинович Г.Ю., Анциферова О.Н. / *Zinkovskaya T.S., Rabinovich G. Yu., Antsiferova O.N.*
Влияние нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях регулирования водно-воздушного режима дерново-подзолистой почвы / A nanopreparations effect on spring wheat productivities under the conditions of the water-air regime regulation of soddy-podzolic soil
- 21** Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. / *Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G.*
Высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы *Маэстро* для Центрального Нечерноземья / The *Maestro* is the high productivity spring variety soft wheat for the Central Non-Chernozem Region
- 25** Левакова О.В., Костаньянц М.И. / *Levakova O.V., Kostan'yants M.I.*
Скрининг образцов озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области по засухоустойчивости / Screening of winter soft wheat samples in the Ryazan region conditions for drought resistance
- 29** Шихмуратов А.З., Муслимов М.Г., Магомедов М.М. / *Shikhmuradov A.Z., Muslimov M.G., Magomedov M.M.*
Агробиологическая характеристика новых образцов твердой пшеницы из стран Европы и Северной Америки / Agrobiology characteristics of durum wheat new samples from Europe and North America countries
- 33** Налбандян А.А., Федулова Т.П., Тороп Е.А. и др. / *Nalbandyan A.A., Fedulova T.P., Torop E.A. et al.*
Молекулярно-генетическая характеристика гаплоидных линий сахарной свеклы / Molecular-genetic characterization of haploid sugar beet lines
- 38** Ожерельева З.Е., Лупин М.В. / *Ozherel'eva Z.E., Lupin M.V.*
Изучение интродуцированных сортов малины в условиях Орловской области / The study of introduced raspberry varieties in the Oryol region conditions
- 42** Емельянова О.Ю., Фирсов А.Н., Масалова Л.И. / *Emel'yanova O.Yu., Firsov A.N., Masalova L.I.*
Представители рода *Sorbus* L. в коллекции дендрария ВНИИСПК и перспективы их использования / Representatives of the genus *Sorbus* L. in the VNIISPК arboretum collection and prospects for their use

- 47** Красова Н.Г., Галашева А.М., Лупин М.В. / *Krasova N.G., Galasheva A.M., Lupin M.V.*
Влияние приемов стимуляции роста саженцев яблони на скороплодность сортов в молодом саду / Influence of techniques for stimulating the apple seedlings growth on the varieties early maturity in a young garden
- 52** Бабаева М.А., Осипова С.В. / *Babaeva M.A., Osipova S.V.*
Естественные и антропогенные механизмы воздействия на растительные сообщества пастбищ Северо-Западного Прикаспия / Natural and anthropogenic mechanisms of impact on pastures plant communities in the North-Western Caspian region
Защита растений / Crop protection
- 55** Мальцева Л.Т., Филиппова Е.А., Банникова Н.Ю. и др. / *Mal'tseva L.T., Filippova E.A., Bannikova N.Yu. et al.*
Роль средств химизации при возделывании озимой пшеницы / The role of chemicals in the winter wheat cultivation
- 60** Яковлева В.А., Цветкова Ю.В., Кузнецова А.А. / *Yakovleva V.A., Tsvetkova Yu.V., Kuznetsova A.A.*
Результаты апробации и совершенствования методов выявления покоящихся зооспорангиев *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. в образцах почвы и проведения биопроверки для снятия карантина с очагов / Results of approbation and improvement of methods for detection of resting *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. zoosporangia in soil samples and biotesting to remove quarantine from outbreaks
Агрохимия / Agrochemistry
- 65** Завалин А.А., Кирпичников Н.А., Бижан С.П. / *Zavalin A.A., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P.*
Эффективность применения биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень при различной кислотности дерново-подзолистой почвы / Efficiency of biomodified mineral fertilizers application for barley under different soil acidity of soddy-podzolic soil
Почвоведение / Soil science
- 69** Хамурзаев С.М., Мадаев А.А. / *Khamurzaev S.M., Madaev A.A.*
Продуктивность сортов яблони в зависимости от системы содержания почвы / Productivity of apple varieties depends on soil management system
Агроэкология / Agroecology
- 72** Артамонов В.О., Ильмаст Н.В., Стерлигова О.П. и др. / *Artamonov V.O., Il'mast N.V., Sterligova O.P. et al.*
Мониторинговые исследования состояния Кондопожской губы Онежского озера в условиях ведения рыбководной деятельности / Monitoring studies of the Kondopozhskaya Guba of Onezhskoe Lake state in the conditions of fish farming
- 77** Дубина-Чехович Е.В., Бахмет О.Н., Евстратова Л.П., Солодовников А.Н. / *Dubina-Chekhovich E.V., Bakhmet O.N., Evstratova L.P., Solodovnikov A.N.*
Биотестирование почв агроландшафта с интенсивным аэротехногенным влиянием / Biotesting of agricultural landscape soils with intensive aerotechnogenic influence

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 25.03.2022 г. Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 9,78. Уч.-изд. л. 10. Заказ № 5. 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

И.М. Михайленко, доктор технических наук

В.П. Якушев, академик РАН

Агрофизический научно-исследовательский институт
РФ, 195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 14
E-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru

УДК 63.631.1

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/4-11

**ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЯМИ***

Цифровизация и интеллектуализация в настоящее время стали факторами ускоренного развития современного сельского хозяйства. При этом ведущий фактор – интеллектуализация управления, которая всегда направлена на замену человека в контуре управления сложными объектами, в том числе агротехнологиями. Это влечет за собой существенное усложнение самих интеллектуальных систем управления (ИСУ). В работе представлено одно из направлений интеллектуализации, основанное на облачных информационных технологиях. Особое внимание уделяется практической реализуемости ИСУ с учетом недостаточной квалификации кадров, эксплуатирующих эти системы в производственных условиях. Предлагается повсеместное применение экспертных ИСУ, в которых базы знаний (БЗ) формируются посредством аналитических систем управления, используемых в качестве «идеального учителя», в региональных центрах обработки данных, хранятся в облачных информационно-технических системах и передаются локальным ИСУ по их запросам. Цель работы – обоснование структуры информационно-технической базы интеллектуализации управления агротехнологиями, обеспечивающей наибольшую эффективность ИСУ, при минимальных затратах средств на их реализацию. Представлен эскиз проекта Регионального центра информационного обслуживания экспертных систем управления агротехнологиями (РЦИО ЭСУА).

Ключевые слова: интеллектуализация, системы управления, облачные технологии, экспертные системы управления, базы знаний, алгоритмы управления.

I.M. Mikhaylenko, *Grand PhD in Engineering sciences*V.P. Yakushev, *Academician of the RAS*

Agrophysical Research Institute

RF, 195220, g. Sankt-Peterburg, Grazhdanskij pr., 14

E-mail: ilya.mihailenko@yandex.ru

**INFORMATION TECHNOLOGY BASE
OF INTELLECTUALIZATION OF AGROTECHNOLOGY MANAGEMENT**

Digitalization and intellectualization have now become factors in the accelerated development of modern agriculture. At the same time, the leading factor is the management intellectualization, which is always aimed at replacing a person in the control loop of complex objects, including agricultural technologies. This entails a significant complication of the intelligent control systems (IMS) themselves. The paper presents one of the areas of intellectualization based on cloud information technologies. Particular attention is paid to the IMS practical feasibility, taking into account the insufficient qualifications of personnel operating these systems in production conditions. The widespread usage of expert MIS is proposed, in which knowledge bases (KB) are formed by means of analytical management systems used as an “ideal teacher” in regional data processing centers, stored in cloud information systems and transferred to local MIS at their request. The purpose of the work is to substantiate the structure of the information and technical base for the intellectualization of the agricultural technologies management, which ensures the greatest efficiency of the IMS, with the minimum cost of funds for their implementation. A sketch of the project of the Regional Information Service Center for Expert Systems for Agricultural Technology Management (RCIO ESUA) is presented.

Keywords: intellectualization, control systems, cloud technologies, expert control systems, knowledge bases, control algorithms.

Для выхода на лидирующие позиции в мире отечественному сельскому хозяйству необходим переход на прорывные направления развития с использованием современных информационных технологий (ИТ). Эффективная база для устойчивого развития отрасли – ее цифровая трансформация. За счет получения и обработки больших объемов данных появляется возможность поступления ценной актуальной информации в производственный процесс и использования ее для соответствующей оптимизации. [1, 2] В академических институтах РФ формируется единая концепция цифровизации сельского хозяйства России, которая предполагает развитие основных направлений [3, 10]:

Цифровые технологии в управлении АПК. Создание и внедрение аналитических инструментов и специализированных баз данных для программного, аппаратного и информационного обеспечения управления АПК.

«Умное» землепользование. Разработка интеллектуальной системы планирования и оптимизации агроландшафтов, использования земель в сельскохозяйственном производстве на разных уровнях обобщения (поле, хозяйство, муниципалитет, субъект РФ, страна, зарубежные территории), функционирующей на основе цифровых, дистанционных, геоинформационных технологиях и методов компьютерного моделирования.

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05184 / The work was supported by RFBR grant No. 19-29-05184.

«Умное» поле. Гарантия стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции растениеводства с помощью цифровых технологий сбора, обработки и применения массива данных о состоянии почв, растений и окружающей среды.

«Умный» сад. Оцифрованная информация в единой геоинформационной системе о не менее 90 % площадей многолетних насаждений. Обеспечение средствами сбора данных о состоянии почв, растений и окружающей среды не менее 70 % площадей промышленных садов. Не менее половины площадей промышленных садов должны быть покрыты сетью передачи данных для возможности сбора Больших Данных. Оснащение системами мониторинга и включение в единую геоинформационную систему более 70 % мобильных технических средств (не менее 30 % будут роботизированными).

«Умная» теплица. Разработка современной комплексной технологии, базирующейся на применении интернета вещей для производства продуктов питания, получение высококонкурентных субстратов и удобрений, отечественных инновационных систем (микроклимат, освещение, эффективное энергоснабжение, универсальный модуль, питание, автономность и другое) для закрытого грунта, методов контроля качества продукции, увеличения питательной ценности овощей.

«Умная» ферма. Создание цифровых технологий, обеспечивающих независимость и конкурентоспособность отечественного животноводческого комплекса: повышение молочной продуктивности животных до 13 000 л/год; снижение уровня заболеваемости коров; автономное производство (без оператора); энергоэффективность и энергоёмкость; безопасные и качественные продукты питания, в том числе функциональные.

Сквозные технологии и формирование исследовательских компетенций. Минсельхозу России в сотрудничестве с Минобрнауки России и РАН целесообразно создать отраслевую платформу, которая обеспечит обсуждение задач по развитию цифровизации АПК, проведение и координацию исследовательских и образовательных программ, осуществление пилотных и бизнес-проектов. Необходимо развивать сквозные технологии: интернет вещей; RFID-технологии; нейронные сети; Большие Данные; искусственный интеллект; новые производственные технологии; сенсорика и компоненты робототехники; технологии Blockchain, а также бесконтактные и дистанционные.

Интеллектуализация превращает сельское хозяйство в сектор с очень интенсивным потоком данных. Информация поступает от различных устройств, расположенных в поле и на ферме, датчиков агротехники, метеорологических станций, дронов, спутников, внешних систем, партнерских платформ, поставщиков. Общие данные от участников производственной цепочки, собранные в одном месте, позволяют получать информацию нового качества, находить закономерности, создавать добавочную стоимость, применять современные научные методы обработки (data science) и на их основе принимать правильные решения, минимизирующие риски. Интеллектуализация всегда направлена на замену человека в контуре управления сложными объектами, к которым,

несомненно, относятся и агротехнологии. В свою очередь усложняет сами интеллектуальные системы управления (ИСУ).

Рассмотрено одно из направлений интеллектуализации управления агротехнологиями, основанное на использовании облачных информационных технологий. [3-6, 8, 16, 17] Особое внимание уделено возможности практической реализации систем автоматизированного управления с учетом кадровой проблемы.

Цель работы – обоснование структуры информационно-технической базы интеллектуализации управления агротехнологиями, обеспечивающей наибольшую эффективность ИСУ, при минимальных затратах средств на их реализацию.

Системный подход к задаче интеллектуализации управления агротехнологиями. Исходная база цифровизации и интеллектуализации отрасли сельского хозяйства обеспечена научно-техническим прогрессом XX и начала XXI веков, который предоставил новые возможности уменьшения риска сельскохозяйственного производства: роботизированные машины; средства измерения; вычислительную технику и современную математическую базу. Быстрое развитие информационных технологий помогло исследователям и разработчикам соединить в единый управляемый комплекс средства измерения различной физической природы с вычислительной техникой и автоматизированными сельскохозяйственными машинами. Было разработано новое аграрно-технологическое направление – «точное земледелие» или «точное сельское хозяйство». Точное земледелие (ТЗ) подразумевает повышение управляемости растениеводства путем решения комплекса задач управления агротехнологиями. По способу решения задачи делятся на две группы [9]:

- организационного управления, решаемые менеджментом различного уровня с помощью системы поддержки принятия решений (СППР);
- управления агротехнологиями автоматизированными системами (АСУАТ).

Интеллектуализация процесса в обеих группах зависит от степени участия в нем самого человека, что в свою очередь обусловлено научно-техническим уровнем проектов СППР и АСУАТ. [3, 17] Эти системы во многом схожи по своей организации: имеют одинаковые наборы средств измерения, оценивания параметров состояния объектов (систем) и идентификации математических моделей (рис. 1). Различие – в алгоритмах принятия решений и способе реализации воздействий на объекты управления. В СППР выбираются наилучшие варианты из нескольких возможных альтернатив, исполнитель – менеджмент хозяйств. В АСУАТ осуществляются классические процедуры поиска оптимальных технологических воздействий на различных уровнях управления.

В СППР и АСУАТ с аналитическими блоками управления решения принимаются на основе процедур минимизации критериев оптимальности, отражающих принятую цель управления.

Для этого необходимо реализовать много измерительных и вычислительных действий: верификация измерительной информации; идентификация

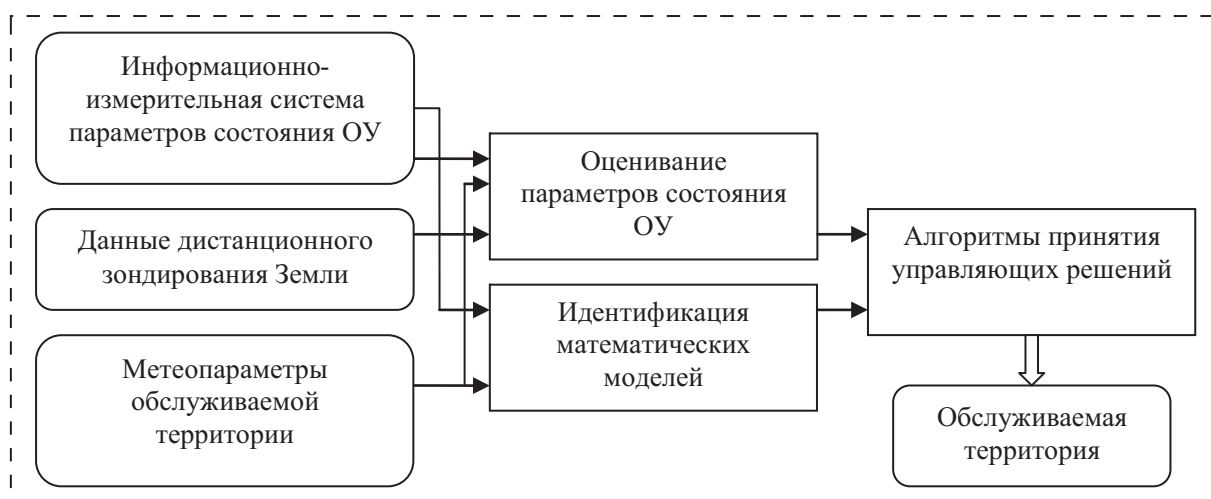


Рис. 1. Блок-схема системы СППР (АСУАТ) с аналитическим блоком принятия управляющих решений.

многопараметрических математических моделей с их последующей адаптацией в реальном времени; оценивание параметров состояния управляемых объектов и систем, по которым находят критерии оптимальности; реализация самих алгоритмов принятия управляющих решений и выработка команд для роботизированных технологических машин. Требуется развитая информационно-вычислительная база и высокая квалификация обслуживающего персонала. Эта проблема может быть решена с переходом к облачным технологиям вычисления, в которых компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как Интернет-сервис. [3, 8, 17]

Возможности облачных технологий позволяют реализовать весь комплекс процедур, необходимый для принятия управляющих решений в аналитических СППР и АСУАТ. Но это не упрощает работу обслуживающего персонала, который кроме выполнения всей сложной последовательности вычислений по поиску оптимальных управляющих решений, должен обеспечить эффективный обмен данными с облаком.

Ситуация меняется при переходе к экспертным системам (ЭС), в которых управляющие решения принимаются непосредственно по входной информации, минуя сложные многоэтапные вычислительные процедуры. Основное информационное ядро ЭС – базы знаний (БЗ). В то же время в системах ТЗ для формирования БЗ невозможно использовать принцип кодирования знаний эксперта, так как ему недоступны оптимальные решения. [3, 11, 12, 17] Экспертную систему с такой БЗ нельзя считать прорывной информационной технологией, потому что она не учитывает современные достижения науки управления и не позволяет оптимизировать принимаемые управляющие решения.

Высокую эффективность ЭС можно обеспечить, если вместо эксперта в качестве источника информации использовать программно-технические комплексы аналитических СППР и АСУАТ, посредством которых формируется большое число оптимальных решений для различных почвенно-климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур и множества исходных ситуаций. Каждый такой случай представляет собой оптимальное решение

для заданных условий, обеспечивающее максимизацию результата в управляемой системе.

Формирование БЗ оптимальных решений для заданных условий – это серьезный фундамент высокого научно-технического уровня процесса управления. Но остается неясным, каким образом самому пользователю принимать управляющие решения по БЗ и сигналам своей информационно-измерительной системы. Здесь возможны два подхода. Один из них – поиск оптимального решения методом распознавания образов. Для текущей информационной ситуации отыскивается лучший вариант, рассматриваемый в качестве класса или образа. Учитывая, что таких образов в БЗ может быть очень много, то в виде алгоритмических способов распознавания можно применить методы условных вероятностей классов и «ближайшего соседа» или «минимального расстояния». Во втором случае для поиска оптимального решения используется специальная математическая модель, которая идентифицируется по БЗ, рассматриваемой как обучающая выборка. Ее применение исключает поисковые процедуры по БЗ, ускоряет и упрощает работу экспертной СППР.

На рисунке 2 представлена блок-схема системы СППР с обучением от центра обработки данных, в котором посредством многократного решения задачи управления или принятия управляющих решений формируется БЗ, дополняемая алгоритмом этих действий. Через общедоступное облако БЗ вместе с алгоритмом управления переносится на локальные СППР, где по реально измеренным данным о состоянии управляемой системы, текущим данным ДЗЗ и метеопараметрам принимаются управляющие решения или вырабатываются команды для роботизированных технологических машин.

Блок-схема облачной региональной информационной системы управления агротехнологиями представлена на рисунке 3. Такие центры могут создаваться на базе современных тестовых полигонов, которые кроме полных наборов современных технологических машин ТЗ, должны обладать и программно-техническими комплексами, способными решать все необходимые задачи управления и создавать БЗ для различных почвенно-климатических

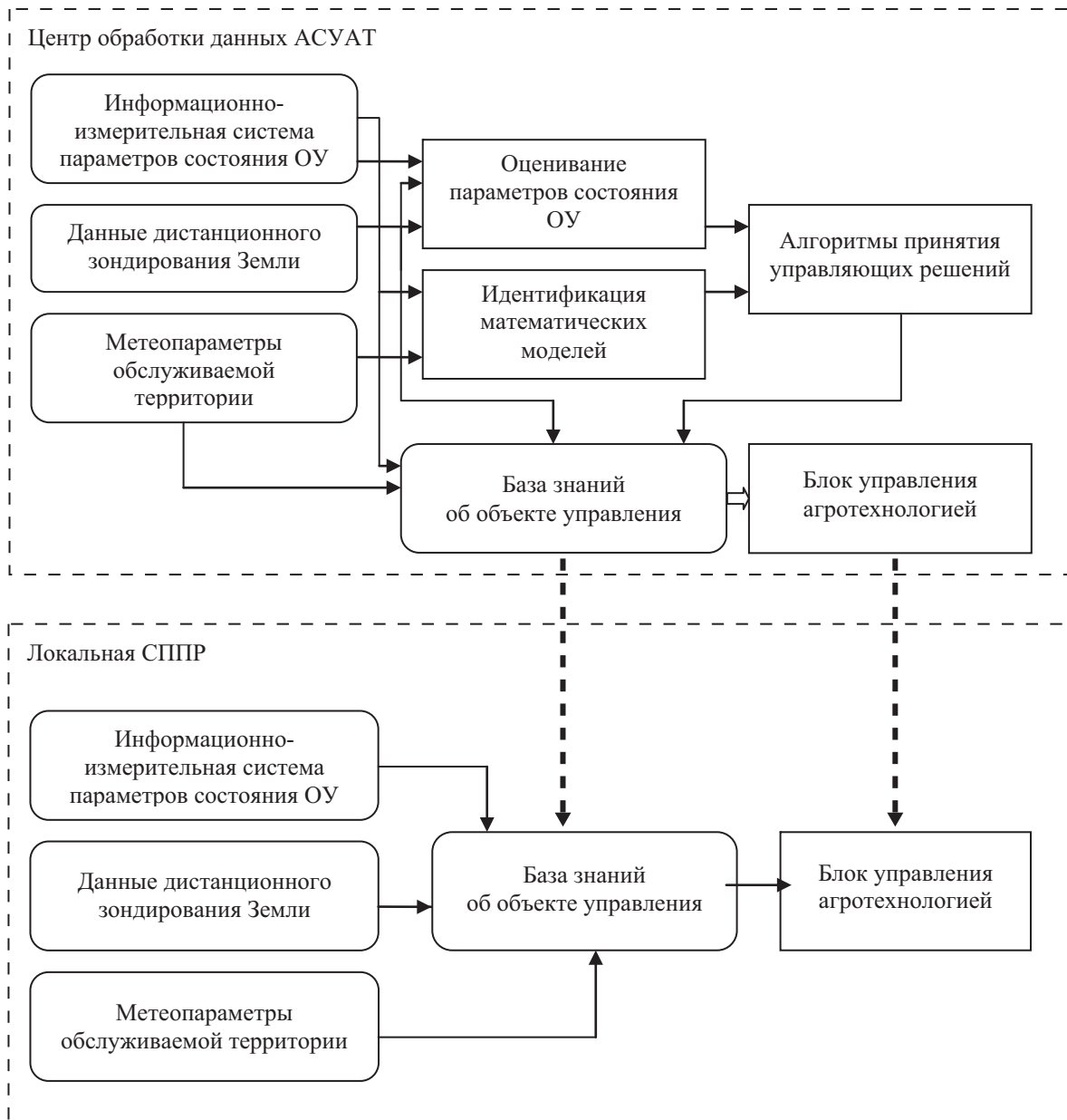


Рис. 2. Блок-схема системы СППР с обучением от центра обработки данных.

условий и сельскохозяйственных культур. Центры должны быть оборудованы средствами телекоммуникаций, хранения и обработки информации, необходимых для организации региональной облачной информационной системы.

Перенос БЗ и алгоритмов управления на локальные системы сопровождается некоторыми потерями оптимальности, полученной при прямом решении аналитическими СППР или АСУАТ. Основным источником потерь – различие параметров математических моделей центра обработки данных и локальных систем управления, которые обусловлены разнообразием физических параметров почв, рельефными особенностями полей, множеством продуктивных свойств сортов сельскохозяйственных культур. Поэтому важнейшие задачи исследований в направлении интеллектуализации управлений агротехнологиями – оценивание потерь оптимальности принимаемых решений при переносах БЗ из центров обработки информации в локальные СППР и АСУАТ.

Централизованная генерация знаний в интеллектуальных системах управления. Представлена методика построения экспертных СППР на примере стратегического управления в системах ТЗ. К такому уровню управления относятся задачи выбора оптимальных доз внесения минеральных удобрений и мелиорантов пролонгированного действия в севооборотах различного вида. [5, 7, 13–15] Его отсутствие в современных системах ТЗ приводит к большим потерям урожая культур в севооборотах из-за неточного определения доз внесения агрохимикатов в отдельные вегетационные периоды. Без такого уровня управления агротехнологиями агрономы хозяйств не могут оптимизировать состав и последовательность культур в севооборотах. Создание систем стратегического уровня управления предоставит специалистам эффективный инструментарий для принятия плановых и управляющих решений.

Цель стратегического управления – минимизация потерь урожая всех культур севооборота при

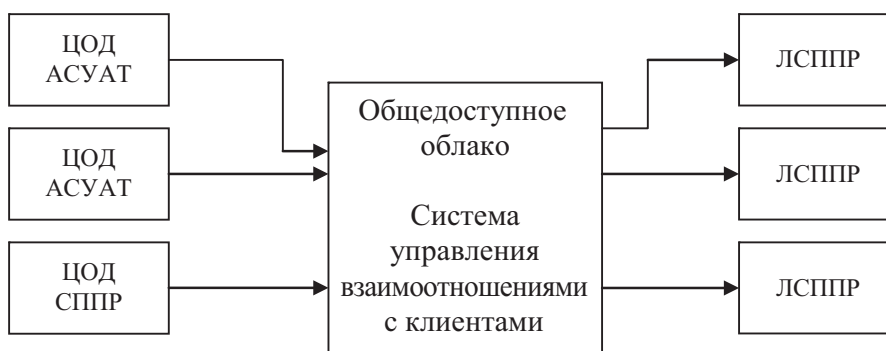


Рис. 3. Облачная региональная информационная система управления агротехнологиями.

наименьших затратах на используемые ресурсы и соблюдении всех технологических и экологических ограничений. Решение задачи этого уровня управления в оптимальных стратегиях внесения удобрений и мелиорантов по всем годам севооборота.

Для последовательности культур в принятом севообороте, обозначаемых индексами $j = 1, 2, 3, \dots, N$ необходимо найти стратегию внесения основных элементов питания и мелиорантов на заданном поле, обеспечивающую достижение цели управления.

Для формализации задачи вводим вектор средних по площади заданного поля параметров химического состояния почвы $V = [3 \times 1]$ с компонентами: $v_1 = pH$, $v_2 = P$, $v_3 = K$ (pH – кислотность, P – фосфор, K – калий). А также вектор нерегулируемых данной стратегией условий возделывания культур $F = [4 \times 1]$ с компонентами: f_1 – сезонная сумма температур; f_2 – сезонная сумма осадков; f_3 – суммарный приток ФАР; f_4 – годовой расход доступных форм азота.

Принимаем, что для каждой культуры севооборота известны оптимальные значения основных элементов питания и кислотности почвы. Всякое отклонение от них будет приводить к потерям урожая. [5, 7] С учетом того, что все вышеуказанные показатели химического состояния почвы действуют одновременно, для решения задачи используем следующую формулу потерь урожая каждой j -й культуры в севообороте:

$$\Delta u_j(T) = k_{1j}^T (V_j^* - V(T)) + (V_j^* - V(T))^T K_{2j} (V_j^* - V(T)), \quad (1)$$

где: V^* – оптимальное значение вектора химического состояния почвы на заданном поле для j -й культуры севооборота; $\Delta u_j(T)$ – потери урожая для j -й культуры севооборота из-за отклонения вектора химического состояния почвы от своего оптимального значения;

$k_{1j}^T = [k_1 \ k_2 \ k_3]_j$ – матрица-строка параметров

линейной части модели;

$$K_{2j} = \begin{bmatrix} k_4 & k_5 & k_6 \\ 0 & k_7 & k_8 \\ 0 & 0 & k_9 \end{bmatrix}_j$$

– матрица параметров квадратичной части модели.

Для идентификации модели (1) требуется наблюдаемый выход – величина потерь урожая за счет отклонения параметров химического состояния от оптимальных значений – $\Delta u_j(T)$, который форми-

руется путем сравнения потенциального урожая для j -й культуры для заданных условий возделывания, определяемых вектором F , и реального или прогнозируемого урожая $u_j(T)$ для этих же условий.

$$\Delta u_j(T) = B_j^T F(T) - u_j(T), \quad (2)$$

$B_j^T = [b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4]_j$ – вектор параметров линей-

ной модели потенциального урожая.

Оптимизация стратегий внесения агрохимикатов и мелиорантов возможна только при наличии прогнозов химического состояния почвы, по которым возможно оценивать и суммарные потери урожая в севообороте. Для этого необходима динамическая модель всех компонентов химического состояния почвы.

$$\begin{aligned} \&_{1j} &= a_{11} v_{1j}(T) + b_1 d_{Ca}(T) + c_1 f_2(T), \\ \&_{2j} &= a_{22} v_{2j}(T) + b_2 d_P(T) + c_2 f_2(T) + d_2 u_j(T), \\ \&_{2j} &= a_{33} v_{3j}(T) + b_3 d_K(T) + c_3 f_2(T) + d_3 u_j(T), \end{aligned} \quad (3)$$

где: $u_j(T) = B_j^T F(T) - \Delta u_j(T)$ – урожай культуры с учетом потерь;

$d_P(T)$, $d_K(T)$, $d_{Ca}(T)$ – дозы внесения

элементов питания и мелиоранта по годам севооборота (элементы стратегии); $a_{11} - a_{33}$, $b_1 - b_3$, $c_1 - c_3$ – параметры модели.

Для формирования оптимальной стратегии внесения агрохимикатов и мелиорантов более удобна каноническая векторно-матричная развернутая форма.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \&_1 \\ \&_2 \\ \&_3 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1(T) \\ v_2(T) \\ v_3(T) \end{bmatrix} + \\ &+ \begin{bmatrix} b_1 & 0 & 0 \\ 0 & b_2 & 0 \\ 0 & 0 & b_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_P(T) \\ d_K(T) \\ d_C(T) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} f_2(T) + \begin{bmatrix} 0 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix} u(T). \end{aligned} \quad (4)$$

Ее можно представить в компактном векторном виде:

$$V \& = AV(T) + BD(T) + cf_2(T) + du(t). \quad (5)$$

Формируем критерий оптимальности решения задачи, адекватный поставленной цели управления.

$$I = M\left\{\sum_{T=1}^N [(V^* - V(T))^T G(V^* - V(T)) + c_{Tu} Du_i(T) + C_d^T D(T)]\right\}, \quad (6)$$

где: M – операция математического ожидания по площади поля; G – матрица весовых коэффициентов, которыми варьируется соотношение параметров химического состояния почвы; c_{Tu} – цена единицы урожая T -й культуры севооборота, C_d^T – вектор цен на минеральные удобрения по каждому элементу питания.

Критерий (6) имеет смысл среднего риска недополучения урожая в севообороте и перерасхода удобрений.

В соответствии с принципом максимума Понтрягина [3-5] рассмотрим гамильтониан системы (5), (6)

$$H(T) = [(V^* - V(T))^T G(V^* - V(T)) + c_u [K^T (V^* - V(T)) + (V^* - V(T))^T H(V^* - V(T))] + C_d^T D(T)] + \lambda^T [AV(T) + BD(T) + cw(T) + du(t)], \quad (7)$$

где λ – вектор сопряженных переменных, связанных с вектором химического состояния следующим образом:

$$\lambda \& = \frac{\partial H(T)}{\partial V} = [G + H](V^* - V(T) + c_u K + A^T \lambda(T)), \quad T \in (N, 0), \quad \lambda(N) = 0. \quad (8)$$

Частная производная гамильтониана по вектору доз агрохимикатов

$$g(T) = \frac{\partial H(T)}{\partial D} = C_d + B^T \lambda(T). \quad (9)$$

Находим оптимальную стратегию внесения агрохимикатов по всем годам севооборота.

$$D_n^*(T) = D_{n-1}^*(T) - D_n [C_d + B^T \lambda_n(T)], \quad D_1 \leq D_n^*(T) < D_2,$$

$$\text{если } D_n^*(T) < D_1, \text{ то } D_n^*(T) = 0, \quad (10)$$

$$\text{если } D_n^*(T) \geq D_2, \text{ то } D_n^*(T) = D_2,$$

где D_1, D_2 – нижние и верхние границы области допустимых значений доз агрохимикатов.

Структурная схема автоматизированной системы стратегического управления (АССУ) с обучением от центра обработки данных для облачных информационных технологий представлена на рисунке 1. В информационном облаке находится Центр обработки данных АССУ, в котором реализован описанный выше алгоритм стратегического управления. С его помощью формируется БЗ, в которой из множества вариантов начальных значений параметров химического состояния почвы и различных климатических условий для каждого вида севооборота формируются оптимальные стратегии внесения минеральных удобрений и мелиорантов.

В блоке управления агротехнологий на основе БЗ подбирается наиболее эффективный вариант стратегии внесения агрохимикатов с помощью метода распознавания образов, в котором каждый из возможных вариантов стратегии рассматривается, как образ или класс. Целесообразно применение

метода «ближайшего соседа», когда принадлежность к классу оценивается по минимальному расстоянию между векторами

$$\rho_i(T) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ji}(T) - y_j(T))^2}, \quad j = \overline{1, J}, \quad (11)$$

где: $i=1, 2, \dots, I$ – номера записей в БЗ, y_j, z_j – факторы для принятия решений на локальной СППР и по БЗ, $j=1, 2, \dots, J$ – индексы и общее число компонентов объединенного вектора факторов принятия решений.

Выбор наилучшего варианта оптимальной стратегии из БЗ в локальной СППР принимается по условию

$$I^* = \arg \min_i \rho_i(T). \quad (12)$$

Для апробации системы была спроектирована БЗ из 90 случаев различных начальных условий, для каждого из которых были сформированы оптимальные стратегии внесения мелиорантов и минеральных удобрений для заданного севооборота, включающего в себя последовательность культур: картофель, многолетние травы, пшеница яровая, овощи (свекла столовая), рожь озимая.

Выбраны произвольные начальные условия, как вариант запроса абонента в Центр обработки данных: кислотность – 4,3 кг/га, фосфор – 30,4, калий – 41,8 кг/га.

Для оценки возможных потерь оптимальности для выбранных условий сформирована стратегия внесения мелиорантов и минеральных удобрений с критерием оптимальности 534,55 руб./га.

В соответствии с правилом (12) в БЗ выбран наиболее близкий вариант стратегии: кислотность – 5,1 кг/га, фосфор – 40,2, калий – 42,4 кг/га.

Этому варианту подходит стратегия, эффективность которой – 492,44 руб./га. Сопоставление результатов показывает, что несовпадение начальных условий в БЗ и локальной СППР приводит к потере оптимальности стратегии на 8,5 %.

Для уменьшения потерь оптимальности стратегий внесения мелиорантов и минеральных удобрений необходимо обратить внимание на формирование БЗ, равномерно распространяющейся на всю многомерную область возможных значений начальных условий ведения севооборотов. Для пополнения БЗ могут генерироваться новые варианты оптимальных стратегий посредством вышеописанного алгоритма или реальные данные локальных СППР при их централизованном обслуживании в облачной информационной системе. Для решения о включении очередного варианта оптимальной стратегии в БЗ может использоваться критерий близости вариантов (12). Устанавливаем его пороговое значение Δ , и применяем решающее правило:

новый вариант включается в БЗ, если $\min \rho \geq \Delta$,

новый вариант не включается в БЗ, если $\min \rho < \Delta$. (13)

Существенный прием повышения надежности экспертной СППР при централизованном обслуживании локальных систем – сегментация БЗ по почвенно-климатическим условиям и сортам сельскохозяйственных культур.

При формировании сегментов БЗ по правилу (13) основным источником потерь оптимальности остаются только различия в параметрах математических моделей (1), (2), (5), потери от которых не превышают 20...25 %, и их устранение возможно только путем адаптации моделей по данным оперативного мониторинга состояния посевов в аналитических АСУАТ, привязанных к конкретным объектам управления.

Представленная методика распространяется и на другие уровни управления агротехнологиями в ТЗ.

Выводы. Разработанные алгоритмы, программы и сгенерированные на их основе базы знаний для экспертных систем, погруженные в облачные информационные системы, представляют собой информационно-техническую базу современных интеллектуальных систем управления агротехнологиями. Такой подход к интеллектуализации — системообразующий и позволяет реализовать управление посевами культур одновременно во многих хозяйствах. Для этого необходимы исчерпывающие системы мониторинга состояния посевов. Тогда у менеджеров в хозяйствах будет возможность принимать управляющие решения на основе заранее сформированных баз знаний. Представленный подход к интеллектуализации управления предлагаем воплотить в проекте, который может быть назван «Региональный центр информационного обслуживания экспертных систем управления агротехнологиями» (РЦИО ЭСУА). Реализация проекта возможна в регионах с достаточно развитой информационной базой (Краснодарский край, Белгородская, Ленинградская области другие). Но и для них необходимо разработать документацию, включающую рабочие программно-технические комплексы и мониторинговые информационные системы. По сравнению с локально-объектным подходом к интеллектуализации управления в виде проектов «умное поле», «умная теплица» и «умная ферма» предлагаемый обладает большей масштабностью и требует значительно меньших капиталовложений. Он позволит получить высокую экономическую отдачу за счет повсеместного применения современных информационных средств автоматизированного управления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аверьянов, М.А. Цифровое общество: Новые вызовы / М.А. Аверьянов, С.Н. Евтушенко Е.Ю. Кочеткова// Экономические стратегии. — 2016. — № 7 (141). — С. 90–91.
2. Добрынин, А.П. «Цифровая экономика — различные пути к эффективному применению технологий»/ А.П. Добрынин, К.Ю. Черних, В.П. Куприяновский // International Journal of Open Information Technologies. — 2016. — № 1 (4). — С. 4–10.
3. Михайленко, И.М. Интеллектуализация управления агротехнологиями /И.М. Михайленко// Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2019. — № 2. — С. 24–31.
4. Михайленко, И.М. Экспертные системы управления агротехнологиями в облачных информационных системах /И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин// Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2019. — № 3. — С. 12–18.

5. Михайленко, И.М. Экспертные системы стратегического управления в точном земледелии /И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин// Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2019. — № 5. — С. 4–7.
6. Михайленко, И.М. Экспертные системы программного управления в точном земледелии /И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин// Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2020. — № 2. — С. 11–16.
7. Небольсин, А.Н. Известкование почв /А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. — СПб.: РАСХН, ГНУ ЛенНИИ-ИСХ, 2010. — 254 с.
8. Разумников, С.В. Моделирование оценки рисков при использовании облачных ИТ-сервисов/С.В. Разумников// Фундаментальные исследования. — 2014. — № 5-1. — С. 39–43.
9. Точное сельское хозяйство (PrecisionAgriculture) / под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. — СПб.: ВИЗР, 2009. — 397 с.
10. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Консультант Плюс. [Электронный ресурс URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/].
11. Якушев, В.В. Интеллектуальные системы управления для ресурсосберегающих технологий точного земледелия/В.В. Якушев // Экологические системы и приборы. — 2010. — № 7. — С. 26–33.
12. Якушев, В.П. Информационно обеспечение точного земледелия /В.П. Якушев, В.В. Якушев. — СПб.: Изд-во ПИЯФРАН, 2007. — 384 с.
13. Derby, N. E. Comparison of nitrogen management zone delineation methods for corn grain yield /N.E. Derby, F.X.M. Casey, D.E. Franzen // Agronomy Journal. — 2007. — Vol. 99. — P. 405–414.
14. Heatherly, L.G. Managing inputs for peak production. In J.E. Specht & H.R. Boerma (Eds.) / L.G. Heatherly, T.W. Elmore// Soybeans: Improvement, production and uses. — 2004. — P. 451–536. Madison: ASA-CSSA-SSSA.
15. Jones, D. Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management / D. Jones, E.M. Barnes // Agricultural Systems. — 2000. — vol. — 65 (3). — P. 137–158.
16. Mikhailenko, I.M. Intelligent real time management of agrotechnologies. Springer. Advances in Intelligent Systems and Computing / I.M. Mikhailenko, V.N. Timoshin// The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2020 R. Silhavy et al. (Eds.): CoMeSySo. — 2020. — AISC 1295. — P. 491–504.
17. Mikhailenko, I.M. The Concept of Intellectualized Control in Precision Farming. Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems / I.M. Mikhailenko, V.N. Timoshin// Springer Nature Switzerland AG 2021. R. Silhavy (Ed.): CSOC 2021. — LNNS 228. — P. 1–11.

LIST OF SOURCES

1. Aver'yanov, M.A. Cifrovoe obshchestvo: Novye vyzovy / M.A. Aver'yanov, S.N. Evtushenko, E.Yu. Kochetkova// Ekonomicheskie strategii. — 2016. — № 7 (141). — С. 90–91.
2. Dobrynin, A.P. «Cifrovaya ekonomika — razlichnye puti k effektivnomu primeneniyu tekhnologij»/A.P. Dobrynin, K.Yu. Chernih, V.P. Kupriyanovskij // International Journal of Open Information Technologies. — 2016. — № 1 (4). — S. 4–10.

3. Mihajlenko, I.M. Intellektualizaciya upravleniya agrotekhnologiyami /I.M. Mihajlenko// Vestnik Rossijskoj sel'skochozyajstvennoj nauki. – 2019. – № 2. – S. 24–31.
4. Mihajlenko, I.M. Ekspertnye sistemy upravleniya agrotekhnologiyami v oblachnyh informacionnyh sistemah / I.M. Mihajlenko, V.N. Timoshin// Vestnik Rossijskoj sel'skochozyajstvennoj nauki. – 2019. – № 3. – S. 12–18.
5. Mihajlenko, I.M. Ekspertnye sistemy strategicheskogo upravleniya v tochnom zemledelii /I.M. Mihajlenko, V.N. Timoshin//Vestnik Rossijskoj sel'skochozyajstvennoj nauki. – 2019. – № 5. – S. 4–7.
6. Mihajlenko, I.M. Ekspertnye sistemy programmogo upravleniya v tochnom zemledelii /I.M. Mihajlenko, V.N. Timoshin// Vestnik Rossijskoj sel'skochozyajstvennoj nauki. – 2020. – № 2. – S. 11–16.
7. Nebol'sin, A.N. Izvestkovanie pochv /A.N. Nebol'sin, Z.P. Nebol'sina. – SPb.: RASKHN, GNU LenNIISKH, 2010. – 254 s.
8. Razumnikov, S.V. Modelirovanie ocenki riskov pri ispol'zovanii oblachnyh IT-servisov/S.V. Razumnikov// Fundamental'nye issledovaniya. – 2014. – № 5–1. – C. 39–43.
9. Tochnoe sel'skoe chozyajstvo (PrecisionAgriculture) / pod red. D. Shpaara, A.V. Zaharenko, V.P. Yakusheva. – SPb.: VIZR, 2009. – 397 s.
10. Ukaz Prezidenta RF ot 01.12.2016 № 642 «O Strategii nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii» // Konsul'tant Plyus. [Elektronnyj resurs URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/].
11. Yakushev, V.V. Intellektual'nye sistemy upravleniya dlya resursosberegayushchih tekhnologij tochnogo zemledeliya/V.V. Yakushev // Ekologicheskije sistemy i pribory. – 2010. – № 7. – S. 26–33.
12. Yakushev, V.P. Informacionno obespechenie tochnogo zemledeliya /V.P. Yakushev, V.V. Yakushev. – SPb.: Izdvo PIYAFRAN, 2007. – 384 s.
13. Derby, N. E. Comparison of nitrogen management zone delineation methods for corn grain yield /N.E. Derby, F.X.M. Casey, D.E. Franzen // Agronomy Journal. – 2007. – Vol. 99. – P. 405–414.
14. Heatherly, L.G. Managing inputs for peak production. In J.E. Specht & H.R. Boerma (Eds.) / L.G. Heatherly, T.W. Elmore// Soybeans: Improvement, production and uses. – 2004. – P. 451–536. Madison: ASA-CSSA-SSSA.
15. Jones, D. Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management / D. Jones, E.M. Barnes // Agricultural Systems. – 2000. – vol. – 65(3). – P. 137–158.
16. Mikhailenko, I.M. Intelligent real time management of agrotechnologies. Springer. Advances in Intelligent Systems and Computing / I.M. Mikhailenko, V.N. Timoshin// The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2020 R. Silhavy et al. (Eds.): CoMeSySo. – 2020. – AISC 1295. – P. 491–504.
17. Mikhailenko, I.M. The Concept of Intellectualized Control in Precision Farming. Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems / I.M. Mikhailenko, V.N. Timoshin// Springer Nature Switzerland AG 2021. R. Silhavy (Ed.): CSOC 2021. – LNNS 228. – P. 1–11.

К.В. Зенкина, кандидат сельскохозяйственных наук**Т.А. Асеева, член-корреспондент РАН**

Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства

РФ, 680521, Хабаровский край, с. Восточное, ул. Клубная, 13

E-mail: aseeva59@mail.ru

УДК 633.1:631.52

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/12-16

ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

Изучили адаптивные свойства коллекционных образцов ярового тритикале по урожайности зерна. Исследования проводили в 2015–2021 годах на опытных полях Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край). Объект исследований – 21 коллекционный образец ярового тритикале. Отмечены сорта с максимальной урожайностью зерна: AC Certa (3592), Лана (3630), Узор (3888), Золотой гребешок (3677) – 36,0–36,6 ц/га. Выделены перспективные образцы по параметрам: коэффициент адаптивности ($KA > 1,00$) – AC Certa (3592), Лана (3630), Дагво (3645), Золотой гребешок (3677), Ульяна (3887), Узор (3888), Лотос (3889), Мыкола (3890), Каравай харьковский (3892), Ярило (3895); индекс пластичности ($IP > 1,10$) – AC Certa (3592), Лана (3630), Золотой гребешок (3677); индекс стабильности ($IS > 3,00$) – Виктория (3922); индекс интенсивности ($II > 2,00$) – Ярило (3895); генотипический эффект ($Ei > 5$) – AC Certa (3592), Лана (3630), Золотой гребешок (3677), Узор (3888); гомеостатичность ($Hom > 4$) – Виктория (3922), Згуривский (3960); селекционная ценность ($Sc > 10$) – Виктория (3922), Згуривский (3960), Sandio (3988). Генотипы тритикале распределены на две группы: сорта интенсивного типа – Укро (3644), Скорый (3676), Память Мережко (3916), ЗГ 186 (3907), Ровня (3935), Обериг харьковский (3961), Виктория (3922), Sandio (3988), Кобзар (3958), Tleridal (3986), Лосиновске (3959), Згуривский (3960); экстенсивного – AC Certa (3644), Узор (3888), Лана (3630), Золотой гребешок (3677), Дагво (3645), Мыкола (3890), Ярило (3895), Каравай харьковский (3892), Ульяна (3887), Лотос (3889).

Ключевые слова: яровое тритикале, коллекционные образцы, урожайность, адаптивность, пластичность, Хабаровский край.

K.V. Zenkina, PhD in Agricultural sciences**T.A. Aseeva, Corresponding Member of the RAS**

Far Eastern Agricultural Research Institute

RF, 680521, Khabarovskij kraj, s. Vostochnoe, ul. Clubnaya, 13

E-mail: aseeva59@mail.ru

**ASSESSMENT OF SPRING TRITICALE ADAPTIVE FEATURES
IN KHABAROVSK REGION**

The article evaluates the adaptive properties of collection samples of spring triticale in terms of grain yield. The studies were carried out in 2015–2021 on the experimental fields of the Far Eastern Research Institute of Agriculture (Khabarovsk region). The object of research is 21 collection samples of spring triticale. On average, over the years of research, varieties with the maximum grain yield AC Certa (3592), Lana (3630), Uzor (3888), Zolotoy grebeshok (3677) were noted – 36.0–36.6 c/ha. As a result of the research, promising samples were identified in terms of adaptability parameters: adaptability coefficient ($KA > 1.00$) – AC Certa (3592), Lana (3630), Dagvo (3645), Zolotoy grebeshok (3677), Uliana (3887), Uzor (3888), Lotos (3889), Mykola (3890), Karavai kharkovsky (3892), Yarilo (3895); plasticity index ($IP > 1.10$) – AC Certa (3592), Lana (3630), Zolotoy grebeshok (3677); stability index ($IS > 3.00$) – Victoria (3922); intensity index ($II > 2.00$) – Yarilo (3895); genotypic effect ($Ei > 5$) – AC Certa (3592), Lana (3630), Zolotoy grebeshok (3677), Uzor (3888); homeostaticity ($Hom > 4$) – Victoria (3922), Zgurivsky (3960); breeding value ($Sc > 10$) – Victoria (3922), Zgurivsky (3960), Sandio (3988). Triticale genotypes are divided into 2 groups: varieties of intensive type – Ukro (3644), Scoriy (3676), Pamyat Merezhko (3916), ZG 186 (3907), Rovnya (3935), Oberig kharkovsky (3961), Victoria (3922), Sandio (3988), Kobzar (3958), Tleridal (3986), Losinovske (3959), Zgurivsky (3960); and extensive type – AC Certa (3644), Uzor (3888), Lana (3630), Zolotoy grebeshok (3677), Dagvo (3645), Mykola (3890), Yarilo (3895), Karavai kharkovsky (3892), Ulyana (3887), Lotos (3889).

Keywords: spring triticale, collection samples, productivity, adaptability, plasticity, Khabarovsk region.

Тритикале – созданный человеком межвидовой гибрид новой зерновой культуры. Научный отчет о получении гибрида между пшеницей (*Triticum*) и рожью (*Secale*) представил ботаник Вильсон в 1875 году на съезде в Эдинбурге (Шотландия). Образцы тритикале, имевшие селекционную перспективу, впервые создал в 1888 году немецкий ученый В. Римпау. [16] Адаптивный потенциал высших растений, в том числе и тритикале – это высокоинтегрированная система, в которой основные признаки контролируются коадаптированными блоками генов. [3, 12] Тритикале содержит в своем геноме полный набор хромосом ржи, наиболее пластичной сельскохозяйственной культуры, и может занять важное место в

системе интенсивного растениеводства. [8] Зерновая культура обладает высокой продуктивностью и перспективна для использования в сельском хозяйстве и различных областях промышленности. [7]

Главная особенность селекции на адаптивность – контроль экологической пластичности и стабильности сортов и гибридов. [15] Критерий адаптивности отбираемых генотипов в селекционном процессе – уровень их урожайности в различных условиях среды, как основной показатель хозяйственной ценности создаваемого сорта. [2, 10] Для выхода на прогнозируемый уровень урожайности необходим комплексный подход, включающий разработку эффективных севооборотов, систем

обработки почвы, удобрения, способов защиты растений с учетом особенностей агроландшафтов, и подбор видов и сортов культур, сочетающих высокую потенциальную продуктивность и устойчивость к действию абиотических и биотических стрессов. [13] Комплексная оценка хозяйственно-биологических признаков и свойств образцов дает возможность получать сорта с широкой экологической пластичностью, объективно оценивать их адаптационный потенциал по устойчивости к засухе, полеганию, осыпанию, наиболее опасным болезням и другим факторам. [18]

Мировой лидер по возделыванию тритикале – Польша. В последние годы культура получает все большее распространение во многих странах. [11] В Российской Федерации тритикале высевают на площади 141,0 тыс. га, в том числе яровой – 20,1 тыс. га. В условиях Среднего Приамурья получают 2...3 т/га зерна, однако дальнейшее увеличение урожайности ограничивается погодно-климатическими факторами. [6] Для более широкого использования тритикале в производстве необходимо исследовать сорта разного эколого-географического происхождения. [17]

Цель работы – оценить коллекционные образцы ярового тритикале в условиях Хабаровского края по параметрам адаптивности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2015–2021 годах на опытных полях Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Хабаровский край) изучали 21 коллекционный образец ярового тритикале различного происхождения. Стандартный сорт – *Укро*, допущен к использованию в Дальневосточном регионе. Почва – тяжелосуглинистая, с высоким содержанием калия и низкой обеспеченностью фосфором. Предшественник – черный пар. Норма высева – 5,5 млн всх. зер./га. Повторность – трехкратная. Площадь делянок – 4 м². Агротехника возделывания – общепринятая в регионе. Посев проведен сеялкой ССФК-7М, уборка – комбайном ХЕГЕ-125.

Для расчетов параметров адаптивности коллекционных сортов тритикале в условиях Хабаровского края применяли: V – коэффициент вариации, КА – коэффициент адаптивности, ИП – индекс пластичности, ИС – индекс стабильности, ИИ – индекс интенсивности, Еі – генотипический эффект,

Ном – гомеостатичность и Sc – селекционную ценность. [1, 4, 5, 9, 14, 19, 20]

Гидротермический коэффициент, характеризующий степень увлажнения территории с апреля по август, существенно отличался от среднемноголетнего значения (рис. 1). В период исследований складывались разнообразные условия: дефицит осадков (2021) и избыток влаги в 2015, 2016 и 2019 годах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В регионе средняя урожайность коллекционных образцов тритикале за годы исследований составила 30,9 ц/га (НСР₀₅ = 5,8 ц/га) (табл. 1). Наиболее благоприятные условия вегетации для формирования высокой урожайности образцов тритикале были в 2015, 2017, 2019 и 2021 годах, где индексы показателей среды имеют положительные значения.

Максимальная урожайность у образцов *Мыкола* (3890), *Каравай харьковский* (3892), *Ярило* (3895) при воздействии оптимальных условий – 81,2...88,2 ц/га, неблагоприятных – 15,6...17,9 ц/га. Отмечены сорта *АС Certa* (3592), *Лана* (3630), *Узор* (3888), *Золотой гребешок* (3677) превысившие стандартный сорт *Укро* (3644) по урожайности зерна на 6,4...7,0 ц/га. Высокие значения коэффициентов вариации у генотипов свидетельствуют о необходимости создания сортов тритикале с привлечением коллекционных образцов, адаптированных к условиям Хабаровского края (табл. 2).

Для селекционной работы практическую ценность имеют коллекционные сорта с высоким значением коэффициентов адаптивности – *АС Certa* (3592), *Лана* (3630), *Дагво* (3645), *Золотой гребешок* (3677), *Ульяна* (3887), *Узор* (3888), *Лотос* (3889), *Мыкола* (3890), *Каравай харьковский* (3892), *Ярило* (3895), способные обеспечивать максимальный уровень проявления признака продуктивности в сложных почвенно-климатических условиях региона (КА>1,00).

Низкие показатели экологической пластичности (ИП<1,00) у образцов *Скорый* (3676), *ЗГ 186* (3907), *Память Мережко* (3816), *Кобзар* (3958), *Лосиновске* (3959), *Зурировский* (3960), *Обериг харьковский* (3961), *Tleridal* (3986), *Sandio* (3988) указывают на их среднюю адаптацию к неблагоприятным условиям окружающей среды в сочетании с относительно стабильным формированием продуктивности в различные годы. При улучшении условий вегета-

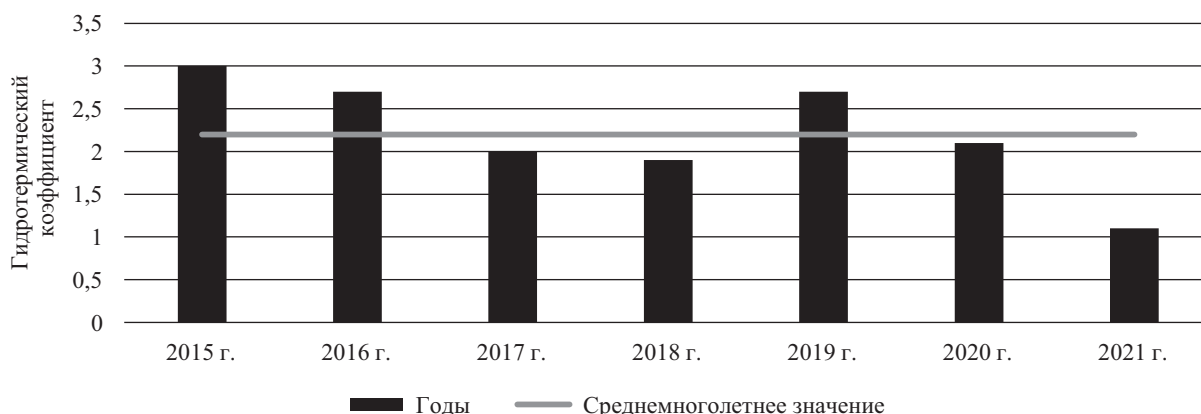


Рис. 1. Агрометеорологические условия в годы исследований.

Таблица 1.

Урожайность коллекционных образцов тритикале в условиях Хабаровского края, 2015–2021 годы

№ ВИР	Сорт	Урожайность зерна, ц/га							
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Хi
3644	Укро	26,2	14,3	26,7	21,2	42,3	22,6	53,6	29,6
3592	АС Certa	35,8	22,9	34,7	17,9	69,9	17,0	55,4	36,2
3630	Лана	36,8	18,1	44,2	16,2	54,3	23,9	62,8	36,6
3645	Дагво	25,0	11,1	29,4	24,7	53,3	22,3	57,6	31,9
3676	Скорый	22,0	20,9	23,9	19,2	33,6	20,6	67,6	29,7
3677	Золотой гребешок	26,2	15,8	37,5	26,5	48,1	27,1	70,8	36,0
3887	Ульяна	31,4	27,5	34,3	17,3	42,6	18,3	63,0	33,5
3888	Узор	18,2	16,6	43,7	28,7	57,8	21,8	67,7	36,3
3889	Лотос	24,8	17,7	34,9	24,7	45,2	20,9	60,0	32,6
3890	Мыкола	22,2	15,9	30,0	21,8	48,4	20,4	81,2	34,3
3892	Каравай харьковский	15,6	20,1	31,3	21,9	38,7	24,6	81,6	33,4
3895	Ярило	25,2	17,9	29,8	19,4	37,3	22,5	88,2	34,3
3907	ЗГ 186	22,6	16,3	35,4	22,4	26,8	20,4	68,2	30,3
3916	Память Мережко	24,2	17,6	34,8	18,3	20,0	19,8	66,0	28,7
3922	Виктория	30,8	24,7	28,2	25,7	28,4	21,6	45,2	29,2
3935	Ровня	19,2	34,1	45,2	13,9	16,4	33,0	30,8	27,5
3958	Кобзар	24,0	17,3	37,9	13,9	35,6	17,3	36,8	26,1
3959	Лосиновске	27,4	15,1	40,7	21,3	14,8	21,7	35,0	25,1
3960	Згуривский	27,6	16,4	32,2	21,1	23,1	20,0	36,0	25,2
3961	Обериг харьковский	29,8	17,6	32,9	10,8	31,3	22,7	47,2	27,5
3986	Pleridal	14,7	14,5	35,5	25,3	30,8	19,9	42,2	26,1
3988	Sandio	32,7	20,6	45,4	16,9	23,7	19,5	45,0	29,1
Xj		25,6	18,8	34,9	20,4	37,4	21,7	57,4	30,9
Lj		5,3	-12,1	4,1	-10,5	6,5	-9,2	26,5	

Примечание. Хi – средняя урожайность генотипов, Хj – средняя урожайность за год, Lj – индекс условий среды.

Таблица 2.

Параметры адаптивности коллекционных образцов тритикале в условиях Хабаровского края, 2015–2021 годы

№ ВИР	Сорт	V,%	Параметр адаптивности, ед.						
			КА	ИП	ИС	ИИ	Ei	Hom	Sc
3644	Укро	46,0	0,96	0,96	2,17	1,33	-1,34	1,63	7,89
3592	АС Certa	55,1	1,17	1,16	1,82	1,46	5,33	1,24	8,81
3630	Лана	49,6	1,18	1,16	2,02	1,27	5,71	1,58	9,45
3645	Дагво	53,5	1,03	1,01	1,87	1,46	1,01	1,28	6,15
3676	Скорый	58,6	0,96	0,95	1,71	1,63	-1,21	1,05	8,43
3677	Золотой гребешок	51,1	1,17	1,14	1,96	1,53	5,10	1,28	8,03
3887	Ульяна	47,0	1,08	1,09	2,13	1,36	2,59	1,56	9,20
3888	Узор	55,9	1,18	1,14	1,79	1,40	5,44	1,27	8,92
3889	Лотос	46,8	1,06	1,05	2,14	1,30	1,70	1,65	9,62
3890	Мыкола	67,9	1,11	1,04	1,47	1,91	3,37	0,77	6,71
3892	Каравай харьковский	67,6	1,08	1,03	1,48	1,98	2,50	0,75	6,39
3895	Ярило	71,8	1,11	1,04	1,39	2,05	3,43	0,68	6,97
3907	ЗГ 186	58,6	0,98	0,96	1,71	1,71	-0,60	1,00	7,24
3916	Память Мережко	61,0	0,93	0,91	1,64	1,69	-2,23	0,97	7,65
3922	Виктория	26,1	0,95	1,02	3,82	0,81	-1,67	4,74	13,97
3935	Ровня	41,3	0,89	1,01	2,42	1,14	-3,39	2,13	8,46
3958	Кобзар	39,9	0,85	0,86	2,50	0,92	-4,79	2,73	9,58
3959	Лосиновске	39,1	0,81	0,87	2,56	1,03	-5,76	2,49	9,14
3960	Згуривский	27,9	0,82	0,87	3,58	0,78	-5,70	4,60	11,48
3961	Обериг харьковский	43,0	0,89	0,90	2,33	1,33	-3,43	1,76	6,29
3986	Pleridal	40,5	0,85	0,87	2,47	1,06	-4,77	2,33	8,98
3988	Sandio	41,5	0,94	0,97	2,41	0,98	-1,79	2,46	10,84

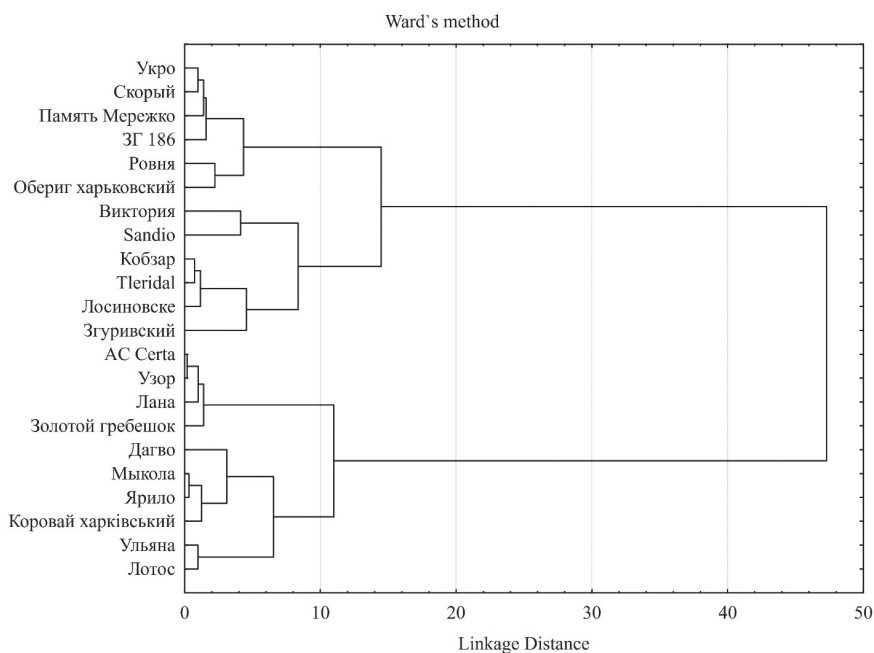


Рис. 2 Кластерный анализ образцов тритикале по параметрам адаптивности.

ции сорта *АС Certa* (3592), *Лана* (3630), *Золотой гребешок* (3677) способны существенно повышать уровень урожайности в Хабаровском крае (ИП>1,10). Максимальное значение ИС (3,82) у генотипа *Виктория* (3922) свидетельствует о стабильном формировании урожайности по годам и максимальной приспособленности к условиям региона.

Индекс интенсивности определяет степень отзывчивости генотипов на внешние факторы. Установлена оптимальная реакция образца *Ярило* (3895) на благоприятный агрофон (ИИ>2,00). Высокая урожайность сортов *АС Certa* (3592), *Лана* (3630), *Золотой гребешок* (3677), *Узор* (3888) формируется не только за счет отзывчивости на средовые условия, но и благодаря генетическим особенностям (ЕІ>5).

Гомеостатичность сортов *Виктория* (3922), *Згуривский* (3960) показывает способность генотипов минимизировать последствия неблагоприятных воздействий окружающей среды на продуктивность (Нот>4). Селекционная ценность образцов *Виктория* (3922), *Згуривский* (3960), *Sandio* (3988) представлена оптимальным формированием продуктивности и стабильности в регионе (Sc>10).

С помощью кластерного анализа коллекционные образцы ярового тритикале были распределены по параметрам адаптивности в условиях Хабаровского края (рис. 2).

По реакции на условия окружающей среды коллекционные образцы ярового тритикале разделили на две группы: сорта интенсивного типа – *Укро* (3644), *Скорый* (3676), *Память Мережко* (3916), *ЗГ 186* (3907), *Ровня* (3935), *Обериг харьковский* (3961), *Виктория* (3922), *Sandio* (3988), *Кобзар* (3958), *Tleridal* (3986), *Лосиновске* (3959), *Згуривский* (3960); экстенсивного – *АС Certa* (3644), *Узор* (3888), *Лана* (3630), *Золотой гребешок* (3677), *Дагво* (3645), *Мыкола* (3890), *Ярило* (3895), *Карвай харьковский* (3892), *Ульяна* (3887), *Лотос* (3889).

В среднем за годы исследований выделены сорта с максимальной урожайностью зерна: *АС Certa* (3592), *Лана* (3630), *Узор* (3888), *Золотой гребешок* (3677) – 36,0...36,6 ц/га.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агеева, Е.В. Оценка экологической пластичности сортообразцов мягкой яровой пшеницы питомника Казахстанско-Сибирской сети СИММИТ /Е.В. Агеева, И.Е. Лихенко, В.В. Советов // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 11. – С. 26–29.
2. Алабушев, А.В. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур /А.В. Алабушев// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2. – С. 47–51.
3. Грабовец, А.И. Селекция тритикале на Дону /А.И. Грабовец// Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: мат. 8-й Межд. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2018. – С. 7–22.
4. Грязнов, А.А. Селекция ячменя в Северном Казахстане / А.А. Грязнов // Селекция и семеноводство. – М.: Колос, 2000. – № 4. – С. 2–8.
5. Животков, Л.А. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность» / Л.А. Животков, З.А. Морозова, Л.И. Секатуева // Селекция и семеноводство. – М.: Колос, 1994. – № 2. – С. 3–7.
6. Зенкина, К.В. Экологическое испытание яровой тритикале в условиях Среднего Приамурья /К.В. Зенкина, Т.А. Асеева // Бюллетень государственного Никитского Ботанического Сада. – 2019. – № 133. – С. 149–157.
7. Зенкина, К.В. Яровое тритикале – перспективная культура для Дальнего Востока/ К.В. Зенкина, Т.А. Асеева // Вестник ДВО РАН. – 2020. – № 4. – С. 8–13.
8. Крохмаль, А.В. Результаты селекции озимого тритикале на продуктивность и адаптивность на Дону / А.В. Крохмаль, А.И. Грабовец, Е.А. Гординская, А.А. Фомичева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2. – С. 67–69.

9. Крючков, А.Г. Основные принципы и методология агроэкологического районирования зерновых культур в степи Южного Урала/А.Г. Крючков. – М., 2006. – 707 с.
10. Куркиев, К.У. Агро-экологическое изучение сортообразцов пшеницы и тритикале в республике Дагестан / К.У. Куркиев, А.М. Магомедов, М.А. Куркиева и др. // Проблемы развития АПК региона. – 2013. – Т. 14. – № 2. – С. 18–22.
11. Леконцева, Т.А. Изучение сортов яровой тритикале в условиях Волго-Вятского региона /Т.А. Леконцева// Вестник Вятской ГСХА. – 2021. – № 2. – С. 3.
12. Лиманская, И.С. Роль озимого тритикале в создании селекционного материала ярового тритикале / И.С. Лиманская, А.И. Грабовец // Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки: мат. 8-й Межд. науч.- практ. конф. Ростов-на-Дону, 2018. – С. 107–112.
13. Мамеев, В.В. Экологическая стабильность и пластичность сортов озимых культур на юго-западе центрального региона России /В.В. Мамеев, В.Е. Ториков, В.М. Никифоров // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 6. – С. 32–38.
14. Методические рекомендации по экологическому сортоиспытанию кукурузы / Подгот.: Б.П. Гурьев и др., УНИИРСиГ. – Харьков, 1981. – 32 с.
15. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) /И.А. Рыбась// Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626.
16. Сидельникова, Н.А. Возделывание тритикале в условиях Белгородской области /Н.А. Сидельникова// Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 4. – С. 170–177.
17. Смирных, К.В. Изучение продолжительности вегетационного периода сортов яровой тритикале в условиях Тюменской области /К.В. Смирных, Э.Т. Ярова, Г.В. Тоболова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сб. науч. тр. Тюмень, 2020. – С. 16–21.
18. Филоненко, В.А. Перспективные сорта озимых и яровых зерновых колосовых культур в условиях биоклиматического потенциала Калужской области / В.А. Филоненко, В.Н. Мазуров, Т.А. Дадаева // Вестник аграрной науки. – 2018. – № 2. – С. 39–46.
19. Хангильдин, В.В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа /В.В. Хангильдин// Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. М.: Наука, 1978. – С. 111–115.
20. Хангильдин, В.В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы/ В.В. Хангильдин, Н.А. Литвиненко // Научно-технический бюллетень ВСГИ. – 1981. – Вып. 1. – С. 8–14.
4. Gryaznov, A.A. Selekcija yachmenya v Severnom Kazahstane / A.A. Gryaznov // Selekcija i semenovodstvo. – М.: Kolos, 2000. – № 4. – С. 2–8.
5. Zhivotkov, L.A. Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «Urozhajnost'» /L.A. Zhivotkov, Z.A. Morozova, L.I. Sekatueva // Selekcija i semenovodstvo. – М.: Kolos, 1994. – № 2. – С. 3–7.
6. Zenkina, K.V. Ekologicheskoe ispytanie yarovoj tritikale v usloviyah Srednego Priamur'ya /K.V. Zenkina, T.A. Aseeva // Byulleten' gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada. – 2019. – № 133. – С. 149–157.
7. Zenkina, K.V. Yarovoe tritikale – perspektivnaya kul'tura dlya Dal'nego Vostoka/ K.V. Zenkina, T.A. Aseeva // Vestnik DVO RAN. – 2020. – № 4. – С. 8–13.
8. Krohmal', A.V. Rezul'taty selekcii ozimogo tritikale na produktivnost' i adaptivnost' na Donu /A.V. Krohmal', A.I. Grabovec, E.A. Gordinskaya, A.A. Fomicheva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 2. – С. 67–69.
9. Kryuchkov, A.G. Osnovnye principy i metodologiya agroekologicheskogo rajonirovaniya zernovyh kul'tur v stepi Yuzhnogo Urala/A.G. Kryuchkov. – М., 2006. – 707 с.
10. Kurkiev, K.U. Agro-ekologicheskoe izuchenie sortoobrazcov pshenicy i tritikale v respublike Dagestan /K.U. Kurkiev, A.M. Magomedov, M.A. Kurkieva i dr. // Problemy razvitiya APK regiona. – 2013. – Т. 14. – № 2. – С. 18–22.
11. Lekonceva, T.A. Izuchenie sortov yarovoj tritikale v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona /T.A. Lekonceva// Vestnik Vyatskogo GSKHA. – 2021. – № 2. – С. 3.
12. Limanskaya, I.S. Rol' ozimogo tritikale v sozdani selekcionnogo materiala yarovogo tritikale /I.S. Limanskaya, A.I. Grabovec // Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov ih pererabotki: mat. 8-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. Rostov-na-Donu, 2018. – С. 107–112.
13. Mameev, V.V. Ekologicheskaya stabil'nost' i plastichnost' sortov ozimyh kul'tur na yugo-zapade central'nogo regiona Rossii /V.V. Mameev, V.E. Torikov, V.M. Nikiforov // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2014. – № 6. – С. 32–38.
14. Metodicheskie rekomendacii po ekologicheskomu sortoispytaniyu kukuruzy / Podgot.: B.P. Gur'ev i dr., UNIRSIG. – Har'kov, 1981. – 32 s.
15. Rybas', I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovyh kul'tur (obzor) /I.A. Rybas'// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626.
16. Sidel'nikova, N.A. Vozdelyvanie tritikale v usloviyah Belgorodskoj oblasti /N.A. Sidel'nikova// Innovacii v APK: problemy i perspektivy. – 2020. – № 4. – С. 170–177.
17. Smirnyh, K.V. Izuchenie prodolzhitel'nosti vegetacionno-go perioda sortov yarovoj tritikale v usloviyah Tyumenskoj oblasti /K.V. Smirnyh, E.T. Yarova, G.V. Tobolova // Aktual'nye voprosy nauki i hozyajstva: novye vyzovy i resheniya: sb.nauch.tr. Tyumen', 2020. – С. 16–21.
18. Filonenko, V.A. Perspektivnye sorta ozimyh i yarovyh zernovyh kolosovyh kul'tur v usloviyah bioklimaticheskogo potenciala Kaluzhskoj oblasti /V.A. Filonenko, V.N. Mazurov, T.A. Dadaeva // Vestnik agrarnoj nauki. – 2018. – № 2. – С. 39–46.
19. Hangil'din, V.V. O principah modelirovaniya sortov intensivnogo tipa /V.V. Hangil'din// Genetika kolichestvennyh priznakov sel'skohozyajstvennyh rastenij. – М.: Nauka, 1978. – С. 111–115.
20. Hangil'din, V.V. Gomeostatichest' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy/ V.V. Hangil'din, N.A. Litvinenko // Nauchno-tehnicheskij byulleten' VSGI. – 1981. – Vyp. 1. – С. 8–14.

LIST OF SOURCES

1. Ageeva, E.V. Ocenka ekologicheskoy plastichnosti sortoobrazcov myagkoj yarovoj pshenicy pitomnika Kazahstansko-Sibirskoj seti SIMMIT /E.V. Ageeva, I.E. Lihenko, V.V. Sovetov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2018. – Т. 32. – № 11. – С. 26–29.
2. Alabushev, A.V. Adaptivnyj potencial sortov zernovyh kul'tur / A.V. Alabushev// Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2013. – № 2. – С. 47–51.
3. Grabovec, A.I. Selekcija tritikale na Donu /A.I. Grabovec// Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov ih pererabotki: mat. 8-j Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Rostov-na-Donu, 2018. – С. 7–22.
4. Gryaznov, A.A. Selekcija yachmenya v Severnom Kazahstane / A.A. Gryaznov // Selekcija i semenovodstvo. – М.: Kolos, 2000. – № 4. – С. 2–8.
5. Zhivotkov, L.A. Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «Urozhajnost'» /L.A. Zhivotkov, Z.A. Morozova, L.I. Sekatueva // Selekcija i semenovodstvo. – М.: Kolos, 1994. – № 2. – С. 3–7.
6. Zenkina, K.V. Ekologicheskoe ispytanie yarovoj tritikale v usloviyah Srednego Priamur'ya /K.V. Zenkina, T.A. Aseeva // Byulleten' gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada. – 2019. – № 133. – С. 149–157.
7. Zenkina, K.V. Yarovoe tritikale – perspektivnaya kul'tura dlya Dal'nego Vostoka/ K.V. Zenkina, T.A. Aseeva // Vestnik DVO RAN. – 2020. – № 4. – С. 8–13.
8. Krohmal', A.V. Rezul'taty selekcii ozimogo tritikale na produktivnost' i adaptivnost' na Donu /A.V. Krohmal', A.I. Grabovec, E.A. Gordinskaya, A.A. Fomicheva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – № 2. – С. 67–69.
9. Kryuchkov, A.G. Osnovnye principy i metodologiya agroekologicheskogo rajonirovaniya zernovyh kul'tur v stepi Yuzhnogo Urala/A.G. Kryuchkov. – М., 2006. – 707 с.
10. Kurkiev, K.U. Agro-ekologicheskoe izuchenie sortoobrazcov pshenicy i tritikale v respublike Dagestan /K.U. Kurkiev, A.M. Magomedov, M.A. Kurkieva i dr. // Problemy razvitiya APK regiona. – 2013. – Т. 14. – № 2. – С. 18–22.
11. Lekonceva, T.A. Izuchenie sortov yarovoj tritikale v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona /T.A. Lekonceva// Vestnik Vyatskogo GSKHA. – 2021. – № 2. – С. 3.
12. Limanskaya, I.S. Rol' ozimogo tritikale v sozdani selekcionnogo materiala yarovogo tritikale /I.S. Limanskaya, A.I. Grabovec // Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov ih pererabotki: mat. 8-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. Rostov-na-Donu, 2018. – С. 107–112.
13. Mameev, V.V. Ekologicheskaya stabil'nost' i plastichnost' sortov ozimyh kul'tur na yugo-zapade central'nogo regiona Rossii /V.V. Mameev, V.E. Torikov, V.M. Nikiforov // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2014. – № 6. – С. 32–38.
14. Metodicheskie rekomendacii po ekologicheskomu sortoispytaniyu kukuruzy / Podgot.: B.P. Gur'ev i dr., UNIRSIG. – Har'kov, 1981. – 32 s.
15. Rybas', I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovyh kul'tur (obzor) /I.A. Rybas'// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626.
16. Sidel'nikova, N.A. Vozdelyvanie tritikale v usloviyah Belgorodskoj oblasti /N.A. Sidel'nikova// Innovacii v APK: problemy i perspektivy. – 2020. – № 4. – С. 170–177.
17. Smirnyh, K.V. Izuchenie prodolzhitel'nosti vegetacionno-go perioda sortov yarovoj tritikale v usloviyah Tyumenskoj oblasti /K.V. Smirnyh, E.T. Yarova, G.V. Tobolova // Aktual'nye voprosy nauki i hozyajstva: novye vyzovy i resheniya: sb.nauch.tr. Tyumen', 2020. – С. 16–21.
18. Filonenko, V.A. Perspektivnye sorta ozimyh i yarovyh zernovyh kolosovyh kul'tur v usloviyah bioklimaticheskogo potenciala Kaluzhskoj oblasti /V.A. Filonenko, V.N. Mazurov, T.A. Dadaeva // Vestnik agrarnoj nauki. – 2018. – № 2. – С. 39–46.
19. Hangil'din, V.V. O principah modelirovaniya sortov intensivnogo tipa /V.V. Hangil'din// Genetika kolichestvennyh priznakov sel'skohozyajstvennyh rastenij. – М.: Nauka, 1978. – С. 111–115.
20. Hangil'din, V.V. Gomeostatichest' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenicy/ V.V. Hangil'din, N.A. Litvinenko // Nauchno-tehnicheskij byulleten' VSGI. – 1981. – Vyp. 1. – С. 8–14.

Т.С. Зинковская, кандидат сельскохозяйственных наук
Г.Ю. Рабинович, доктор биологических наук, профессор
О.Н. Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 631.86:31.87

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/17-20

ВЛИЯНИЕ НАНОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ВОЗДУШНОГО РЕЖИМА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Изучено действие нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы при различном водном режиме осушаемой глееватой легко-суглинистой дерново-подзолистой почвы. Применение биосредств нового поколения для увеличения продуктивности возделываемых культур, предотвращения процессов деградации, сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почвы позволило определить их влияние на урожайность и качество яровой пшеницы при двустороннем регулировании водно-воздушного режима почвы. Использование гуминовых препаратов с наночастицами БоГум-Н и фульвогумата «Иван Овсинский» как отдельно, так и вместе с разработанным ВНИИМЗ высокотехнологичным удобрением — компостом многоцелевого назначения (КМН), способствовало повышению урожая. В ходе трехлетнего эксперимента (2019–2021 годы) получена математически доказанная прибавка урожая с применением нанопрепаратов относительно контроля. Урожайность яровой пшеницы в неорошаемых вариантах с нанопрепаратами БоГум-Н и фульвогумат «Иван Овсинский» составила 24,1 и 23,9 ц/га (контроль — 20,1 ц/га), при орошении с нанопрепаратами и в контроле — 28,2, 27,8 и 23,2 ц/га, соответственно. Самая высокая продуктивность пшеницы была в вариантах с поливом и нанопрепаратами на фоне КМН, усилившим их действие. В орошаемых вариантах в среднем за три года прибавка урожайности при некорневой обработке нанопрепаратами достигла 18–20 % по отношению к КМН. В ходе эксперимента выявлено практически одинаковое действие изучаемых нанопрепаратов на продуктивность культуры. В условиях двустороннего регулирования водного режима почвы оценено влияние биосредств на качество пшеницы. В вариантах с нанопрепаратами на фоне КМН зерно отличалось повышенной белковостью при поливе (11,8 %) и без него (12,2 %).

Ключевые слова: нанопрепараты, фульвогумат «Иван Овсинский», БоГум-Н, компост многоцелевого назначения, яровая пшеница, урожайность, белок.

T.S. Zinkovskaya, PhD in Agricultural sciences
G.Yu. Rabinovich, Grand PhD in Biological sciences, Professor
O.N. Antsiferova, PhD in Agricultural sciences
FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

A NANOPREPARATIONS EFFECT ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITIES UNDER THE CONDITIONS OF THE WATER-AIR REGIME REGULATION OF SODDY-PODZOLIC SOIL

The effect of nanopreparations on the productivity of spring wheat under different water regimes of drained gleyic light loamy soddy-podzolic soil was studied. The use of new generation biological agents to increase the productivity of cultivated crops, prevent degradation processes, preserve and expand the reproduction of soil fertility made it possible to determine their effect on the yield and quality of spring wheat with bilateral regulation of the water-air regime of the soil. The use of humic preparations with nanoparticles BoGum-N and fulvohumate "Ivan Ovsinsky" both separately and against the background of a high-tech fertilizer developed by VNIIMZ - multi-purpose compost (KMN), contributed to an increase in yield. During a three-year experiment (2019–2021), a mathematically proven yield increase was obtained in variants with nanopreparations relative to the control. On average, over three years, the yield of spring wheat on non-irrigated variants with nanopreparations BoGum-N and fulvohumate "Ivan Ovsinsky" was 24.1 and 23.9 c/ha, in the control — 20.1 c/ha. Under irrigation with nanopreparations and in the control variant, the yield was 28.2 c/ha, 27.8 c/ha and 23.2 c/ha, respectively. The highest productivity of wheat over the years of research was provided by irrigation options with nanopreparations against the background of KMN. This had a positive effect on enhancing the effect of the tested drugs. On irrigated variants, on average over three years, the increase in yield with foliar treatment with nanopreparations was 18–20 % in relation to the KMN. During the experiment, almost the same effect of the studied nanopreparations on the productivity of spring wheat was revealed. Under the conditions of bilateral regulation of the water regime of the soil, the influence of biological agents on the quality of wheat was assessed. Variants with nanopreparations against the background of KMN were distinguished by increased protein content, both watering and without it. When drained, the protein content in wheat grain averaged 12.2 %, in variants with irrigation — 11.8 %.

Keywords: nanopreparations, Ivan Ovsinsky fulvohumate, BoGum-N, multipurpose compost, spring wheat, productivity, protein.

Одно из перспективных направлений исследований в земледелии, способное снизить степень зависимости величины и качества урожая от внешних факторов, — применение нанопрепаратов. Эффект достигается путем активного проникновения ча-

стиц в растение за счет их наноразмера и нейтрального статуса. [8, 13, 14]

Размер активных частиц нанопрепаратов (1...100 нм) обеспечивает ускорение метаболических процессов, протекающих в органах растений,

способствует пролонгированному действию и не требует их применения в больших дозах для достижения положительного эффекта. Благодаря высокой удельной поверхности наноматериалы (НМ) могут адсорбировать контаминанты и транспортировать их внутрь растительных клеток. [13] Исследованиями подтверждена эффективность наночастиц (НЧ) металлов в качестве микроэлементов. [1, 3, 13] Растения также используют для «зеленого» синтеза наночастиц (НЧ) в качестве альтернативы физико-химическим методам. [2, 4, 7] Нанопрепараты положительно влияют на иммунитет растений, стрессоустойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, ускоряют синтез ферментов. [7-9, 11, 14]

Применение в современной земледелии удобрений нового поколения, а также биосредств, в том числе наноразмерных, способствует повышению урожайности и качества возделываемых культур. [6, 10, 12] Но техногенные и природные наноматериалы еще не до конца изучены. [15]

Цель работы – определить степень действия нанопрепаратов фульвогумат «Иван Овсинский» и БоГум-Н с компостом многоцелевого назначения (КМН) и без него на продуктивность и качество яровой пшеницы в условиях двустороннего регулирования водного режима дерново-подзолистой почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2019–2021 годах на опытном агрополигоне Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (ВНИИМЗ), расположенном в Калининском районе Тверской области исследовали яровую пшеницу *Ириана*. Почва – дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая. Содержание фосфора – повышенное, калия – среднее, реакция среды – слабокислая. Опыт проводили на осушаемой почве, при снижении влажности в слое 0...50 см до 70 % ППВ водный режим регулировали.

В 2019 году внесли 10 т/га органического удобрения нового поколения – компост многоцелевого назначения (КМН) с учетом пролонгации его действия до 2021 года включительно.

Растения яровой пшеницы опрыскивали нанопрепаратами (фульвогумат «Иван Овсинский» и БоГум-Н) в течение вегетации, начиная с фазы кушения, с промежутком 15 дней, включая фазу колосения. Дозы препаратов рассчитывали в соответствии с рекомендациями по их применению.

Фульвогумат «Иван Овсинский», зарегистрированный в государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, производят в НПО Альфа-Групп (Новосибирск). [5] Препарат содержит соли гуминовых кислот, фульвовую кислоту, сбалансированный комплекс минералов и микроэлементов с измельчением гуминовых цепочек до наноразмеров. Это натуральный органоминеральный иммуномодулятор и стимулятор роста растений, обладает протекторными свойствами и обеспечивает повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды. Аналогичные свойства имеет гуминовый препарат БоГум-Н с наночастицами, разработанный во ВНИИМЗ.

В основе технологии получения БоГум-Н лежит щелочная экстракция, направленная на активизацию гуминового комплекса. Препарат представляет собой жидкость темно-бурого цвета, содержит гуминовые кислоты, гумат калия, макро- и микроэлементы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Климатические условия во время вегетации различались по температурному режиму и количеству осадков (табл. 1).

Уровень почвенно-грунтовых вод в 2019 году к моменту посева культуры находился на отметке 90 см, к началу кушения он понизился. В 2020 году за время вегетации выпало 489 мм осадков, 2021 – 223 при норме 296 мм.

В 2019 году с конца мая и до начала июля в вариантах без полива влажность почвы снижалась и составила в критический момент 20 % ППВ. В июле 2021 года был перекрыт абсолютный температурный максимум за весь период наблюдений (34°C), что негативно сказалось на росте и развитии растений. Проведенные в засушливые периоды поливы почвы способствовали поддержанию ее влажности на уровне 70 % ППВ.

Варианты различались по эвапотранспирации и коэффициентам водопотребления пшеницы. Самый низкий суммарный расход влаги был в вариантах без полива. При орошении он повышался.

На рисунке (2-я стр. обл.) представлена средняя за три года урожайность пшеницы. Компост многоцелевого назначения проявил наибольшую эффективность в отношении формирующегося урожая в год внесения (2019). Его пролонгирующее действие наблюдали до 2021 года включительно.

Во все годы исследований получена математически доказанная прибавка урожайности в вариантах с нанопрепаратами по сравнению с контролем. С поливом она составила в среднем за три года – 28, без – 24 ц/га.

Самая высокая продуктивность пшеницы отмечена в вариантах с поливом и нанопрепаратами на фоне КМН. Действие нанопрепаратов было практически на одинаковом уровне. Прибавка урожайности от их применения в среднем за три года составила 18...20 % с поливом, без него – 11...13,5 %.

Таблица 1.
Метеоусловия периода вегетации, 2019–2021 годы

Год	Показатель	Май	Июнь	Июль	Август	Всего
Норма	Осадки, мм	61	78	81	76	296
	t воздуха, °C	12,4	16,4	18,8	16,5	64,1
	ГТК	1,6	1,6	1,4	1,5	1,5
2019	Осадки, мм	50	76	148	107	381
	t воздуха, °C	14,6	18	15,6	15,3	63,5
	ГТК	1,14	1,41	3,16	2,33	2,00
2020	Осадки, мм	65	96	228	100	489
	t воздуха, °C	10,5	18,6	17,6	16,5	63,2
	ГТК	2,06	1,72	4,32	2,02	2,58
2021	Осадки, мм	37	103	23	60	223
	t воздуха, °C	13,4	19,9	21,2	17,9	72,4
	ГТК	0,92	1,73	0,36	1,12	1,03

Таблица 2.
Урожайность пшеницы по годам, ц/га

Вариант	Урожайность пшеницы, ц/га				Прибавка (средняя за три года), %	
	2019	2020	2021	Средняя	к контролю	к КМН
Осушаемая почва						
Контроль	22,5	20,6	17,1	20,1	–	–
КМН 10 т	29,5	26,6	18,8	24,9	23,9	–
Фульвогумат	27,4	23,9	20,9	24,1	19,9	–
БоГум-Н	28,7	23,0	20,2	23,9	18,9	–
КМН+Фульв.	33,2	29,6	22,1	28,3	40,8	13,6
КМН+БоГум-Н	32,6	28,7	21,9	27,7	37,8	11,2
Осушаемая почва + орошение при 70% ППВ						
Контроль	27,0	23,4	19,1	23,2	–	–
КМН 10 т	38,5	29,5	21,3	29,8	28,4	–
Фульвогумат	32,8	27,9	23,8	28,2	21,6	–
БоГум-Н	32,0	27,0	24,0	27,8	19,8	–
КМН+Фульв.	47,9	32,6	26,8	35,8	54,3	20,1
КМН+БоГум-Н	46,8	31,8	26,9	35,2	51,7	18,1
НСР ₀₅	2,4	1,9	1,2	1,8		

Анализ урожайности пшеницы по годам позволил оценить степень действия КМН (табл. 2). В 2019 году она составила 29,5 ц/га, в 2020 понизилась на 2,9 ц/га, а в 2021 с аномальной жарой в июле не превысила 18,8 ц/га. Но в вариантах с поливом она была существенно выше – 38,5 ц/га (2019), 29,5 (2020) и 21,3 ц/га (2021). Самая низкая урожайность во всех вариантах отмечена в 2021 году из-за аномальной жары в период вегетации и выноса питательных элементов почвы в предыдущие годы.

Качество зерна оценивали по содержанию белка. В условиях 2021 года во всех вариантах без полива содержание белка в зерне яровой пшеницы было выше, чем с орошением (контроль без полива – 13,0, с поливом – 12,0 %), в вариантах без орошения на фоне КМН с нанопрепаратами оно было наибольшим (14,0 %), с орошением и использованием нанопрепаратов на фоне КМН – не превышало 13,4 %. То же наблюдали в 2019 году. В среднем за три года в контроле при осушении этот показатель был на 0,8 % выше контрольного варианта с орошением. В вариантах с нанопрепаратами на фоне КМН зерно отличалось повышенной белковостью и при поливе (11,8 %) и без него (12,2 %).

Выводы. В ходе трехлетнего эксперимента определено влияние нанопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях регулирования водного режима дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почвы. Получена математически доказанная прибавка урожайности в вариантах опыта с применением нанопрепаратов относительно контроля. Самая высокая урожайность отмечена при их совместном использовании с КМН.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ананян, М.А. Возможности использования нанотехнологий в агропромышленном комплексе / М.А. Ананян // Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: сборник докладов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С. 6–11.

2. Афонина, И.А. Биосинтез наночастиц серебра с использованием растительных экстрактов / И.А. Афонина, Н.Е. Афонина, Т.Е. Никифорова // Novainfo, – 2019. – № 107. – С. 1–4. URL: <https://novainfo.ru/> (дата обр. 27.01.2022).

3. Глазко, В.И. Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве / В.И. Глазко, С.Л. Белопухов – М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. – 228 с.

4. Горелкин, П. Синтез наночастиц с использованием растений / П. Горелкин, Н. Калинина, А. Лав // Наноиндустрия. – 2012. – Вып. 7. – С. 16–22.

5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть 2. «Агрохимикаты» – М.: Минсельхоз РФ, 2021. – 763 с.

6. Зинковский, В.Н. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приемов и средств биологической мелиорации / В.Н. Зинковский, Т.С. Зинковская – Тверь: ТГУ, 2018. – 267 с.

7. Крутиков, Ю.А. Синтез и свойства наночастиц серебра: достижения и перспективы / Ю.А. Крутиков, А.А. Кудринский, А.Ю. Олейник // Успехи химии. – 2008. – Т. 77. – № 3. – С. 242–269.

8. Мазуренко, В.В. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: учебное пособие / В.В. Мазуренко, А.Н. Руденко, В.Г. Мазуренко – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009. – 102 с.

9. Макаров, В.В. «Зеленые» нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений / В.В. Макаров [и др.] // Acta Naturae. – 2014. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 37–47.

10. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев, В.Г. Сычѳв, Г.П. Гамзиков и др. // (Органические удобрения, ч. 6). – М.: ВНИИА, 2017. – С. 419–495.

11. Омельченко, А.В. Стимулирующее действие наночастиц серебра на рост и развитие растений пшеницы / А.В. Омельченко [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66). – № 1. – С. 127–135.

12. Рабинович, Г.Ю. Научные основы, опыт продвижения и перспективы биотехнологических разработок / Г.Ю. Рабинович. – Тверь: ТГУ, 2016. – 195 с.

13. Федоренко, В.Ф. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе / В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 312 с.

14. Юрин, В.М. Наноматериалы и растения: взгляд на проблему / В.М. Юрин, О.В. Молчан // Тр. БГУ. Серия физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем – Минск, Беларусь, 2015. – С. 9–21.

15. Kuppusamy, P. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report / P. Kuppusamy, M.M. Yusoff, N. Govindan // Saudi Pharm. J. – 2015.

LIST OF SOURCES

1. Ananyan, M.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya nanotekhnologii v agroproyshlennom komplekse / M.A. Ananyan // Primeneniye nanotekhnologii i nanomaterialov v APK: sbornik dokladov. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. – S. 6–11.

2. Afonina, I.A. Biosintez nanochastits serebras ispol'zovaniyem rastitel'nykh ekstraktov / I.A. Afonina, N.Ye. Afonina,

- Т.Ye. Nikiforova // Novainfo, – 2019. – № 107. – С. 1–4. URL: [https \(data obr. 27.01.2022\)](https://data.obr.27.01.2022).
3. Glazko, V. I. Nanotekhnologii i nanomaterialy v sel'skom khozyaystve / V.I. Glazko, S.L. Belopukhov – M.: RGAU–MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2008. – 228 s.
 4. Gorelkin, P. Sintez nanochastits s ispol'zovaniyem rasteniy / P. Gorelkin, N. Kalinina, A. Lav // Nanoindustriya. – 2012. – Vyp. 7. – S. 16–22.
 5. Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. Chast' 2. «Agrokhimikaty» – M.: Minsel'khos RF, 2021. – 763 s.
 6. Zinkovskiy, V.N. Teoriya i tekhnologii kompleksnogo upravleniya plodorodiyem osushayemykh pochv s ispol'zovaniyem effektivnykh priyomov i sredstv biologicheskoy melioratsii / V.N. Zinkovskiy, T.S. Zinkovskaya – Tver': TGU, 2018. – 267 s.
 7. Krutikov, Yu.A. Sintez i svoystva nanochastits serebra: dostizheniya i perspektivy / Yu.A. Krutikov, A.A. Kudrinskiy, A.Yu. Oleynik // Uspekhi khimii. – 2008. – T. 77. – № 3. – S. 242–269.
 8. Mazurenko, V.V. Nanochastitsy, nanomaterialy, nanotekhnologii: uchebnoye posobiye / V.V. Mazurenko, A.N. Rudenko, V.G. Mazurenko – Yekaterinburg: UGTU–UPI, 2009. – 102 s.
 9. Makarov, V.V. «Zelenyye» nanotekhnologii: sintez metallicheskikh nanochastits s ispol'zovaniyem rasteniy / V.V. Makarov [i dr.] // Acta Naturae. – 2014. – T. 6 – № 1 (20). – С. 37–47.
 10. Mineyev, V.G. Agrokhimiya / V.G. Mineyev, V.G. Sychov, G.P. Gamzikov i dr. // (Organicheskiye udobreniya, ch. 6). – M.: VNIIA, 2017. – S. 419–495.
 11. Omel'chenko, A.V. Stimuliruyushcheye deystviye nanochastits serebra na rost i razvitiye rasteniy pshenitsy / A.V. Omel'chenko [i dr.] // Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta. Seriya «Biologiya, khimiya». – 2014. – T. 27 (66). – № 1. – S. 127–135.
 12. Rabinovich, G.Yu. Nauchnyye osnovy, opyt prodvizheniya i perspektivy biotekhnologicheskikh razrabotok / G.Yu. Rabinovich. – Tver': TGU, 2016. – 195 s.
 13. Fedorenko, V.F. Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse / V.F. Fedorenko. – M.: FG-BNU «Rosinformagrotekh», 2011. – 312 s.
 14. Yurin, V.M. Nanomaterialy i rasteniya: vzglyad na problemu / V.M. Yurin, O.V. Molchan // Tr. BGU. Seriya fiziologicheskkiye, biokhimicheskkiye i molekulyarnyye osnovy funktsionirovaniya biosistem – Minsk, Belarus', 2015. – S. 9–21.
 15. Kuppusamy, P. Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report / P. Kuppusamy, M.M. Yusoff, N. Govindan // Saudi Pharm. J. – 2015.

Т.А. Барковская
О.В. Гладышева, кандидат сельскохозяйственных наук
В.Г. Кокорева

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
РФ, 390502, Рязанская обл., с. Подвязье, ул. Парковая, 1
E-mail: podvyaze@bk.ru

УДК 633.11.111:631.526.32

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/21-24

ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ МАЭСТРО ДЛЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства необходимо использовать высокопродуктивные сорта в Центральном Нечерноземье с генетической защитой урожая от лимитирующих факторов внешней среды. Изучена хозяйственно-биологическая ценность среднеспелого сорта яровой мягкой пшеницы *Маэстро*, который включен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году по Центральному региону. Сорт создан в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ методом целенаправленного индивидуального отбора из гибридной популяции F_4 , полученной при скрещивании сортов *Омская 33* (ФГБНУ «Омский аграрный научный центр») и *Эстер* (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»). Важнейшая агробиологическая особенность сорта – высокая адаптивность к различным условиям возделывания, проявляющаяся в первую очередь в стабильной продуктивности. Урожайность в конкурсном сортоиспытании за семь лет исследований составила 5,74 т/га, превысив стандартный сорт *Агата* на 1,04 т/га. За годы Государственного испытания (2019–2020) средняя урожайность в Центральном регионе – 3,67 т/га, максимальная (5,70 т/га) зафиксирована в 2020 году на черноземных почвах лесостепной зоны Рязанской области. В неблагоприятных агроклиматических условиях сорт *Маэстро* не снижает свою продуктивность и формирует урожай на 25,2 % выше, чем *Агата*. При этом эффективно отзывается на улучшение условий вегетации значительной прибавкой урожайности в 1,30 т/га по сравнению со стандартом. В среднем за 2015–2021 годы проявил следующие показатели качества зерна: натура – 771 г/л, стекловидность – 50 %, содержание белка – 14 %, сырой клейковины в муке – 30,6 %, энергия деформации теста – 253 е.а., объем хлеба – 351 см³, формоустойчивость при выпечке – 0,62 мм, органолептические показатели – 4–5 баллов.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, новый сорт, продуктивность, ценные признаки, Нечерноземье.

T.A. Barkovskaya
O.V. Gladysheva, PhD in Agricultural sciences
V. G. Kokoreva

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM
RF, 390502, Ryazanskaya obl., s. Podvyaz'ye, ul. Parkovaya, 1
E-mail: podvyaze@bk.ru

THE MAESTRO IS THE HIGH PRODUCTIVITY SPRING VARIETY SOFT WHEAT FOR THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

To increase the efficiency of agricultural production, it is necessary to use highly productive varieties in the Central non-chernozem Region with genetic protection of the crop from limiting environmental factors. This work provides the economic and biological value of the mid-season variety of spring soft wheat *Maestro*, which is included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation in 2021 in the Central Region. The variety was created in the Federal Scientific Agroengineering Center VIM by the method of targeted individual selection from the hybrid population F_4 , obtained by crossing the varieties *Omskaya 33* (FGBNU Omsk Agrarian Scientific Center) and *Esther* (FGBNU FITS Nemchinovka). The most important agrobiological feature of the variety is its high adaptability to various cultivation conditions, which manifests itself primarily in productivity that is stable over the years. The yield in competitive variety testing over seven years of research was 5.74 t/ha, exceeding the standard *Agata* variety by 1.04 t/ha. During the years of the State test (2019–2020), the average yield in the Central region was 3.67 t/ha. The maximum yield of 5.70 t/ha was recorded in 2020 on the chernozem soils of the forest-steppe zone of the Rязan region. It is especially important to note that under unfavorable agro-climatic conditions, the *Maestro* variety does not reduce its productivity, but forms a yield 25.2 % higher than the *Agata* variety. At the same time, it effectively responds to the improvement of growing conditions by a significant increase in yield of 1.30 t/ha compared to the *Agate* standard. On average, for the years 2015–2021, showed the following indicators of grain quality: grain nature 771 g/l, vitreousness 50 %, protein content 14 % and crude gluten in flour 30.6 %, deformation energy of the dough 253 e.a., bread volume 351 cm³, dimensional stability during baking 0.62 mm, organoleptic characteristics are good 4–5 points.

Keywords: spring soft wheat, new variety, productivity, valuable traits, non-chernozem Region.

Одна из главных стратегических задач развития аграрного сектора – повышение качества и конкурентоспособности российской продукции. Зерновые ресурсы – основа обеспечения Продовольственной безопасности страны. [4, 9] В ее решении важная роль отводится пшенице – злаковой культуре, занимающей первое место в мировом земледелии. [1, 8]

В современных рыночных условиях актуально увеличение ее урожайности и качества зерна, освоение

инновационных технологий, гарантирующих получение экологически безопасной продукции. [13, 14]

По данным отечественных и зарубежных исследователей, именно селекция – средство биологической интенсификации производства. [3, 7, 15]

Несмотря на большое разнообразие сортов, допущенных к выращиванию на территории нашей страны, аграрное производство постоянно выдвигает новые требования по величине и ка-

честву урожая, адаптивности к экологическим и техногенным факторам. [4, 12]

Основные причины низкой урожайности яровой пшеницы в Центральном регионе — засуха на ранних фазах онтогенеза, поражение растений вредителями, зерна — внутренней и внешней инфекцией. [6]

Важно создавать высокопродуктивные генотипы, способные противостоять действию био- и абиострессоров генетически обусловленными свойствами адаптивности и толерантности.

Цель работы — получить высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы и раскрыть его хозяйственно-биологическую ценность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научные исследования проводили в 2015–2021 годах на базе лаборатории селекции и первичного семеноводства ИСА — филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. В институте селекция яровой пшеницы основывается на внутривидовой гибридизации. Родительские формы подбирали в соответствии с моделью будущего сорта по эколого-географическому методу. Ограниченно свободное опыление растений проводили твел-методом. В дальнейшем материал подвергали непрерывному отбору по комплексу ценных признаков.

Пшеницу сеяли (600 всх. зер./м²) в оптимальные сроки, предшественник — пар. Учетная площадь делянки — 10 м², размещение рендомизированное, повторность четырехкратная. Стандарт — районированный сорт *Агата*. В исследованиях руководствовались методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [10]

Почва темно-серая лесная, тяжелосуглинистая с содержанием органического вещества (ГОСТ 26213-91) — 5,60 %, рН (ГОСТ 26483-85) — 4,88 ед., подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) — 378 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) — 275,0 мг/кг почвы, азота нитратного (ГОСТ 26951-86) — 41,4 мг/кг, азота аммонийного (ГОСТ 26489-85) — 4,43 мг/кг, обменного магния (ГОСТ 26487-85) — 2,16 ммоль/100 г почвы.

Гидротермические условия вегетации в 2015–2021 годах различались по влагообеспеченности. Недостаток влаги по всем фазам развития наблюдали в 2018 и 2019 годах, ГТК (апрель-июль) — 0,67...0,78, что стало причиной недобора урожая от 8,7 (2018) до 17,8 % (2019) средних значений в опыте. В 2015 и 2020 годах ГТК находился в пределах 1,41...1,55. Относительно благоприятные условия были в 2016, 2017, 2021 годах при ГТК — 0,98...1,01.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сорт яровой мягкой пшеницы *Маэстро* (селекционный номер Лютесценс 260-05Н210) внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 году по Центральному региону, выведен методом целенаправленного индивидуального отбора из гибридной популяции F₄, полученной при скрещивании сортов яровой пшеницы *Омская 33* (ФГБНУ «Омский аграрный научный центр») и *Эстер* (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»). Исходные формы подбирали с учетом анализа информации по их испытанию

в условиях Рязанской области по продуктивности, адаптивным свойствам, а также устойчивости к фитозаболеваниям и полеганию. Сорт *Омская 33*, содержащий и проявляющий наибольшее количество положительных признаков, был взят в качестве материнской формы. Он относится к стабильным сортам по урожайности, независимо от погодных условий и имеет следующие показатели: индекс стабильности — 1,07, устойчивость к стрессу — 2,55, Пусс — 163 %, раскрывает потенциальные способности на 73,2 %. [5] В качестве отцовской формы использован сорт *Эстер*, в котором заложен высокий потенциал продуктивности, связанный с повышенной способностью легко переносить возникающие во время вегетации климатические стрессовые факторы, и большой уровень стабильности по содержанию белка в зерне. Гибридизация проведена в 2005 году, элитное растение выделено в 2009. Конкурсное сортоиспытание — 2014–2018 годы. Новый сорт защищен патентом № 11639 от 27.04.2021.

Разновидность — *lutescens*. Куст полупрямокошачий, опушение листа в фазе кушения отсутствует. Колос белый, пирамидальный, средней плотности. Остевидные отростки на конце колоса очень короткие. Плечо прямое, приподнятое, средней ширины. Зубец слегка, умеренно изогнут, короткий. Зерно среднее, яйцевидной формы. Сорт относится к группе среднеспелых с вегетационным периодом 87...102 дня, созревает одновременно со стандартом *Агата*. Высота растений от 83 до 110 см, устойчив к полеганию.

В Центральном регионе средняя урожайность сорта *Маэстро* за 2019–2020 годы — 3,67 т/га. В Рязанской области прибавка к стандарту *Агата* — 0,29 т/га, *Московской* — на уровне среднего стандарта, при урожайности 3,10 т/га. Максимальная урожайность (5,70 т/га) зафиксирована в 2020 году на черноземных почвах лесостепной зоны Рязанской области. [11]

Урожайность в конкурсном сортоиспытании за семь лет исследований составила 5,74 т/га, превысив стандарт на 1,04 т/га, максимальная (7,33 т/га) получена во влажных условиях 2015 года (табл. 1).

Определяющие факторы в формировании урожайности сорта *Маэстро* — густота продуктивного стеблестоя и повышенная сохранность растений к уборке. [2]

В среднем за годы исследования сорт *Маэстро* по сравнению со стандартом *Агата* имел больше продуктивных стеблей на квадратном метре на 11 %, коэффициент общего кушения — 8,1 %, озерненность колоса — 6 %, но вес зерна с колоса и масса 1000 зерен были несколько ниже. При этом установлено, что потенциально вес зерна с колоса нового сорта выше, чем у стандартного на 2,5...10 %.

Зерно сорта *Маэстро* обладает хорошими показателями качества: стекловидность — 50 %, содержание белка — 14, сырой клейковины в муке — 30,6 %, энергия деформации теста — 253 е.а., объем хлеба — 351 см³, формоустойчивость при выпечке — 0,62 мм, органолептические показатели пробной выпечки хорошие — 4...5 баллов, натура зерна выше, чем у стандартного сорта в среднем на 32 г/л.

По степени устойчивости к засухе, полеганию, прорастанию на корню и осыпанию *Маэстро* нахо-

Таблица 1.
Характеристика сорта яровой мягкой пшеницы *Маэстро*
по хозяйственно-биологическим признакам, 2015–2021 годы

Показатель	<i>Агата</i> , стандарт		<i>Маэстро</i>	
	среднее	min...max	среднее	min...max
Урожайность, т/га	4,70	4,03...5,23	5,74	4,49...7,33
Вегетационный период, дн.	94	87...102	94	87...102
Высота, см	99	88...112	92	83...101
Устойчивость к полеганию, балл	7	5...9	8	7...9
Продуктивный стеблестой, шт.	519	428...648	576	472...699
Коэффициент общего кущения	1,61	1,24...2,14	1,74	1,37...2,25
Число зерен в колосе, шт.	33	26...40	35	27...42
Вес зерна с колоса, г	1,32	1,00...1,56	1,29	1,10...1,60
Масса 1000 зерен, г	39	33...41	38	32...40
Натура зерна, г/л	739	728...826	771	716...833
Стекловидность, %	54	47...65	50	49...60
Содержание, % белка в зерне	15	13...17	14	12...15
Клейковины в муке	31,6	28...34	30,6	25...33
Качество клейковины (ИДК), ед. шк		59...86		69...93
Энергия деформации теста, е.а.	374	271...472	253	214...296
Объем хлеба, см ³	375	364...406	351	329...361
Формоустойчивость при выпечке, мм	0,54	0,47...0,77	0,62	0,41...0,82

дится на уровне стандартного сорта с превышением на 2 балла в годы проявления признака. Пригодность к механизированной уборке и вымолачиваемость зерна хорошая – 5 баллов.

В неблагоприятных агроклиматических условиях сорт *Маэстро* не снижает свою продуктивность и формирует урожайность выше на 25,2 %, чем стандарт, а при улучшении условий вегетации превышение составляет в 1,30 т/га (26,4 %) (табл. 2).

Сорт рекомендуется возделывать на серых лесных, дерново-подзолистых и черноземных почвах, с применением технологий, позволяющих в максимальной степени реализовать генетический потенциал растений. Норма высева семян – 220...250 кг/га.

Таким образом, для современного аграрного производства создан высокопродуктивный (более 7,0 т/га) сорт яровой мягкой пшеницы *Маэстро*, адаптированный к климатическим условиям Центрального Нечерноземья. Использование разобщенных географически и экологически сортов при простом скрещивании способствовало объединению в новом генотипе свойств высокой продуктивности и повышенной адаптивной способности при

Таблица 2.
Продуктивность сорта яровой мягкой пшеницы *Маэстро*
в разные по степени увлажнения годы, апрель–июль

Сорт	Продуктивность по годам					
	2018, 2019 (ГТК – 0,67...0,78)		2016, 2017, 2021 (ГТК – 0,98...1,01)		2015, 2020 (ГТК – 1,41...1,55)	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%
<i>Агата</i>	4,13	–	4,94	–	4,92	–
<i>Маэстро</i>	5,17	+1,04	5,48	+0,54	6,22	+1,30
НСР _{0,05}	0,10;		0,13;		0,12;	
	0,27		0,12;		0,31	
			0,32			

хорошем качестве продукции. Урожайность в конкурсном сортоиспытании за семь лет исследований составила 5,74 т/га, превысив стандартный *Агата* на 1,04 т/га. Применение сорта *Маэстро* увеличит рентабельность производства зерна до 43 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асеева, Т.А. Хозяйственная и биологическая характеристика перспективного универсального сорта яровой мягкой пшеницы Далира / Т.А. Асеева, К.В. Зенкина, И.В. Ломакина // Достижение науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 6. – С. 59–64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10611.
2. Барковская, Т.А. Влияние кущения на урожайность яровой пшеницы в различных агрометеусловиях / Т.А. Барковская, О.В. Гладышева // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 5. – С. 57–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62.
3. Баталова, Г.А. Агробиологические особенности нового сорта голозерного овса Багет / Г.А. Баталова, О.А. Жуйкова, Н.В. Кротова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63. – № 2. – С. 16–22. DOI:10.30766/2076-9081.2018.63.2.16-22.
4. Баталова, Г.А. Селекция овса на европейском Северо-Востоке России / Г.А. Баталова, Е.М. Лисицын, Ren Changzhong и др. // Достижение науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 1. – С. 21–24.
5. Гладышева, О.В. Урожайность и параметры адаптивности сортов яровой пшеницы в условиях Рязанской области / О.В. Гладышева, Т.А. Барковская // Селекция – инновационный путь развития сельского хозяйства: Мат. Всерос. науч.-практ. конф. посвящ. 90-летию отдела селекции ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ» 13-14 июля 2017 г. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2017. – 388 с.
6. Давыдова, Н.В. Формирование урожайности яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья в зависимости от густоты стеблестоя / Н.В. Давыдова, А.О. Казаченко, А.В. Широколава и др. // Аграрная наука. – 2019. – № 7–8. – С. 32–34. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-32-34.
7. Ершова, Л.А. Новые генотипы ячменя выделенных по комплексу хозяйственно ценных признаков / Л.А. Ершова, Т.Г. Голова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 12 (66). – С. 103-106. DOI:10.23670/IRJ.2017.66.102.
8. Зуева, А.А. Новый сорт яровой мягкой пшеницы полунтенсивного типа Тулайковская победа / А.А. Зуева, С.Н. Шевченко, А.И. Менибаев, Н.В. Гулаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20. – № 2 (4). – С. 732–736.
9. Мелешкина, Е.П. Современные требования, предъявляемые к качеству зерна пшеницы и пшеничной муки / Е.П. Мелешкина // Хлебопродукты. – 2018. – № 6. – С. 44–47.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кириловской. – М, 1989. – 194 с.
11. Официальный сайт Госсортокмиссии России. – <https://reestr.gossortrf.ru/sort/8153969> (дата обращения 16 октября 2021 г.).
12. Рыбась, И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур / И.А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.

13. Сандухадзе, Б.И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья / Б.И. Сандухадзе // Достижение науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 15–18.
14. Якушев, В.П. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России / В.П. Якушев, И.М. Михайленко, В.А. Драгавцев // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 550–560. DOI: 1015389/agrobiology.2015.5.550rus.
15. Kolin, A. Karter Developing No-Till Packages for Small-Scale Farmers / A. Karter Kolin. – Мексика. – 2001. – PP. 45–57.
6. Davydova, N.V. Formirovanie urozhajnosti yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Central'nogo Nechernozem'ya v zavisimosti ot gustoty stebelstoya / N.V. Davydova, A.O. Kazachenko, A.V. Shirokolava i dr. // Agrarnaya nauka. – 2019. – № 7–8. – С. 32–34. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-32-34.
7. Ershova, L.A. Novye genotypy yachmenya vydelenykh po kompleksu hozyajstvenno cennykh priznakov / L.A. Ershova, T.G. Golova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2017. – № 12 (66). – С. 103–106. DOI:10.23670/IRJ.2017.66.102.
8. Zueva, A.A. Novyj sort yarovoj myagkoj pshenicy polu-intensivnogo tipa Tulajkovskaya pobeda / A.A. Zueva, S.N. Shevchenko, A.I. Menibaev, N.V. Gulaeva // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2018. – Т. 20. – № 2 (4). – С. 732–736.
9. Meleshkina, E.P. Sovremennye trebovaniya, pred'yavlyayemye k kachestvu zerna pshenicy i pshenichnoj muki / E.P. Meleshkina // Hleboprodukty. – 2018. – № 6. – С. 44–47.
10. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur / pod red. V.I. Golovacheva, E.V. Kirilovskoj. – М, 1989. – 194 s.
11. Oficial'nyj sajt Gossortkomissii Rossii. – <https://reestr.gossortf.ru/sort/8153969> (data obrashcheniya 16 oktyabrya 2021 g.)
12. Rybas', I.A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur / I.A. Rybas' // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2016. – Т. 51. – № 5. – С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
13. Sanduhadze, B.I. Razvitie i rezul'taty selekcii ozimozj pshenicy v centre Nechernozem'ya / B.I. Sanduhadze // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2016. – Т. 30. – № 9. – С. 15–18.
14. Yakushev, V.P. Agrotekhnologicheskie i selekcionnye rezervy povysheniya urozhayev zernovykh kul'tur v Rossii / V.P. Yakushev, I.M. Mihajlenko, V.A. Dragavcev // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. – 2015. – Т. 50. – № 5. – С. 550–560. DOI: 1015389/agrobiology.2015.5.550rus.
15. Kolin, A. Karter Developing No-Till Packages for Small-Scale Farmers / A. Karter Kolin. – Мексика. – 2001. – P. 45–57.

LIST OF SOURCES

1. Aseeva, T.A. Hozyajstvennaya i biologicheskaya harakteristika perspektivnogo universal'nogo sorta yarovoj myagkoj pshenicy Dalira / T.A. Aseeva, K.V. Zenkina, I.V. Lomakina // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2020. – Т. 34. – № 6. – С. 59–64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10611.
2. Barkovskaya, T.A. Vliyanie kushcheniya na urozhajnost' yarovoj pshenicy v razlichnykh agrometeusloviyah / T.A. Barkovskaya, O.V. Gladysheva // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2021. – № 5. – С. 57–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-57-62.
3. Batalova, G.A. Agrobiologicheskie osobennosti novogo sorta golozernogo ovsа Baget / G.A. Batalova, O.A. Zhujkova, N.V. Krotova i dr. // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2018. – Т. 63. – № 2. – С. 16–22. DOI:10.30766/2076-9081.2018.63.2.16-22.
4. Batalova, G.A. Selekcija ovsа na evropejskom Severo-Vostoke Rossii / G.A. Batalova, E.M. Lisicyн, Ren Changzhong i dr. // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. – 2016. – Т. 30. – № 1. – С. 21–24.
5. Gladysheva, O.V. Urozhajnost' i parametry adaptivnosti sortov yarovoj pshenicy v usloviyah Ryazanskoj oblasti / O.V. Gladysheva, T.A. Barkovskaya // Selekcija – innovacionnyj put' razvitiya sel'skogo hozyajstva: Mat. Vseros. nauch.-prakt. konf. posvyashch. 90-letiyu otdela selekcii FGBNU «Ul'yanovskij NIISKH» 13-14 iyulya 2017 g. – Ul'yanovsk: Izd-vo UIGTU, 2017. – 388 s.

О.В. Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук

М.И. Костаньяни, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

РФ, 390502, Рязанская обл., с. Подвязье, ул. Парковая, 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

УДК 633.11:631.524.85

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/25-28

СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ

Представлены данные по определению засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы в лабораторных условиях с сопоставлением результатов полевых исследований, проведенных в 2018–2020 годах на полях Рязанского филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Диагностирование растений на фоне сахарозы выявило депрессию длины ростков и их количества. Оценка продуктивности селекционных номеров по засухоустойчивости, сопоставляемая с данными структурного анализа, показала, что все они относятся к среднепродуктивным кроме линии Л 68-18 (высокопродуктивная). Максимальная средняя урожайность (более 6,0 т/га) получена у линий: Л 39-17, Л 67-18, Л 28-16, Л 33-09, Л 51-09. Отобраны наиболее перспективные селекционные линии по урожайности, адаптивности и комплексу хозяйственно ценных признаков. Линия Л 33-09 имеет максимальные показатели по устойчивости к модулируемой лабораторной засухе, средней урожайности, генетической гибкости, индексу стабильности. Выделенные сорта и линии активно вовлекаются в гибридизацию для создания нового селекционного материала, адаптированного к условиям региона и дальнейшего проведения целенаправленного отбора по признакам засухоустойчивости и потенциальной продуктивности.

Ключевые слова: озимая пшеница, линия, сорт, засухоустойчивость, продуктивность.

O.V. Levakova, PhD in Agricultural sciences

M.I. Kosta'n'yants, Junior Researcher

Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the FSBSI “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”

RF, 390502, Ryazanskaya obl., s. Podvyazye, ul. Parkovaya, 1

E-mail: podvyaze@bk.ru

SCREENING OF WINTER SOFT WHEAT SAMPLES IN THE RYAZAN REGION CONDITIONS FOR DROUGHT RESISTANCE

Data on the determination of drought resistance in laboratory conditions are presented with a comparison of the results of field studies conducted in 2018–2020 in the fields of the Ryazan branch of the FSBI FNAC VIM. The diagnosis of plants against the background of sucrose revealed a depression in the length of sprouts and their number. The evaluation of the productivity of breeding numbers for drought resistance, compared with the data of the structural analysis of productivity, revealed that all the studied varieties and lines were medium-productive and only one line L 68-18 was highly productive. The maximum average yield (more than 6,0 t/ha) was obtained from promising lines: L 39-17, L 67-18, L 28-16, L 33-09, L 51-09. The assessment of yield, adaptability and a complex of economically valuable traits allowed us to select the most promising breeding lines. The line L 33-09 has been identified, which has the maximum indicators for resistance to modulated laboratory drought, high average yield, genetic flexibility, stability index and indicator of the level and stability of the variety. The selected varieties and lines are actively involved in hybridization to create a new breeding material adapted to the conditions of the region and further targeted selection based on drought resistance and potential productivity.

Keywords: winter wheat, line, variety, drought resistance, productivity.

Основа экологически чистого земледелия – создание сортов сельскохозяйственных культур адаптивных к воздействию негативных антропогенных факторов.

При изменении климата (увеличение зимних и летних температур, уменьшение количества атмосферных осадков) приобретает особое значение селекция озимой пшеницы, как одной из приоритетных культур в мировом земледелии, на засухоустойчивость. [2, 3]

Найдены молекулярные маркеры – QTLs, с которыми ассоциируется толерантность к засухе. [6] Установлены два типа локусов: конститутивные QTLs (constitutive QTLs), которые обнаруживаются в большинстве условий, и адаптивные (adaptive QTLs), выявляемые при определенных условиях и экспрессирующиеся в зависимости от степени влияния среднего фактора. На фоне дефицита воды один и тот же QTL в начале вегетации оказывается полезным для растения, в репродуктивный период – нейтраль-

ным или вредным, то есть эффект локуса зависит от засухи. [7]

Цель работы – скрининг засухоустойчивых новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области для выделения лучших генотипов по этому признаку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2018–2020 годах в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве среднего уровня плодородия. В испытании участвовали пять сортов местной селекции (*Ангелина*, *Виола*, *Даная*, *Фелиция*, *Галатея*); пять новых сортов, находящихся на Госсортоиспытании (*Анфиса*, *Ивита*, *Боярка*, *Вимица*, *Адарка*) и восемь перспективных линий. Стандарт – сорт *Ангелина*.

Вегетационный период 2017–2018 годов характеризовался неблагоприятными условиями для развития культуры. За весну и лето осадков выпало 109 мм (53,1 % среднемноголетних значений). Июнь был теплым с критическим дефицитом влаги, ГТК – 0,17. В связи с засушливыми условиями года отмечали ускоренное прохождение фенофаз у растений.

Из-за неблагоприятных условий вегетации в 2018–2019 годах всходы были неудовлетворительные. В августе и сентябре – дефицит влаги. Общий процент полевой всхожести осенью – 33,6...71,6 %. В I-й и II-й декадах июня ГТК составил 0 и 0,14, соответственно, а среднемесячная температура воздуха в это время была на 3,2...6,0°С выше среднемноголетних значений. Фаза колошения растений проходила в экстремальных условиях.

Осенний период 2019–2020 годов характеризовался жесткой засухой, за сентябрь и октябрь осадков выпало 76,9 мм. Полевая всхожесть – 24,0...69,8 %. В I-й декаде июня – прохладная погода с интенсивным увлажнением (71 мм), что в 4,5 раза больше среднемноголетних значений, ГТК – 3,9. Обильные осадки спровоцировали раннее полегание растений. Летняя засуха проявилась в I-й и II-й декадах июля при ГТК – 0 и 0,14, соответственно и среднемесячной температуре воздуха на 5,5...8,5°С выше среднемноголетних значений. Фаза колошения проходила неравномерно.

Все летние месяцы наблюдений отличались повышенным температурным режимом во все фазы роста и развития озимой пшеницы по сравнению со средними многолетними данными. Явное повышение дневных температур воздуха в июне-июле, а также критически малое количество выпавших осадков или их отсутствие, способствовали разви-

тию засухи. Семена данных лет использовали для постановки лабораторного опыта.

Засухоустойчивость в лабораторных условиях определяли по методике Н.Н. Кожушко. [1] Критерий засухоустойчивости в полевых условиях – данные структуры урожая, выраженные индексом продуктивности растений. [5] С помощью методов математического анализа оценивали реакцию сортов на меняющиеся условия среды, изучали пластичность, как индикатор нежелательной восприимчивости генотипа к стрессам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для селекции озимой пшеницы на устойчивость к разным стресс-факторам необходимо наличие соответствующего исходного материала. [4]

Опыт лабораторных диагностических исследований выявил ощутимые генотипические различия исследуемых образцов. Среди испытываемых сортов и образцов озимой пшеницы в результате направленной селекционной работы неустойчивых к засухе не обнаружено. Большая часть сортов и линий (86,7 %) относилась к слабоустойчивой группе с вариацией всхожести – 21,0...40,0 %. Среднюю лабораторную устойчивость к моделируемой засухе имели находящийся на Госсортоиспытании сорт *Ивита* и линии: Л 33-16, Л 33-09, Л 51-09 – 45,0...47,5 % (табл. 1).

Рекогносцировка растений на фоне сахарозы выявила существенную (на 94,0 %) депрессию длины ростков и количества корешков (66,7...71,4 %). Длина корешков в стрессовых условиях – 2,1...11,6 мм, контроль – 46...127 мм. В контроле семена прорастали 3...7 корешками, при засухе – 1...2.

Результаты лабораторного опыта сравнили с данными полевых испытаний. Продуктивность ма-

Таблица 1.
Устойчивость сортов и линий озимой пшеницы к моделируемой в лабораторных условиях засухе, 2018–2020 годы

Сорт, линия	Контроль		14 атм.		Тип засухоустойчивости
	Всхожесть, %	Длина корешков, мм	Всхожесть, %	Длина корешков, мм	
<i>Ангелина</i> , стандарт	96,0	85	22,5	3,2	2
<i>Виола</i>	94,0	117	40,0	6,1	2
<i>Даная</i>	96,0	96	38,5	3,9	2
<i>Фелиция</i>	99,0	127	27,5	2,5	2
<i>Галатейя</i>	97,0	89	20,0	1,8	2
<i>Анфиса</i>	97,0	61	30,0	2,1	2
<i>Боярка</i>	97,0	66	30,0	1,9	2
<i>Ивита</i>	100,0	109	45,0	11,3	3
<i>Вимица</i>	91,0	62	20,0	1,7	2
<i>Адарка</i>	95,0	46	25,0	3,2	2
Л 33-16	95,0	89	45,0	11,6	3
Л 39-17	98,0	82	35,0	10,5	2
Л 66-18	95,0	58	32,5	3,9	2
Л 67-18	93,0	105	37,5	6,8	2
Л 68-18	96,0	99	35,0	4,2	2
Л 71-18	96,0	106	32,5	9,2	2
Л 33-09	99,0	52	47,5	10,3	3
Л 51-09	97,0	90	47,5	10,5	3
Среднее	96,4	85,5	31,6	5,1	–
Коэффициент вариации CV, %	2,4	26,4	30,0	71,7	–

териала, сформировавшуюся под влиянием осенне-зимней и ранневесенней засухами, сопоставили с данными структурного анализа и рассчитанным индексом продуктивности растений, так как годы исследований были нестандартными по количеству выпавших осадков и температурному режиму.

Ценность находящихся в конкурсном сортоиспытании образцов, в первую очередь, определяется способностью формировать стабильно высокий урожай в широком диапазоне погодно-климатических условий. Продуктивность у представленных номеров за весь период исследований в большей степени зависела от гидротермических условий вегетационного периода ($r = +0,71$) и составила в 2018, 2019 и 2020 годах 5,27...8,37 т/га, 1,71...3,835 и 3,51...7,91 т/га соответственно.

В сложившихся метеоусловиях все сорта обладали наибольшей продуктивностью (X_i) относительно стандарта.

Максимальная средняя урожайность (более 6,0 т/га) — у перспективных линий: Л 39-17, Л 67-18, Л 28-16, Л 33-09, Л 51-09.

Водный стресс в репродуктивной стадии развития растений приводит к стерильности колосков пшеницы. Но в наших опытах экстремальные погодные условия не оказали сильного влияния на величину массы зерна с колоса. В среднем масса 1000 зерен у сортообразцов составила 44,6 г, что говорит о соответствии генотипа внешним условиям среды в период формирования зерна. Крупное зерно (более 50,0 г) — у линии Л 33-16.

Способность сорта проявлять устойчивость признака в изменяющихся условиях среды характеризует его стабильность. Один из показателей нормы реакции генотипа — коэффициент вариации (C_v). Сортовая

изменчивость массы 1000 зерен, длины колоса и числа зерен в колосе была незначительной — 4,8...6,9 %. Установлено, что амплитуда изменчивости по длине колоса за годы изучения составила 9,9 см и варьировала от 8,4 (стандарт) до 11,4 см (*Анфиса*). Среднее число зерен в колосе по образцам — 40,9 шт.

Адаптация растений к засухе заключается в поддержании структурной и функциональной целостности растительного организма, что обеспечивает рост и образование репродуктивных органов, учет которых приводится для расчета индекса продуктивности растений (ИПР). Все исследуемые сорта и линии среднепродуктивные (ИПР — 7,04...8,69) и только Л 68-18 высокопродуктивная (ИПР — 12,0). Образцов с низкой продуктивностью в питомнике конкурсного сортоиспытания не было.

Обнаружена высокая связь ИПР с весом зерна с колоса ($r = +0,78$) и числом зерен в колосе ($r = +0,84$). Многие сорта и линии приостанавливают рост во время ранневесенней засухи и возобновляют его сразу же после выпадения осадков, что позволяет им быстро компенсировать недостаток влаги и сохранить высокий уровень продуктивности.

Урожайными по показателю генетической гибкости ($(X_{opt} + X_{lim}) / 2$), отражающему среднюю урожайность сорта в контрастных условиях были 86,4 % исследуемых образцов (табл. 2). Максимальный показатель зафиксирован у сорта *Адарка* и Л 33-09 — 5,88 и 5,80 т/га соответственно. Стрессоустойчивость ($X_{lim} - X_{opt}$) показывает разницу урожайности, полученной в неблагоприятных и благоприятных условиях. Чем она меньше, тем выше устойчивость к стрессу. Наиболее засухоустойчивые сорта: *Даная*, *Галатя*, *Боярка*, *Ивита*, *Вимица* (-2,27...-2,45). Самый высокий индекс стабильности ($L=2$) у линии Л 33-09.

Таблица 2.

Характеристика сортообразцов озимой пшеницы по продуктивности, адаптивности и стабильности

Сорт, линия	Вес 1000 семян, г	Длина колоса, см	Число зерен, шт.	Вес зерна с колоса, г	ИПР	X_i	$X_{lim} - X_{opt}$	$(X_{opt} + X_{lim})/2$	L'	Пусси, %
<i>Ангелина</i> , стандарт	45,0	8,4	36,4	1,63	7,06	4,14	-4,05	4,49	0,8	100
<i>Виола</i>	46,6	10,5	40,4	1,83	7,04	4,55	-2,29	4,70	1,1	130,3
<i>Даная</i>	43,5	9,8	39,4	1,79	7,19	5,32	-3,66	5,27	1,5	241,1
<i>Фелиция</i>	42,5	10,2	42,2	1,80	7,45	5,14	-3,66	5,28	1,1	170,8
<i>Галатя</i>	47,1	10,6	39,2	1,95	7,21	5,16	-2,27	4,94	1,7	265,0
<i>Анфиса</i>	41,0	11,4	42,5	1,94	7,23	4,29	-3,31	3,95	0,9	116,6
<i>Боярка</i>	46,6	10,4	42,1	1,93	7,81	4,81	-2,53	4,68	1,8	261,0
<i>Ивита</i>	45,3	9,2	39,2	1,74	7,41	4,32	-2,27	4,27	1,6	208,0
<i>Вимица</i>	41,5	9,9	41,0	1,78	7,37	4,71	-2,45	4,54	1,5	213,3
<i>Адарка</i>	44,1	10,2	40,2	1,80	7,09	5,49	-3,59	5,88	1,1	182,2
Л 33-16	50,1	10,7	41,0	1,91	7,32	5,15	-4,94	5,62	1,0	155,0
Л 39-17	44,1	10,1	39,6	1,85	7,25	6,05	-4,21	5,40	1,5	274,2
Л 66-18	43,7	9,9	40,9	1,90	7,85	4,38	-3,90	4,68	0,9	119,0
Л 67-18	47,1	9,5	41,9	1,97	8,69	6,09	-3,50	5,56	1,8	331,2
Л 68-18	45,1	9,3	50,0	2,24	12,0	5,03	-5,18	4,39	0,8	121,6
Л 71-18	46,5	9,1	37,8	1,76	7,31	5,51	-3,79	5,08	1,4	232,9
Л 33-09	44,8	9,3	39,3	1,77	7,48	6,23	-3,57	5,80	2,0	376,0
Л 51-09	43,1	9,0	39,4	1,73	7,57	6,06	-4,16	5,56	1,6	292,9
Среднее	44,6	9,9	40,9	1,85	7,7	5,13	-3,52	5,0	1,3	210,6
Коэффициент вариации C_v , %	4,8	6,9	6,4	6,5	13,5	13,0	26,4	11,4	28,6	38,0
Коэффициент корреляции с ИПР, r	-	-	+0,84	+0,78	-	-	-	-	-	-

Способность генотипа к меньшему снижению средней урожайности при ухудшении условий возделывания определяет показатель уровня и стабильности сорта (Пусси), выраженный в процентах к стандарту. Баланс стабильности и продуктивности (Пусси = 130,3...376,0 %) выявил положительный тренд повышения селекционной ценности сортов и линий. По урожайности, адаптивности и комплексу хозяйственно ценных признаков отобрали наиболее перспективные линии. Образцы с высокой продуктивностью и широкой агроэкологической стабильностью могут быть использованы при создании новых сортов, отвечающих современным требованиям селекции.

Выводы. Дальнейшее повышение биологического и адаптационного потенциала сортов обусловлено улучшением основных признаков продуктивности за счет повышения устойчивости к комплексу абиотических и биотических факторов, в том числе засухе и повышенной температуре воздуха. Линия Л 33-09 имеет максимальные показатели по устойчивости к модулируемой лабораторной засухе, высокую среднюю урожайность, индекс стабильности и генетическую гибкость. Выделенные сорта и линии активно вовлекаются в гибридизацию для создания нового селекционного материала, адаптированного к условиям региона и дальнейшего проведения целенаправленного отбора по признакам засухоустойчивости и потенциальной продуктивности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кожушко, Н.Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур / Н.Н. Кожушко // Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (Методическое руководство). – Л.: ВИР, 1988. – С. 10–24.
2. Кокина, Л.П. Оценка коллекционных образцов ячменя на устойчивость к осмотическому стрессу / Л.П. Кокина, И.Н. Шенникова, И.Ю. Зайцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 5. – С. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
3. Левакова, О.В. Анализ генетических источников ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в целях создания исходного материала / О.В. Левакова, М.И. Банникова // Аграрная наука. – 2019. – № 7–8. – С. 38–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-38-4.
4. Левакова, О.В. Лабораторный скрининг засухоустойчивости сортов перспективных линий ярового ячменя и их стабильность урожая в полевых условиях Рязанской области / О.В. Левакова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 143–147. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11217.
5. Самофалова, Н.Е. Коммерческие сорта озимой твердой пшеницы и особенности их семеноводства / Н.Е. Самофалова, Н.П. Иличкина, М.А. Авраменко и др. // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 6. – С. 42–47.
6. Collins, N.C. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: Where do we stand? / N.C. Collins, F. Tardieu, R. Tuberosa // Plant Physiology. – 2008. – 147. – S. 469–486.
7. Kirigwi, F.M. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought / F.M. Kirigwi, M. Van Ginkel, G. Brown-Guedira et al. // Molecular Breeding. – 2007. – № 20. – S. 401–413.

LIST OF SOURCES

1. Kozhushko, N.N. Ocenka zasuhoustojchivosti polevykh kul'tur / N.N. Kozhushko // Diagnostika ustojchivosti rastenij k stressovym vozdeystviyam (Metodicheskoe rukovodstvo). – L.: VIR, 1988. – S. 10–24.
2. Kokina, L.P. Ocenka kollekcionnykh obrazcov yachmenya na ustojchivost' k osmoticheskomu stressu / L.P. Kokina, I.N. Shchennikova, I.Yu. Zajceva // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2018. – № 5. – S. 40–44. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.40-44.
3. Levakova, O.V. Analiz geneticheskikh istochnikov cennykh priznakov sortov ozimoy myagkoj pshenicy v celyah sozdaniya iskhodnogo materiala / O.V. Levakova, M.I. Bannikova // Agrarnaya nauka. – 2019. – № 7–8. – S. 38–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-330-7-38-4.
4. Levakova, O.V. Laboratornyj skringing zasuhoustojchivosti sortov perspektivnykh linij yarovogo yachmenya i ih stabil'nost' urozhaya v polevykh usloviyah Ryzanskoj oblasti / O.V. Levakova // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. – 2020. – № 4 (36). – S. 143–147. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11217.
5. Samofalova, N.E. Kommercheskie sorta ozimoy tvrdoj pshenicy i osobennosti ih semenovodstva / N.E. Samofalova, N.P. Ilichkina, M.A. Avramenko i dr. // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2016. – № 6. – S. 42–47.
6. Collins, N.C. Quantitative trait loci and crop performance under abiotic stress: Where do we stand? / N.C. Collins, F. Tardieu, R. Tuberosa // Plant Physiology. – 2008. – 147. – S. 469–486.
7. Kirigwi, F.M. Markers associated with a QTL for grain yield in wheat under drought / F.M. Kirigwi, M. Van Ginkel, G. Brown-Guedira et al. // Molecular Breeding. – 2007. – № 20. – S. 401–413.

А.З. Шихмуратов, доктор биологических наукДагестанская ОС ФГБНУ «ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»
РФ, 368312, Республика Дагестан, Дербентский р-н, с. Вавилово**М.Г. Муслимов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**
ФГБОУ ВО «Дагестанский ГАУ имени М.М. Джамбулатова»

РФ, 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 180

М.М. Магомедов, старший научный сотрудник

Дагестанская ОС ФГБНУ «ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»

E-mail: asef121263@mail.ru

УДК 633.11.631.524.825

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/29-32

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ ОБРАЗЦОВ
ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ СТРАН ЕВРОПЫ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ**

Цель работы — изучить новые образцы пшеницы твердой из стран Европы и Северной Америки, выделить источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционных программах по созданию адаптивных сортов. Агробиологическое исследование новых образцов твердой пшеницы проводили в 2019–2021 годах на Дагестанской опытной станции филиала ВИР. В работе изучены селекционно ценные признаки: скороспелость, устойчивость к грибным болезням, продуктивность и ее составляющие. Посев проводили вручную, площадь делянки — 1 м², длина рядка — 1 м, расстояние между рядками — 15, делянками — 30 см. В работе применяли методические указания ВИР. Выделены образцы, сочетающие скороспелость с хорошей продуктивностью: и-628859, и-628860 (Мексика); и-624967 (Турция); и-627503, и-627516 (Италия). Особую ценность представляют сорта из Италии с высоким адаптивным потенциалом и урожайностью: и-628859, и-627568, и-627516, и-627517, и-627509, которые можно использовать в генетических и селекционных программах по созданию новых адаптивных сортов твердой пшеницы.

Ключевые слова: Республика Дагестан, твердая пшеница, грибные болезни, устойчивость, продуктивность, сорт, селекция.

A.Z. Shihmuradov, Grand PhD in Biological sciencesDagestan OS FGBNU «N.I. Vavilov Federal Research Center of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources»
RF, 368312, Respublika Dagestan, Derbentskij r-n, s. Vavilovo**M.G. Muslimov, Grand PhD in Agricultural sciences, Professor**

Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov

RF, 367032, Respublika Dagestan, g. Mahachkala, ul. M. Gadzhieva, 180

M.M. Magomedov, Senior Researcher

Dagestan OS FGBNU «N.I. Vavilov Federal Research Center of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources»

E-mail: asef121263@mail.ru

**AGROBIOLOGY CHARACTERISTICS OF DURUM WHEAT
NEW SAMPLES FROM EUROPE AND NORTH AMERICA COUNTRIES**

The purpose of the work is to study new samples of durum wheat from Europe and North America, to identify sources for a complex of economically valuable traits for further use in breeding programs to create adaptive varieties. An agrobiological study of durum wheat new samples was carried out in 2019—2021 at the Dagestan Experimental Station of the VIR branch. The paper studied selection-valuable traits: early maturity, resistance to fungal diseases, productivity and its components. The samples combined early maturity with good productivity were selected: i-628859, i-628860 (Mexico); i-624967 (Turkey); i-627503, i-627516 (Italy). Of particular value are varieties from Italy with high adaptive potential and productivity: i-628859, i-627568, i-627516, i-627517, i-627509, which can be used in genetic and breeding programs to select new adaptive varieties of durum wheat.

Keywords: Republic of Dagestan, durum wheat, fungal diseases, resistance, productivity, variety, breeding.

Пшеница — широко возделываемая хлебная культура большинства стран мира. Ее используют в хлебопекарной, крупяной, кондитерской и макаронной промышленности. Зерно перерабатывают на спирт, крахмал, а отходы мукомольного производства (солома, солоха) — на корм животным.

Широкомасштабное, планомерное формирование мировой коллекции пшеницы как исходного материала заложено Н.И. Вавиловым в начале XX века. Скороспелость — ведущий признак, который выясняет пригодность сорта к его возделыванию в определенных природно-климатических условиях.

Сочетание в одном сорте сравнительно короткого вегетационного периода с высокой продуктивностью, устойчивостью к полеганию и болезням, а

также небольшой требовательностью к теплу в начальные фазы развития поможет решить проблемы, которые стоят перед сельскохозяйственным производством. [2, 3]

Цель работы — изучить новые образцы твердой пшеницы из стран Европы и Северной Америки,

Таблица 1.**Скороспелость образцов твердой пшеницы**

Количество образцов, шт. (%)		
скороспелые 5.05... 10.05.	среднеспелые 11.05... 16.05.	позднеспелые 17.05... 21.05.
50 (13,7)	208 (57,4)	105 (28,9)

Таблица 2.

Скороспелые образцы твердой пшеницы выделившиеся по продуктивности в 2019–2021 годах

№ в каталоге ВИР	Происхождение	Разновидность	Название	Масса зерна с деланки	Оценка всходов	Дата колошения	Устойчивость к, балл				Оценка растения	Высота растения	Масса 1000 зерен	Число зерен с колоса	Масса зерна с колоса
							мучнистой росе	бурой ржавчине	желтой ржавчине	полеганию					
628860	Мексика	<i>T.durum var. leuicurum</i>	<i>Loph 9 (LOPHODYTES)</i>	715	9	9.05.	9	9	9	5	7	105	44,8	37,5	1,7
624967	Турция		<i>Arttuklu</i>	740	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	55,8	41,2	2,3
627503	Италия		<i>Simeto</i>	815	9	9.05.	9	9	7	9	9	90	42,0	39,0	1,7
628859	Мексика	<i>T.durum var. leucomelan</i>	<i>Buto 19 (BUTORTOES)</i>	820	9	10.05.	9	9	9	7	7	110	38,0	42,2	1,7
627516	Италия		<i>Sorriso</i>	910	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	45,2	39,0	1,9
64725 стандарт 1	Краснодарский край	<i>T.durum var. leuicurum</i>	<i>Крупинка</i>	680	9	17.05.	9	9	9	9	9	90	43,2	39,2	1,7
32453 стандарт 2	Дагестан	<i>T.durum var. caeruleascens</i>	<i>Дербентская черноколосая</i>	655	9	18.05.	7	9	7	3	5	140	51,2	32,8	1,7
66674 стандарт 3	Краснодарский край	<i>T.durum var. leuicurum</i>	<i>Одари</i>	780	9	15.05.	9	9	9	9	9	95	45,2	39,0	1,8

выделить источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционных программах по созданию адаптивных сортов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2019—2021 годах на юге Дагестана (Дагестанская опытная станция – филиал ВИР) изучали 363 образца твердой пшеницы из стран Европы и Северной Америки коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).

Полевые опыты закладывали в один срок при озимом посеве в III-й декаде октября. Посев проводили вручную, площадь деланки – 1 м², длина рядка – 1 м, расстояние между рядками – 15, деланками – 30 см. В работе применяли методические указания ВИР. [5] Результаты исследований статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову. [1] В качестве стандартов взяты допущенные в производство для Северного Кавказа сорта озимой твердой пшеницы из КНИИСХ (*Крупинка* и *Одари*), а также полуозимый *Дербентская черноколосая* селекции Дагестанской ОС ВИР.

Таблица 3.

Образцы твердой пшеницы выделившиеся по продуктивности и превысившие стандарт в 2019–2021 годах

№ в каталоге ВИР	Происхождение	Название	Масса зерна с деланки	Оценка всходов	Дата колошения	Устойчивость к, балл				Оценка растения	Высота растения	Масса 1000 зерен	Число зерен с колоса	Масса зерна с колоса	Отношение к стандарту 3
						мучнистой росе	бурой ржавчине	желтой ржавчине	полеганию						
628869		<i>Makar 1</i>	700	9	14.05.	9	9	9	9	9	95	44,0	46,8	2,1	104,6
628867		<i>Turna 2</i>	705	9	10.05.	9	9	9	5	5	115	50,8	44,0	2,2	105,3
628811	Мексика	<i>Hai 12 (HAI-OU 12)</i>	710	9	14.05.	9	9	9	5	7	95	46,0	50,0	2,3	106,1
628860		<i>Loph 9 (LOPHODYTES)</i>	715	9	9.05.	9	9	9	5	7	105	44,8	37,5	1,3	106,6
628852		<i>Ambo 8</i>	720	9	13.05.	7	9	9	5	5	110	49,5	41,5	2,1	107,6
66510	Италия	<i>Бурбон</i>	725	9	13.05.	7	9	9	5	5	105	52,4	41,4	2,2	108,3
66508	Словения	<i>IS Duranegra</i>	750	9	18.05.	9	9	7	9	9	100	48,8	39,5	1,9	112,1
628862		<i>Pop 2 (PNAETHON 2)</i>	755	9	13.05.	9	9	9	5	7	110	55,8	37,4	2,1	112,8
628851	Мексика	<i>Ambo 12</i>	790	9	12.05.	7	9	9	5	7	110	58,0	40,0	2,3	118,1
628854		<i>Торду 4 (TOP-PDYKKER)</i>	815	9	12.05.	9	9	9	5	5	110	50,0	39,5	2,0	121,8
64725 стандарт 1	Краснодарский край	<i>Крупинка</i>	680	9	17.05.	9	9	9	9	9	90	43,2	39,2	1,7	101,6
32453 стандарт 2	Дагестан	<i>Дербентская черноколосая</i>	655	9	18.05.	7	9	7	3	5	140	51,2	32,8	1,7	97,9
66674 стандарт 3	Краснодарский край	<i>Одари</i>	669	9	15.05.	9	9	9	9	9	95	45,2	39,0	1,8	100,0

Таблица 4.

Сорта твердой пшеницы с высоким адаптивным потенциалом и урожайностью

№ в каталоге ВИР	Происхождение	Разновидность	Название	Масса зерна с делянки	Оценка всходов	Дата колошения	Устойчивость к, балл				Оценка растения	Высота растения	Масса 1000 зерен	Число зерен с колоса	Масса зерен с колоса
							мучнистой росе	бурой ржавчине	желтой ржавчине	полеганию					
628859	Мексика	<i>T.durum var. leucomelan</i>	<i>Buto 19 (BUTORTOES)</i>	820	9	10.05.	9	9	9	7	7	110	38,0	42,2	1,7
627568		<i>T.durum var. leucurum</i>	<i>Ciccio</i>	890	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	47,2	39,6	1,7
627516	Италия	<i>T.durum var. leucomelan</i>	<i>Sorriso</i>	910	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	46,8	39,0	1,8
627517		<i>T.durum var. leucomelan</i>	<i>Grazia</i>	960	9	11.05.	9	9	9	9	9	105	48,4	47,5	2,3
627509		<i>T.durum var. leucomelan</i>	<i>Dorato</i>	985	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	45,2	42,3	1,9
64725 стандарт 1	Краснодарский край	<i>T.durum var. leucurum</i>	<i>Крупинка</i>	680	9	17.05.	9	9	9	9	9	90	43,2	39,2	1,7
32453 стандарт 2	Дагестан	<i>T.durum var. caeruleascens</i>	<i>Дербентская черноколосая</i>	655	9	18.05.	7	9	7	3	5	140	51,2	32,8	1,7
66674 стандарт 3	Краснодарский край	<i>T.durum var. leucurum</i>	<i>Одари</i>	780	9	15.05.	9	9	9	9	9	95	45,2	39,0	1,8

Таблица 5.

Образцы твердой пшеницы выделившиеся по массе 1000 зерен и по продуктивности колоса в 2019–2021 годах

№ в каталоге ВИР	Происхождение	Название	Масса зерна с делянки	Оценка всходов	Дата колошения	Устойчивость к, балл				Оценка растения	Высота растения	Масса 1000 зерен	Число зерен с колоса	Масса зерен с колоса
						мучнистой росе	бурой ржавчине	желтой ржавчине	полеганию					
628849	Мексика	<i>Phal 1 (PHALAROPUS 1)</i>	545	9	13.05.	9	9	9	5	5	125	50,0	57,4	2,9
628835		<i>CULLUK 2</i>	700	9	14.05.	9	9	9	5	7	110	50,4	47,5	2,4
66510	Италия	<i>Бурбон</i>	725	9	14.05.	7	9	9	5	5	105	52,4	41,4	2,2
628830	Мексика	<i>PODICEPS 21</i>	710	9	14.05.	9	9	9	5	7	95	46,0	50,0	2,3
624967	Турция	<i>Arttuklu</i>	740	9	10.05.	9	9	9	9	9	100	55,8	41,2	2,3
628852	Мексика	<i>Ambo 8</i>	720	9	13.05.	7	9	9	5	5	110	49,5	41,5	2,1
66510	Италия	<i>Бурбон</i>	725	9	14.05.	7	9	9	5	5	105	52,4	41,4	2,2
628829	Мексика	<i>Pod 12 (PODICEPS 12)</i>	695	9	12.05.	9	9	9	5	5	110	56,0	42,3	2,6
628865		<i>HISTRIONICUS 2</i>	580	9	15.05.	9	9	9	5	5	125	57,2	46,9	2,7
628851		<i>Ambo 12</i>	790	9	12.05.	7	9	9	5	7	110	58,0	40,0	2,4
64725 стандарт 1	Краснодарский край	<i>Крупинка</i>	680	9	17.05.	9	9	9	9	9	90	43,2	39,2	1,7
32453 стандарт 2	Дагестан	<i>Дербентская черноколосая</i>	655	9	18.05.	7	9	7	3	5	140	51,2	32,8	1,7
66674 стандарт 3	Краснодарский край	<i>Одари</i>	669	9	15.05.	9	9	9	9	9	95	45,2	39,0	1,8

РЕЗУЛЬТАТЫ

Оценка сортов по основным селекционным признакам.

Скороспелость. Длительность вегетационного периода складывается из последовательно сменяющихся этапов органогенеза, главные из которых – всходы-колошение и колошение-созревание. [4, 6, 7] Критерий скороспелости – дата колошения, для данного набора образцов это период с 5.05. до 21.05. Предел варьирования признака составляет 16 дн. при наступлении этой фенофазы у стандартов 15.05...18.05. Образцы распределили на три класса

с интервалом в восемь дней: скоро- (5.05...10.05), средне- (11.05...16.05) и позднеспелые (17.05...21.05) (табл. 1).

По происхождению скороспелые образцы преимущественно из Италии, Турции и Мексики. Известна отрицательная корреляция между скороспелостью и продуктивностью, но нам удалось выявить сорта, сочетающие скороспелость с хорошей продуктивностью: и-628860, Мексика (715 г); и-624967, Турция (740); и-627503, Италия (815); и-628859, Мексика (820); и-627516, Италия (910 г) (табл. 2, 3).

Продуктивность. Образцы сравнивали со стандартами: *Крупинка* – 680 г/м², *Дербентская черно-*

колосая – 551,3, *Одари* – 669,3 г/м². Особую селекционную ценность представляют сорта из Италии с высоким адаптивным потенциалом и урожайностью (820...985 г/м²): и-628859, и-627568, и-627516, и-627517, и-627509 (табл. 4).

Масса 1000 зерен крупнозерных образцов – 50,0...58,0 г (и-628849, и-628835 из Мексики, к – 66510 из Италии).

Масса зерна с колоса составляет 2,2...2,9 г, а число зерен с колоса – 40,0...57,4 шт. (табл. 5).

Таким образом, установлено, что образцы твердой пшеницы дифференцируются по дате колошения и распределяются на скоро-, средне- и позднеспелые формы. Выделены сочетающие скороспелость с хорошей продуктивностью: и-628859, и-628860 (Мексика); и-624967 (Турция); и-627503, и-627516 (Италия). Особенно ценны сорта с высоким адаптивным потенциалом и урожайностью (820...985 г/м²): и-628859, и-627568, и-627516, и-627517, и-627509 (Италия). Грибные болезни на растениях проявлялись в средней степени. Их развитие не достигало эпифитотийного уровня, что не позволило нам достоверно оценить полевую устойчивость.

Лучшие образцы, выявленные в результате полевого изучения в условиях Южного Дагестана по селекционно ценным признакам, рекомендуем использовать в качестве источников по созданию новых адаптивных сортов твердой пшеницы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов, В.А. Методика полевого опыта / В.А. Доспехов. – М.: «Колос», 1979.
2. Ляпунова, О.А. Сорта и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. / О.А. Ляпунова, А.С. Андреева // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – 181 (4). – С. 7–16.
3. Ляпунова, О.А. Каталог мировой коллекции ВИР / О.А. Ляпунова, М.А. Ахмедов, А.С. Андреева, М.М. Магомедов // Твердая пшеница: результаты многолетнего полевого изучения коллекции твердой пшеницы в условиях Прикаспийской низменности. – С-Пб: ВИР, 2018. – Вып. 875. – 27 с.

4. Магомедов, М.М. Твердая пшеница в условиях орошаемого земледелия Южного Дагестана / М.М. Магомедов, Б.А. Баташева, У.К. Куркиев // Вестник социально педагогического института. – 2018. – № 1 (25). – С. 38–43.
5. Мережко, А.Ф. Методические указания по изучению пшеницы. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилоса и тритикале / А.Ф. Мережко, Р.А. Удачин, В.Е. Зуев и др. – С-Пб., 1999. – 82 с.
6. Мережко, А.Ф. Проблема доноров в селекции растений / А.Ф. Мережко. – С-Пб., 1994. – 125 с.
7. Образцов, А.С. О некоторых биологических аспектах проблемы селекции на скороспелость // Сельскохозяйственная биология. – 1983. – № 10. – С. 3–12.

LIST OF SOURCES

1. Dospekhov, V.A. Metodika polevogo opyta / V.A. Dospekhov. – M.: «Kolos», 1979.
2. Lyapunova, O.A. Sorta i linii, popolnivshie genofond tverdoj pshenicy VIR v 2000–2019 gg. / O.A. Lyapunova, A.S. Andreeva // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2020. – 181 (4). – S. 7–16.
3. Lyapunova, O.A. Katalog mirovoj kolekcii VIR / O.A. Lyapunova, M.A. Ahmedov, A.S. Andreeva, M.M. Magomedov // Tverdaya pshenica: rezul'taty mnogoletnego polevogo izucheniya kolekcii tverdoj pshenicy v usloviyah prikaspijskoj nizmennosti. – S-Pb: VIR, 2018. – Vyp. 875. – 27 s.
4. Magomedov, M.M. Tverdaya pshenica v usloviyah oroshayemogo zemledeliya Yuzhnogo Dagestana / M.M. Magomedov, B.A. Batasheva, U.K. Kurkiev // Vestnik social'no pedagogicheskogo instituta. – 2018. – № 1 (25). – S. 38–43.
5. Merezko, A.F. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu pshenicy. Popolnenie, sohranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy, egilopsa i tritikale / A.F. Merezko, R.A. Udachin, V.E. Zuev i dr. – S-Pb., 1999. – 82 s.
6. Merezko, A.F. Problema donоров v selekcii rastenij / A.F. Merezko. – S-Pb., 1994. – 125 s.
7. Obrazcov, A.S. O nekotoryh biologicheskikh aspektah problemy selekcii na skorospelost' // Sel'skhozaystvennaya biologiya. – 1983. – № 10. – S. 3–12.

А.А. Налбандян, кандидат биологических наук
Т.П. Федулова, доктор биологических наук
Е.А. Тороп, доктор биологических наук
О.В. Ткаченко, младший научный сотрудник
Т.Н. Дуванова, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова
РФ, 396030, Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, 86
E-mail: arpnal@rambler.ru

УДК 633.63:631.52

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/33-37

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАПЛОИДНЫХ ЛИНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Цель исследований – проведение молекулярно-генетического изучения гаплоидных растений-регенерантов сахарной свеклы, полученных в культуре *in vitro* путем прямой регенерации. Представлены результаты молекулярной оценки линий по пяти микросателлитным локусам (SSR-маркеры – *Unigenes*: 24552, 14805, 16898, 22373 и 27833) и трем минисателлитным (TRs). Получены экспериментальные данные, характеризующие исходные линии сахарной свеклы по молекулярно-генетическим маркерам и позволяющие четко их дифференцировать. Определены генетические расстояния (Эвклидовы) между изученными генотипами. Осуществлена кластеризация микроклонов сахарной свеклы, составлены уникальные ДНК-профили для селекционных образцов. Установлено, что ДНК-маркеры митохондриального генома сахарной свеклы, относящиеся к семейству минисателлитов TRs (TR1 и TR3), позволяют с высокой эффективностью идентифицировать микроклональные растения как MS- и O-тип формы. Выявлено, что для растений-опылителей (закрепители стерильности) O-типа характерно наличие ДНК-ампликонов длиной 700 (TR1) и 500 п.н. (TR3). У растений-регенерантов MS-форм фрагменты размером 400 п.н.

Ключевые слова: сахарная свекла, растения-регенеранты, цитоплазматическая мужская стерильность, праймеры, микросателлиты, минисателлиты, ПЦР-анализ.

A.A. Nalbandyan, *PhD in Biological sciences*
T.P. Fedulova, *Grand PhD in Biological sciences*
E.A. Torop, *Grand PhD in Biological sciences*
O.V. Tkachenko, *Junior Researcher*
T.N. Duvanova, *Junior Researcher*

A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar
RF, 396030, Voronezhskaya obl., Ramonskij r-n, p. VNIISS, 86
E-mail: arpnal@rambler.ru

MOLECULAR-GENETIC CHARACTERIZATION OF HAPLOID SUGAR BEET LINES

Aim of the investigations is to carry out molecular-genetic study of sugar beet haploid plants-regenerants obtained by direct regeneration under *in vitro* culture. Results of these sugar beet lines' molecular evaluation according to five microsatellite loci (SSR-markers – *Unigenes*: 24552, 14805, 16898, 22373 and 27833) and three minisatellites (TRs). As a result of the studies, experimental data characterizing initial sugar beet lines according to these molecular-genetic markers and allowing their clear differentiation have been obtained. Genetical distances (Euclidean) between the studied genotypes have been determined. The obtained sugar beet microclones have been clustered, and unique DNA-profiles for these breeding individuals have been made. From the results of the conducted molecular-genetic analysis of haploid plants-regenerants, it has been determined that DNA-markers of sugar beet mitochondrial genome belonging to the family of TRs minisatellites (TR1 and TR3) allow high-reliable identification of microclonal plants as MS and O-type forms. It has been revealed that plants-pollinators (sterility maintainers) of O-type are characterized by presence of DNA-amplicons: 700 bp in length when using the primer TR1 and 500 bp in length when using the primer TR3. The fragments of 400 bp are typical of MS plants-regenerants.

Keywords: sugar beet, plants-regenerants, cytoplasmic male sterility, primers, microsatellites, minisatellites, PCR-analysis.

На современном этапе развития селекции растений наиболее результативный метод повышения продуктивности – гетерозис. Однако резкое повышение продуктивности наблюдается только в первом поколении гибрида, а в последующих – столь же резкое ее падение. Семена гибридов применяют один раз и их требуется производить вновь. Поэтому необходимо разработать альтернативные пути использования гетерозиса. На наш взгляд, подходит метод закрепления гетерозиса, предложенный В.А. Струнниковым. [4] Согласно автору, высокая

продуктивность гетерозисного гибрида первого поколения – это результат концентрации в генотипе гибрида скоординированного комплекса благоприятных генов (ККГ-комплекс), подавляющих действие неблагоприятных рецессивных леталей и полuletалей. Следовательно, для «закрепления гетерозиса» в последующих поколениях необходимо очистить генотип исходного гибрида от летальных, «неэффективно действующих генов», сохранив комплекс благоприятных, повышающих продуктивность генов путем создания гомозиготных особей

на основе генотипа гетерозисного гибрида. Наиболее эффективно «очищают» генотип исходного высокопродуктивного гибрида технологии получения линий удвоенных гаплоидов (ДН-технологии). [6] Главная ценность – отсутствие у них летальных и полублетальных генов, и возможность перевода гаплоидов на диплоидный уровень (гомозиготные ДН-линии). Важнейшая задача в селекции сахарной свеклы – оценка генетического разнообразия с помощью микросателлитных (SSR) маркеров. [11] Предварительный анализ линий и гибридов молекулярными маркерами перед посевом помогает в планировании полевых испытаний, дает первое представление об однородности и отличимости линий при условии достаточного количества маркеров. [5] Развитие методов молекулярного анализа генов высших растений позволило изучать не только ядерные, но и митохондриальные и хлоропластные геномы. Цитоплазматические детерминанты системы ЦМС, использование которой в селекции сахарной свеклы имеет большое значение, находятся в митохондриальном геноме. Наличие митохондриального гена, обеспечивающего стерильность у растений-регенерантов, изучали микросателлитными праймерами (повторяющиеся фрагменты ДНК длиной от 9...10 и более нуклеотидов семейства *TR*: *TR1*, *TR2*, *TR3* и *TR4*). [10]

Выявление локус-специфических ДНК-маркеров для молекулярного генотипирования и идентификации локусов, сцепленных с признаком ЦМС – актуальное направление исследований.

Цель работы – молекулярно-генетические изучение гаплоидных растений-регенерантов сахарной свеклы, полученных в культуре *in vitro* путем прямой регенерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения в культуре *in vitro* гаплоидных микроклонов использовали неоплодотворенные семязачатки растения МС-формы (№ 709) высокопродуктивного гибрида РМС-137 в фазе формирования бутонов. Получено девять - линий растений-регенерантов. ДНК экстрагировали наборами для выделения геномной ДНК (ЗАО «Синтол»). Качество образцов оценивали электрофорезом в 1,2 % агарозном геле, концентрацию – набором HS QubitR (Thermo Fisher Scientific, США), ПЦР – на приборе SimpliAmp (Thermo Fisher Scientific, США). Протокол ПЦР: 1) предварительная денатурация 94°C, 4 мин.; 2) 30 циклов: денатурация 94°C – 35 с; отжиг – 45 с; элонгация при 72°C – 60 с; 3) заключительная элонгация при 72°C – 4 мин. Состав ПЦР-смеси: 1×ПЦР-буфер, 2,5 мМ MgCl₂, по 0,2 мМ смеси dНТФ, 1 ед. Taq ДНК-полимеразы, ДНК 500 нг, праймеры 0,5 мкМ.

В работе по генотипированию полученных гаплоидных линий, созданию генетических паспортов и штрих-кодов применяли пять SSR-праймеров к микросателлитным локусам генома сахарной свеклы: Unigene 24552, Unigene 14805, Unigene 16898, Unigene 22373, Unigene 27833. [7] Также протестировали вышеуказанные образцы на цитоплазматическую мужскую стерильность, которая кон-

Таблица 1.
Нуклеотидные последовательности и характеристики пяти микро-и трех минисателлитных праймеров

Праймер	Последовательность 5' – 3'	T _m °C	Ссылка
Unigene 24552	F: AACAACTCACTCATCCTTCTTC R: ATGAAAGCAAACGACTAGCAG	54,5	Fugate, 2014
Unigene 14805	F: ACATGTCAACTCTCAACAATCC R: TCACTAGGAGAAAACCTTC	–/–	–/–
Unigene 16898	F: AGAACTTAGATTGTGACCTGCT R: GATGGGAAGAGAGATTAGTG	–/–	–/–
Unigene 22373	F: AAAGGAAACTACCCCTACACTT R: AAAGGAGAAAGAAGACGATGAG	–/–	–/–
Unigene 27833	F: GAGTCATCAACACCAAACTACA R: ATTAGCCAAGAAAATCACCC	–/–	–/–
TR1	F: AGAACTTCGATAGGCGAGAGG R: GCAATTTTCAGGGCATGAACC	59	Nishizawa, 2000
TR2	F: TTAATTGCCAGACCGGAGGC R: GAGCTTGCTCGCAGCTTATG	57	–/–
TR3	F: AGATCAAACAGAGGGACTG R: CGGATCACCTATTCAATTG	56	–/–

Таблица 2.
Характеристика пяти SSR-праймеров к микросателлитным локусам генома

SSR-локус	Мотив	Число аллелей	Размер фрагментов, п.н.	PIC
Unigene 24552	(CTT)14	29	50...600	0,71
Unigene 14805	(TCA)7	45	100...1500	0,85
Unigene 16898	(CAA)8	37	220...1000	0,82
Unigene 22373	(CCA)4	24	200...600	0,75
Unigene 27833	(ATA)7	63	200...1200	0,88

тролируется митохондриальными генами, потребовалось три пары минисателлитных праймеров семейства *TR*. [10]

Нуклеотидные последовательности и характеристики пар праймеров представлены в таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено генотипирование девяти гаплоидных растений-регенерантов сахарной свеклы по пяти SSR-маркерам, всего выявлено 198 ДНК-ампликонов, рассчитан PIC (показатель информационного полиморфизма) каждого маркера (табл. 2). Чем выше PIC, тем «ценнее» маркер, так как он отражает способность устанавливать полиморфизм популяции в зависимости от числа обна-

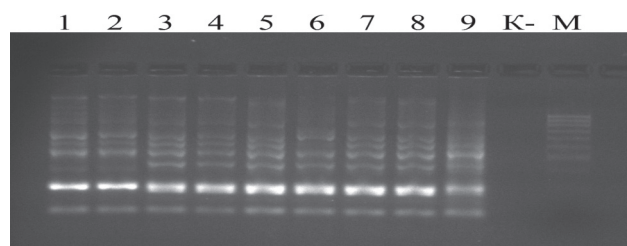


Рис. 1. Электрофоретическое разделение ПЦР-продуктов, полученных с праймерами к SSR-локусу Unigene 27833 F/R: 1...9 – анализируемые линии; К – отрицательный контроль (без ДНК); М – маркер молекулярных масс ДНК GeneRuler™ (Thermo Fisher Scientific, США) (то же на рис. 2).

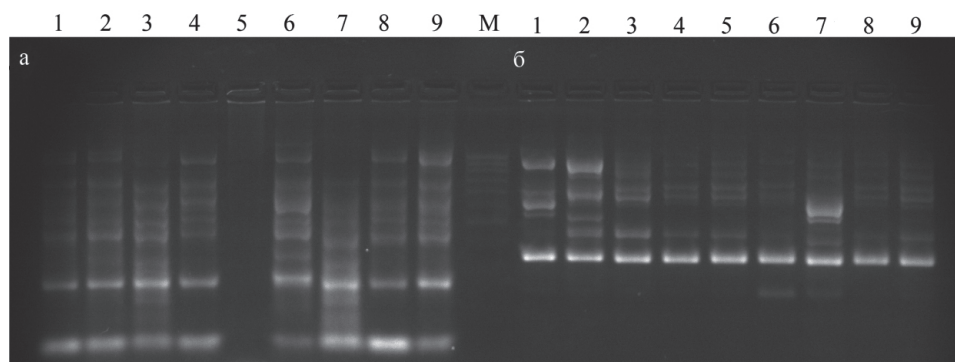


Рис. 2. Электрофоретическое разделение ПЦП-продуктов, полученных с праймерами к SSR-локусам Unigene 24552 F/R (а) и Unigene 14805 F/R (б).

руживаемых аллелей и распределения их частот. Величину PIC находили по формуле:

$$PIC_j = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2,$$

где i – i -й аллель j -го маркера, n – число аллелей j -го маркера, P – частота аллелей. [9]

Так, по локусу Unigene 27833 F/R обнаружено 63 ПЦП-продукта, длиной от 200 до 1200 п.н. (рис. 1). Он оказался высокополиморфным, PIC – 0,88.

По праймерам Unigene 24552 F/R и Unigene 14805 F/R выявлено 29 (50...600 п.н.) и 45 (100...1500 п.н.) ПЦП-продуктов соответственно (рис. 2). Полиморфизм составляет 0,71 и 0,85 соответственно, что свидетельствует о возможности использования данных маркеров для генотипирования.

Полукусам Unigene 22373 F/R и Unigene 16898 F/R обнаружено 26 и 35 ПЦП-продуктов длиной от 100 до 1500 п.н. соответственно. Оба высокополиморфные, PIC – 0,75 и 0,82 соответственно.

На основе выявленных аллелей рассчитали матрицу генетической близости исследуемых образцов сахарной свеклы (табл. 3). Наибольшее установленное генетическое расстояние $D_N = 4,123$.

По рассчитанным генетическим расстояниям дифференцировали линии сахарной свеклы методом кластерного анализа (рис. 3).

Изучаемые линии сахарной свеклы разделили на дивергентные кластеры в соответствии с алгоритмом PAST. Выявленный уровень генетической дифференциации наглядно иллюстрирует их расположение на дендрограмме, полученной при многомерном шкалировании матрицы корреляционного сходства. Образцы 1 и 2, имеющие сходную генетическую структуру по изученным микросателлитным локусам ядерной ДНК, близко расположены друг к другу. Образец 6 удален от других образцов, что свидетельствует о генетическом отличии данного генотипа от других номеров.

По результатам молекулярного анализа составлены мультилокусные генетические паспорта и штрих-коды линий (рис. 4).

Микроклоны протестировали на наличие митохондриальных локусов, ответственных за мужскую стерильность. Известно, что минисателлиты – высоковариабельные тандемные повторы, применяются для оценки полиморфизма митохондриаль-

ного генома. Ранее в исследованиях иностранными авторами обнаружены и описаны четыре локуса тандемных повторов (TR1, TR2, TR3, TR4) в митохондриальном геноме сахарной свеклы. Семейство минисателлитов TR состоит из тандемных повторов длиной 30...32 п.н., количество варьирует от 2 до 13 генотипов. Маркеры TR1 и TR3 сцеплены с генами, контролирующими ЦМС. [8] Признак цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) – один из немногих, связанный с генами митохон-

Таблица 3. Матрица генетической близости линий

Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	–	1,732	3,464	3,464	3,872	4,123	3,605	3,316	3,741
2	1,732	–	3,316	3,316	4,000	4,000	3,464	3,162	3,316
3	3,464	3,316	–	2,000	3,000	3,605	2,645	1,732	2,449
4	3,464	3,316	2,000	–	3,000	3,605	3,316	1,732	2,449
5	3,872	4,000	3,000	3,000	–	3,741	2,828	2,828	3,000
6	4,123	4,000	3,605	3,605	3,741	–	3,464	3,464	3,316
7	3,605	3,464	2,645	3,316	2,828	3,464	–	2,828	3,000
8	3,316	3,162	1,732	1,732	2,828	3,464	2,828	–	1,732
9	3,741	3,316	2,449	2,449	3,000	3,316	3,000	1,732	–

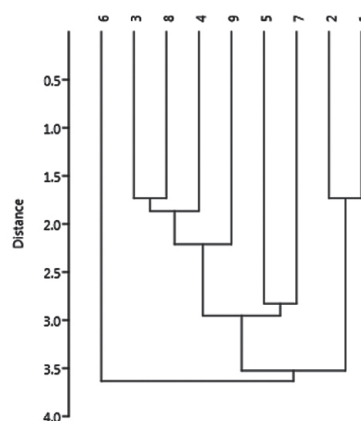


Рис. 3. Генетические взаимоотношения линий на основе межгрупповых связей.

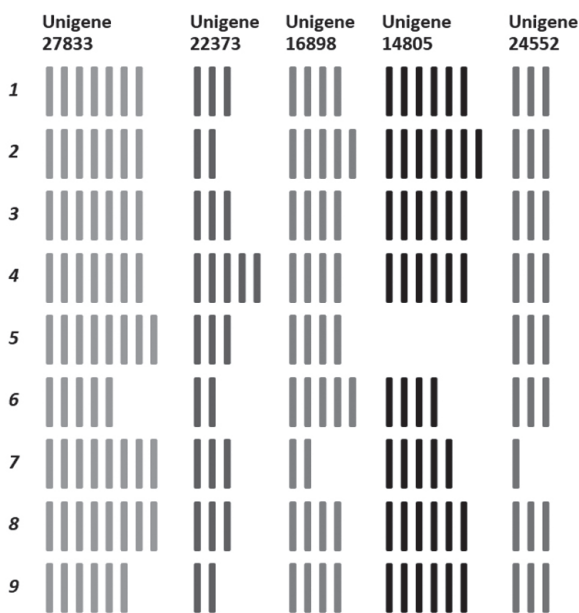


Рис. 4. Штрих-коды линий сахарной свеклы на основе SSR-анализа.

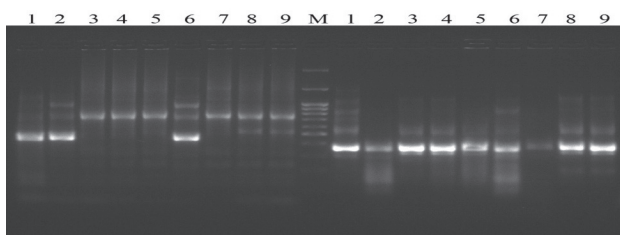


Рис. 5. Электрофореграмма продуктов ПЦР с праймерами TR1 (слева) и TR2 (справа): 3...5 и 7...9 – для форм закрепителя стерильности О-типа; 1...2 – МС-форма, 6 – микс (Op). М – маркер молекулярных масс ДНК GeneRuler™, 100...3000 п.н. (Thermo Fisher Scientific, США) (то же на рис. 6).

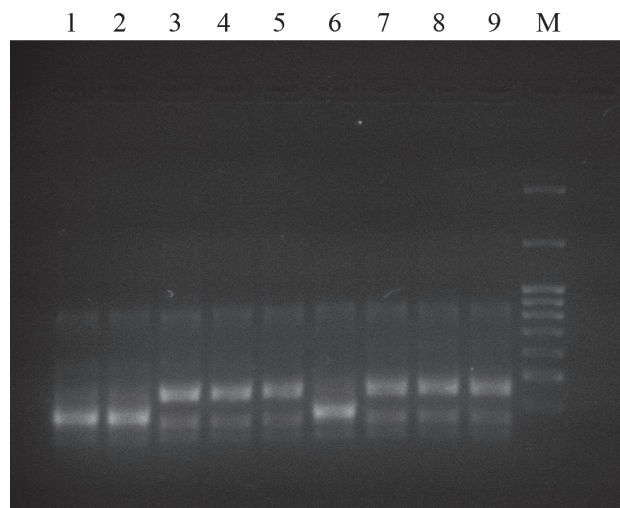


Рис. 6. Электрофореграмма продуктов ПЦР с праймером TR3.

дрий у высших растений, выражается в формировании пыльников со стерильной пылью.

Для подтверждения молекулярно-генетическими методами принадлежности девяти исследуемых гаплоидных регенерантов к МС- и О-тип формам,

заранее ранжированных методами классической селекции, проведена амплификация ДНК образцов с праймерами TR1, TR2 и TR3. С TR1 – фрагменты длиной ~700 п.н. (О-тип) у образцов 3...5 и 7...9; длиной ~400 п.н. (МС-форма) у 1, 2 и 6. У образца 6 обнаружено оба вышеуказанных ампликона. Так как в его геноме амплифицируются оба фрагмента, то однозначно говорить о его принадлежности к МС- или О-типу нельзя. А.Г. Брагин [1] показал, что N- и *Svulg*-специфичные маркеры повсеместно присутствуют в цитоплазмах растений как с оуэновским плазмотипом, так и плазмотипом, который обеспечивает образование фертильной пыльцы. Данные, полученные автором, свидетельствуют в пользу независимого сосуществования митохондриальных геномов N- и *Svulg*-типов в пределах митохондрий растений одной линии. Предположительно, это и объясняет неоднородность данного образца.

Маркер TR2 при амплификации не выявил разнообразия (мономорфный). Обнаружен ПЦР-фрагмент размером ~400 п.н. у всех генотипов (рис. 5).

Амплификация ДНК с праймером TR3 показала наличие фрагментов длиной ~500 п.н. (О-тип) у образцов 3...5, 7...9, длиной ~400 (МС-форма) у 1, 2 и 6 (рис. 6).

Таким образом, данные праймеры позволяют на ранних этапах разделять гаплоидные растения-регенеранты на МС- и О-тип формы, что имеет важную теоретическую и практическую значимость для селекции.

Выводы. На базе высокоурожайного гибрида сахарной свеклы отечественной селекции РМС-137 получено девять гаплоидных линий растений-регенерантов, путем культивирования неоплодотворенных семязачатков в культуре *in vitro*.

Молекулярно-генетические исследования позволили дифференцировать эти линии на МС- и О-типы, создать на основе SSR-анализа уникальные генетические профили (паспорта), штрих-коды для каждой гаплоидной линии, что помогает идентифицировать их при использовании в селекции. С помощью апробированных праймеров TR1 и TR3 можно на ранних этапах разделять гаплоидные растения-регенеранты на МС- и О-тип формы. Линии растений-регенерантов, отобранные по молекулярно-генетическим признакам, будут вовлечены в дальнейшую работу по получению высокопродуктивных гибридов с закрепленным уровнем гетерозиса.

Интенсивное развитие молекулярно-генетических технологий помогает выявить новые подходы для определения генетических детерминант фенотипических признаков, их картирование с помощью молекулярных маркеров, наряду с классическими методами генетики и селекции. Создание новых генетически маркированных гаплоидных линий сахарной свеклы, полученных на базе высокопродуктивных гибридов, внесет вклад в развитие отечественных прикладных молекулярно-генетических и селекционных исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Брагин, А.Г. Анализ гетероплазматического состояния митохондриальной ДНК фертильных и мужско-стерильных растений сахарной свеклы (*Beta vulgaris*) /

- А.Г. Брагин, М.К. Иванов, Л.А. Федосеева, Г.М. Дымшиц // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2011. — Т. 15. — № 3. — С. 585—590.
2. Васильченко, Е.Н. Технология создания реституционных линий сахарной свеклы / Е.Н. Васильченко, Т.П. Жужжалова, Т.Г. Ващенко // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2018. — № 1 (56). — С. 56—64. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.56.
 3. Налбандян, А.А. Микросателлитные маркеры в селекции сахарной свёклы / А.А. Налбандян, Т.П. Федуллова, Н.Р. Михеева, А.В. Корниенко // Сахар. — 2021. — № 3. — С. 37—40.
 4. Струнников, В.А. Гетерозис можно закрепить в потомстве / В.А. Струнников, Л.В. Струнникова // Природа. — 2003. — № 1. — С. 3—7.
 5. Шилов, И.А. Создание современных гибридов сахарной свёклы с применением микросателлитного анализа / И.А. Шилов, Ю.В. Анискина, Т.В. Шалаева и др. // Сахар. — № 8. — 2020. — С. 32—36.
 6. Dunwell, J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation / J.M. Dunwell // Plant Biotechnology Journal. — 2010. — V. 8. — P. 377—424. DOI 10.1111/j.1467-7652.2009.00498.x.
 7. Fugate, K. Generation and Characterization of a Sugarbeet Transcriptome and Transcript-Based SSR Markers / K. Fugate, D. Fajardo, B. Schlautman et al. // The Plant Genome. — 2014. — V. 7. — № 2. — P. 1—13. DOI:10.3835/plantgenome2013.11.0038.
 8. Liu, Q. Analysis of Cytoplasm Polymorphism on the TR2 Locus of Mitochondria Genome in Leaf Beet Line SK-5 / Q. Liu, L. Liu, Ch. Luo et al. // Advances in Biological Sciences Research. — 2017. — 4. — P. 292—296.
 9. Nei, M. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases / M. Nei, W.H. Li // PNAS USA. — 1979. — V. 76. — P. 5269—5273.
 10. Nishizawa, S. Variable number of tandem repeat loci in the mitochondrial genomes of beets / S. Nishizawa, T. Kubo, T. Mikami // Current Genetics. — 2000. — V. 37. — P. 34—38. DOI 10.1007/s002940050005.
 11. Surinder, K. Profiling of sugar beet genotypes for agronomical, sugar quality and forage traits and their genetic diversity analysis using SSR markers / K. Surinder, K. Navraj, G. Meenakshi et al. // Electronic Journal of Plant Breeding. — 2016. — V. 7. — P. 253—266.
 12. Taški-Ajdković, K. Estimation of genetic diversity and relationship in sugar beet pollinators based on SSR markers / K. Taški-Ajdković, N. Nagl, Ž. Čurčić, M. Zorić // Electronic Journal of Biotechnology. — 2017. — No. 27. — P. 1—7.
 13. Xia, H. Microhomologies Are Associated with Tandem Duplications and Structural Variation in Plant Mitochondrial Genomes / H. Xia, W. Zhao, Y. Shi et al. // Genome Biol. Evol. — 2020. — V. 12. — № 11. — P. 1965—1974. DOI 10.1093/gbe/evaa/172.
- LIST OF SOURCES**
1. Bragin, A.G. Analiz geteroplazmatskogo sostoyaniya mitochondrial'noj DNK fertil'nyh i muzhskosteril'nyh rastenij saharnoj svekly (*Beta vulgaris*) / A.G. Bragin, M.K. Ivanov, L.A. Fedoseeva, G.M. Dymshic // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2011. — T. 15. — № 3. — S. 585—590.
 2. Vasil'chenko, E.N. Tekhnologiya sozdaniya restitucionnyh linij saharnoj svekly / E.N. Vasil'chenko, T.P. Zhuzhhalova, T.G. Vashchenko // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. — 2018. — № 1 (56). — S. 56—64. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.1.56.
 3. Nalbandyan, A.A. Mikrosatellitnye markery v selekcii saharnoj svyokly / A.A. Nalbandyan, T.P. Fedulova, N.R. Miheeva, A.V. Kornienko // Sahar. — 2021. — № 3. — S. 37—40.
 4. Strunnikov, V.A. Geterozis mozhno zakrepit' v potomstve / V.A. Strunnikov, L.V. Strunnikova // Priroda. — 2003. — № 1. — S. 3—7.
 5. Shilov, I.A. Sozdanie sovremennyh gibridov saharnoj svyokly s primeneniem mikrosatellitnogo analiza / I.A. Shilov, Yu.V. Aniskina, T.V. Shalaeva i dr. // Sahar. — № 8. — 2020. — S. 32—36.
 6. Dunwell, J.M. Haploids in flowering plants: origins and exploitation / J.M. Dunwell // Plant Biotechnology Journal. — 2010. — V. 8. — P. 377—424. DOI 10.1111/j.1467-7652.2009.00498.x.
 7. Fugate, K. Generation and Characterization of a Sugarbeet Transcriptome and Transcript-Based SSR Markers / K. Fugate, D. Fajardo, B. Schlautman et al. // The Plant Genome. — 2014. — V. 7. — № 2. — P. 1—13. DOI:10.3835/plantgenome2013.11.0038.
 8. Liu, Q. Analysis of Cytoplasm Polymorphism on the TR2 Locus of Mitochondria Genome in Leaf Beet Line SK-5 / Q. Liu, L. Liu, Ch. Luo et al. // Advances in Biological Sciences Research. — 2017. — 4. — P. 292—296.
 9. Nei, M. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases / M. Nei, W.H. Li // PNAS USA. — 1979. — V. 76. — P. 5269—5273.
 10. Nishizawa, S. Variable number of tandem repeat loci in the mitochondrial genomes of beets / S. Nishizawa, T. Kubo, T. Mikami // Current Genetics. — 2000. — V. 37. — P. 34—38. DOI 10.1007/s002940050005.
 11. Surinder, K. Profiling of sugar beet genotypes for agronomical, sugar quality and forage traits and their genetic diversity analysis using SSR markers / K. Surinder, K. Navraj, G. Meenakshi et al. // Electronic Journal of Plant Breeding. — 2016. — V. 7. — P. 253—266.
 12. Taški-Ajdković, K. Estimation of genetic diversity and relationship in sugar beet pollinators based on SSR markers / K. Taški-Ajdković, N. Nagl, Ž. Čurčić, M. Zorić // Electronic Journal of Biotechnology. — 2017. — No. 27. — P. 1—7.
 13. Xia, H. Microhomologies Are Associated with Tandem Duplications and Structural Variation in Plant Mitochondrial Genomes / H. Xia, W. Zhao, Y. Shi et al. // Genome Biol. Evol. — 2020. — V. 12. — № 11. — P. 1965—1974. DOI 10.1093/gbe/evaa/172.

З.Е. Ожерельева, кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Лупин, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур

РФ, 302530, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина

E-mail: ozherelieva@vniispk.ru

УДК 711:631.527

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/38-41

**ИЗУЧЕНИЕ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ СОРТОВ МАЛИНЫ
В УСЛОВИЯХ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2019–2021 годах. Объект исследований – сорта шотландской селекции: *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magma*; английской – *Joan J*, *Octavia* и польской – *Laszka*. Интродукция новых сортов должна сопровождаться характеристикой не только их продуктивности, но в первую очередь зимостойкости. Мы проанализировали зимостойкость интродуцированных сортов малины в полевых и лабораторных условиях. Путем моделирования основных компонентов зимостойкости выявлен потенциал устойчивости опытных сортов малины. В полевых условиях по результатам трехлетних исследований выделили морозостойкие сорта – *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magma*, *Laszka* (повреждение почек и тканей однолетних побегов – не более 2,0 баллов) на уровне контрольного сорта. По итогам искусственного промораживания наибольшим потенциалом устойчивости по основным компонентам зимостойкости обладали сорта – *Glen Ample*, *Glen Magma*, *Laszka*. При изучении сортовых особенностей по нагрузке урожая применили биологический учет. Определили количество плодоносящих побегов, ягод с одного побега и куста, величину ягод, а также биологический урожай с одного побега и куста. Выделили сорт *Glen Ample* с очень крупными ягодами (6,1 г). Высокую фактическую урожайность показали: *Glen Ample*, *Glen Magma*, *Glen Lyon*, *Laszka* (выше 15 т/га). В результате найдены перспективные интродуцированные сорта малины (*Glen Ample*, *Glen Magma*, *Laszka*) для дальнейшей селекции и производственного выращивания в условиях Орловской области.

Ключевые слова: малина, интродуцированные сорта, зимостойкость, искусственное промораживание, величина ягод, урожайность.

Z.E. Ozherel'eva, *PhD in Agricultural sciences*M.V. Lupin, *PhD student*

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding

RF, 302530, Orlovskaya obl., Orlovskij r-n, d. Zhilina

E-mail: ozherelieva@vniispk.ru

**THE STUDY OF INTRODUCED RASPBERRY VARIETIES
IN THE ORYOL REGION CONDITIONS**

The work was carried out on the basis of the laboratory of physiology of resistance of fruit plants at VNIISPK in 2019–2021. Scottish cultivars *Glen Ample*, *Glen Lyon* and *Glen Magma*; English cultivars *Joan J* and *Octavia* and Polish cultivar *Laszka* were studied. The introduction of new cultivars should be accompanied by a characteristic not only of their productivity, but primarily of winter hardiness. We analyzed the winter hardiness of introduced raspberry cultivars in the field and laboratory conditions. By modeling the main components of winter hardiness, the stability potential of experimental raspberry cultivars was revealed. In the field, according to the results of three-year studies, frost-resistant cultivars *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magma*, *Laszka* were isolated (damage to the buds and tissues of annual shoots no more than 2.0 points) at the level of the control cultivar. According to the results of artificial freezing, *Glen Ample*, *Glen Magma* and *Laszka* were characterized by the greatest resistance potential for the main components of winter hardiness. Biological accounting was applied when studying the cultivar characteristics of the crop load. A number of fruit-bearing shoots, number of berries from one shoot and bush, the size of berries, as well as the biological yield from one shoot and bush were determined. *Glen Ample* with very large berries (6.1 g) was identified. The high actual yield was shown by *Glen Ample*, *Glen Magma*, *Glen Lyon*, *Laszka* (above 15 t/ha). As a result, promising introduced raspberry varieties *Glen Ample*, *Glen Magma*, *Laszka* were identified for further breeding and production cultivation in the conditions of the Orel region.

Keywords: raspberry, introduced cultivars, winter hardiness, artificial freezing, berry size, productivity.

Малина – ягодная культура, которая обладает ценными производственно-биологическими качествами, экономической выгодностью и высокими питательными достоинствами. [5] Потребляя ее, население получает необходимые витамины, минеральные вещества, незаменимые органические кислоты, обеспечивающие здоровье и долголетие человека. [12]

Успешное выращивание любой культуры в конкретном климатическом регионе зависит от нескольких факторов, но, прежде всего, от адаптивности растения к условиям окружающей среды. [10] Накопленный исследователями фактический ма-

териал свидетельствует о том, что главный зимний повреждающий фактор – температурный стресс. [8, 17] Надземная часть довольно чувствительна к низким зимним температурам. На многие высокопродуктивные сорта снижение температуры до минус 27°...минус 30°С действует губительно. [1, 3, 11] Поэтому интродукция новых сортов должна сопровождаться характеристикой их зимостойкости. [2]

Цель работы – изучение интродуцированных сортов малины по хозяйственно ценным признакам и выделение из них наиболее перспективных для селекции и выращивания в условиях Орловской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

По метеорологическим данным зима 2018–2019 года в Орловской области была с умеренными морозами и небольшой суммой среднесуточных температур воздуха (минус 468,5°C). Минимальная температура воздуха и на поверхности снега не опускалась ниже минус 24,5°C. Зимний период 2019–2020 года был аномально теплым (сумма среднесуточных температур воздуха – минус 127,6°C). Минимальная температура воздуха и на поверхности снега не опускалась ниже минус 15,5°C. Зима 2020–2021 года характеризовалась резкими перепадами положительных и отрицательных температур. Так в конце января наблюдали продолжительную оттепель. При этом максимальная температура воздуха повышалась до 4,5°C, затем в феврале понижалась до минус 30°C. В марте зафиксировали возвратный мороз (минус 24°C), которому предшествовала шестидневная оттепель (максимальная температура воздуха – 4°C).

Объект исследования – интродуцированные сорта малины шотландской селекции: *Glen Ample* (*Meeker* × *Glen Prosen*), *Glen Lyon* (*SCRI 7331/1* × *SCRI 7256/1*), *Glen Magna* (*Meeker* × 7719B11); английской – *Joan J* (*Joan Squire* × *Terri-Louise*) и *Octavia* (*Glen Ample* × EM 5928/1140); польской – *Laszka* (80408 × 80192).

Полевые учеты и наблюдения проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». [4] Искусственное промораживание выполняли в климатической камере «Espress» PSL-2КРН (Япония) по общепринятой методике. [6]

Существенные различия между сортами (HCP_{05}) определены с достоверной вероятностью 95% (ANOVA).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За три года наблюдений сорта малины (*Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magna*, *Laszka*) имели зимостойкость с обратимыми повреждениями почек и тканей однолетних побегов на уровне контрольного сорта Бриганттина. При этом сильнее подмерз английский сорт *Octavia* со средним баллом повреждения почек и тканей однолетних побегов (рис. 1, 3-я стр. обл.). Зима 2021 года характеризовалась резкими перепадами положительных и отрицательных температур. Восьмидневная оттепель (максимальная температура воздуха повышалась до 4,5°C) в конце января и последующее понижение температуры воздуха в феврале до минус 30°C негативно отразились на зимостойкости интродуцированных сортов малины: *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magna*, *Octavia*, *Laszka*. Полевой учет подмерзания в 2021 году показал, что побеги и почки однолетних побегов сортов малины зарубежной селекции подмерзли – 2,5...3,0 балла. Наши выводы о том, что многие сорта малины подмерзают при снижении температуры воздуха до минус 27°...минус 30°C подтверждаются другими учеными. [1, 3, 11]

Для выявления максимального потенциала зимостойкости провели искусственное промораживание однолетних побегов в режиме критических температур для изучаемой культуры. [6] В Орловской области в начале декабря возможны понижения темпера-

туры воздуха до минус 25°C и поэтому сорта должны набирать необходимый уровень морозостойкости к началу зимы. При температуре минус 25°C в начале декабря (I компонент зимостойкости) отметили высокую морозостойкость почек и тканей однолетних побегов с незначительными повреждениями (не более 1,0 балла). Это указывает на то, что опытные сорта малины своевременно проходили осеннюю закалку. В январе при минус 35°C (II компонент зимостойкости) морозостойкость снижалась до среднего уровня у *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magna*, *Laszka*, *Joan J* и *Octavia*. В большей степени у них повредились почки, кора и камбий. Древесина однолетних побегов при температуре минус 35°C пострадала несущественно (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Оттепели в феврале и марте особенно опасны для растений малины, так как в этот период они находятся в вынужденном покое. Потеря морозостойкости у растений, вышедших из органического покоя, объясняется возобновлением ростовых процессов при положительных температурах. Поэтому важно сортам малины сохранять морозостойкость на фоне затяжных оттепелей. [7, 9, 13, 14] Интродуцированные сорта *Glen Ample*, *Glen Magna*, *Laszka*, *Joan J* и *Octavia* проявили средний уровень морозостойкости почек, коры и камбия при снижении температуры в феврале до минус 25°C после трехдневной оттепели (2°C) (III компонент зимостойкости). У сорта *Glen Lyon* при минус 25°C после трехдневной оттепели почки сильно подмерзли. Тем не менее он проявил средний уровень морозостойкости коры и камбия однолетних побегов. Все сорта в период оттепели сохранили морозостойкость древесины однолетних побегов на высоком уровне, как и в условиях II компонента зимостойкости (рис. 3, 3-я стр. обл.).

Малина часто подмерзает в конце зимы, так как в период вынужденного покоя снижается морозостойкость и способность к повторной закалке. [15] Если в растениях возобновляется ростовая активность под воздействием положительных температур, способность к повторной закалке снижается, поэтому для благополучной перезимовки важно восстанавливать морозостойкость после оттепели. В лабораторных условиях после трехдневной оттепели (2°C) и повторной закали при снижении температуры до минус 30°C (IV компонент зимостойкости) сорта *Laszka* и *Glen Magna* характеризовались морозостойкостью с обратимыми повреждениями почек и коры однолетних побегов. При этом камбий у *Glen Magna* не повредился возвратным морозом (минус 30°C) после оттепели (2°C). У *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Joan J* и *Octavia* зафиксировали средний балл повреждения почек и коры однолетних побегов. Камбий значительных повреждений не имел. Древесина у интродуцированных сортов малины сохранилась здоровой (рис. 4, 4-я стр. обл.).

При биологическом учете урожая отметили существенные различия в зоне плодоношения изученных сортов малины на 95% уровне значимости. По всем сортам проявилось среднее количество побегов замещения – 4...5 шт. на погонный метр. Опытные сорта малины по количеству ягод с побега были выше уровня контроля *Бриганттина*. Максимальное количество ягод с одного побега и куста определили у *Glen Ample*, *Glen Lyon*, *Glen Magna* и *Laszka*, очень крупноплодным оказался *Glen Ample* (6,1 г),

Таблица 1.
Показатели потенциальной урожайности малины, 2019–2021 годы

Сорт	Вес ягоды, г	Количество ягод, шт.		Урожай	
		побег	куст	кг/побег	кг/куст
<i>Glen Ample</i>	6,1*	317,7*	1480,0*	2,3*	8,1*
<i>Glen Lyon</i>	4,5	275,3*	1281,3*	1,2*	5,2*
<i>Laska</i>	4,2	286,7*	1341,3*	1,2*	4,9*
<i>Glen Magna</i>	3,9	300,3*	1391,7*	1,2*	5,0*
<i>Joan J</i>	3,6	253,3*	1181,7*	0,9	3,9
<i>Octavia</i>	3,6	253,3*	1181,7*	0,9	3,9
<i>Бригантина</i> (контроль)	4,1	208,0	832,0	0,8	3,3
НСР ₀₅	1,3	36,6	186,4	0,3	1,5

Примечание. * – различия с контролем на 5%-м уровне значимости (то же в табл. 2).

с крупными ягодами (3,5...5,0 г) сорта – *Glen Lyon*, *Glen Magna*, *Laszka*, *Joan J* и *Octavia* (рис. 5, 4-я стр. обл.). При биологическом учете получен высокий урожай с одного плодоносящего побега и куста у *Glen Ample*. Урожай в пределах от 4,7 до 5,2 кг/куст – у *Glen Lyon*, *Glen Magna* и *Laszka*, средний – *Joan J* и *Octavia* (табл. 1).

Максимальная потенциальная урожайность (45,0 т/га) у сортов малины шотландской селекции – *Glen Ample*, *Glen Lyon*, у остальных – высокая (16,6...23,8 т/га). Фактическая урожайность в среднем от биологической составила 60...65 %, высокая зафиксирована у шотландских сортов *Glen Ample*, *Glen Magna*, *Glen Lyon* и польского *Laszka* (выше 15 т/га). Они вошли в группу высокопродуктивных. Урожайными (10...15 т/га) были *Joan J* и *Octavia* на уровне контрольного сорта (табл. 2).

Выводы. По результатам искусственного промораживания с наибольшим потенциалом устойчивости по основным компонентам зимостойкости выделили сорта – *Glen Ample*, *Glen Magna*, *Laszka*, которые проявили зимостойкость и в полевых условиях. Высокая урожайность зафиксирована у *Glen Ample*, *Glen Magna*, *Glen Lyon* и *Laszka*. В связи с этим на основе комплексных исследований определены перспективные сорта малины шотландской (*Glen Ample*, *Glen Magna*) и польской (*Laszka*) для дальнейшей селекции и производства в условиях Орловской области.

Таблица 2.
Урожайность малины, т/га, 2019–2021 годы

Сорт	Фактическая урожайность, т/га			
	2019	2020	2021	Среднее значение
<i>Glen Ample</i>	29,3	32,6	26,0	29,3*
<i>Glen Lyon</i>	29,3	32,6	26,0	29,3*
<i>Laszka</i>	15,5	16,2	14,8	15,5*
<i>Glen Magna</i>	20,9	27,7	14,1	20,9*
<i>Joan J</i>	14,3	11,6	12,5	12,8
<i>Octavia</i>	13,7	8,8	11,7	11,4
<i>Бригантина</i> (контроль)	11,4	10,2	10,8	10,8
НСР ₀₅				4,6

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Евдокименко, С.Н. Морозостойкость стеблей малины во время оттепели / С.Н. Евдокименко, М.А. Подгаецкий, А.А. Данилова, Н.В. Миронова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 49. – С. 100–104.
- Евдокименко, С.Н. Устойчивость сортов малины к температурным стресс-факторам зимнего периода / С.Н. Евдокименко, Ф.Ф. Сазонов, А.А. Данилова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – 5. – С. 27–31.
- Жидехина, Т.В. Зимостойкость почек малины в период вынужденного покоя в Черноземье / Т.В. Жидехина // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля. – Челябинск, 2016. – С. 122–127.
- Казаков, И.В. Малина, ежевика и их гибриды / И.В. Казаков, Л.А. Грюнер, В.В. Кичина // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Под общей редакцией академика РАСХН Е.Н. Седова и доктора сельскохозяйственных наук Т.П. Огольцовой). – Орел: ВНИИСПК, 1999. – С. 374–395.
- Казаков, И.В. Новые сорта малины с надежной экологической адаптацией / И.В. Казаков, С.Н. Евдокименко // Проблемы агроэкологии и адаптивности сортов в современном садоводстве: матер. Всерос. науч.-метод. конф., Орел, Россия, 1–4 июля, 2008. – Орел: ВНИИСПК, 2008. – С. 102–104.
- Тюрина, М.М. Определения устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях / М.М. Тюрина, Г.А. Гоголева, Л.К. Голоулина и др. – М., 2002. – 120 с.
- Arora, R. Physiological research on winterhardness: deacclimation resistance, reacclimation ability, photoprotection strategies and a cold acclimation protocol design / R. Arora, L.J. Rowland // Horticultural Science. – 2011. – № 46(8). – P. 1070–1078.
- Black, B.L. Adaptability of floricane-fruiting Raspberry cultivars to a high-elevation Arid Climate / B.L. Black, T. Lindstrom, B. Hunter et al. // Journal of the American Pomological society. – 2015. – 69. – P. 74–83.
- Cline, J.A. Cold hardiness of new apple cultivars of commercial importance in Canada / J.A. Cline, D. Neilsen., G. Neilsen et al. // Journal-American Pomological Society. – 2002. – № 66(4). – P. 174–182.
- Dai, H. Botanical traits and cold hardiness of interspecific hybrids between European and Chinese raspberries / H. Dai, S. Liu, X. Du // Acta Horticulturae – 2016. – № 1133. – P. 61–66.
- Hansen, S. A comparison of nine primocane fruiting raspberry cultivars for suitability to a high-elevation, Arid Climate / S. Hansen, B. Black, D. Alston et al. // International Journal of Fruit Science. – 2021. – № 21(1). – P. 500–508.
- Hashempour, A. Ascorbic acid, anthocyanins, and phenolics contents and antioxidant activity of ber, azarole, raspberry, and cornelian cherry fruit genotypes growing in Iran / A. Hashempour, R.F. Ghazvini, D. Bakhshi et al. // Hort. Environ. Biotechnol. – 2010. – № 51(2). – P. 83–88.
- Khanizadeh, S. Factors associated with winter injury to apple trees / S. Khanizadeh, C. Brodeur, R. Granger, D. Buszard // Acta Horticulturae. 2000. – № 514. – P. 179–192.
- Linden, L. Measuring cold hardiness in woody plants / L. Linden // University of Helsinki, Department of Applied Biology, Publ. No. 10. Helsinki, 2002. – 57 p.
- Palonen, P. Breaking dormancy in red raspberry with hot water treatment and its effects on cold hardiness / P. Palonen, L. Lindén // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 2006. – № 131(2). – 209–213.

16. Quamme, H. The potential impact of climate change on the occurrence of winter freeze events in six fruit crops grown in the Okanagan Valley / H. Quamme, A. Cannon, D. Neilsen et al. // *Journal of Plant Sciences*. – 2010. – № 90. – P. 8593–8596.
 17. Zhang, Y.Y. Study on interspecific hybridization between raspberry cultivars and wild raspberry / Y.Y. Zhang, H.P. Dai // *Journal of Fruit Science*. – 2009. – № 33(6). – P. 899–901.
- LIST OF SOURCES**
1. Evdokimenko, S.N. Morozostojkost' steblej maliny vo vremya ottepeli / S.N. Evdokimenko, M.A. Podgaeckij, A.A. Danilova, N.V. Mironova // *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. – 2017. – № 49. – S. 100–104.
 2. Evdokimenko, S.N. Ustojchivost' sortov maliny k temperaturnym stress-faktoram zimnego perioda / S.N. Evdokimenko, F.F. Sazonov, A.A. Danilova i dr. // *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. – 2019. – 5. – S. 27–31.
 3. Zhidekhina, T.V. Zimostojkost' pochek maliny v period vyzhdenenogo pokoya v Chernozem'e / T.V. Zhidekhina // *Selekcija, semenovodstvo i tekhnologija plodovo-yagodnyh kul'tur i kartofelya*. – Chelyabinsk, 2016. – S. 122–127.
 4. Kazakov, I.V. Malina, ezhevika i ih gibridy / I.V. Kazakov, L.A. Gryuner, V.V. Kichina // *Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur (Pod obshchej redakciej akademika RASKHN E.N. Sedova i doktora sel'skohozyajstvennyh nauk T.P. Ogol'covoj)*. – Orel: VNIISPK, 1999. – S. 374–395.
 5. Kazakov, I.V. Novye sorta maliny s nadezhnoj ekologicheskoj adaptaciej / I.V. Kazakov, S.N. Evdokimenko // *Problemy agroekologii i adaptivnost' sortov v sovremennom sadovodstve: mater. Vseros. nauch.-metod. konf., Orel, Rossiya, 1-4 iyulya, 2008*. – Orel: VNIISPK, 2008. – S. 102–104.
 6. Tyurina, M.M. Opredeleniya ustojchivosti plodovyh i yagodnyh kul'tur k stressoram holodnogo vremeni goda v polevyh i kontroliruemyh usloviyah / M.M. Tyurina, G.A. Gogoleva, L.K. Goloulina i dr. – M., 2002. – 120 s.
 7. Arora, R. Physiological research on winterhardiness: deacclimation resistance, reacclimation ability, photoprotection strategies and a cold acclimation protocol design / R. Arora, L.J. Rowland // *Horticultural Science*. – 2011. – № 46(8). – R. 1070–1078.
 8. Black, B.L. Adaptability of floricanefruiting Raspberry cultivars to a high-elevation Arid Climate / B.L. Black, T. Lindstrom, B. Hunter et al. // *Journal of the American Pomological Society*. – 2015. – 69. – P. 74–83.
 9. Cline, J.A. Cold hardiness of new apple cultivars of commercial importance in Canada / J.A. Cline, D. Neilsen., G. Neilsen et al. // *Journal-American Pomological Society*. – 2002. – № 66(4). – P. 174–182.
 10. Dai, H. Botanical traits and cold hardiness of interspecific hybrids between European and Chinese raspberries / H. Dai, S. Liu, X. Du // *Acta Horticulturae* – 2016. – № 1133. – R. 61–66.
 11. Hansen, S. A comparison of nine primocane fruiting raspberry cultivars for suitability to a high-elevation, Arid Climate / S. Hansen, B. Black, D. Alston et al. // *International Journal of Fruit Science*. – 2021. – № 21(1). – P. 500–508.
 12. Hashempour, A. Ascorbic acid, anthocyanins, and phenolics contents and antioxidant activity of ber, azarole, raspberry, and cornelian cherry fruit genotypes growing in Iran / A. Hashempour, R.F. Ghazvini, D. Bakhshi et al. // *Hort. Environ. Biotechnol.* – 2010. – № 51(2). – P. 83–88.
 13. Khanizadeh, S. Factors associated with winter injury to apple trees / S. Khanizadeh, C. Brodeur, R. Granger, D. Buszard // *Acta Horticulturae*. 2000. – № 514. – R. 179–192.
 14. Linden, L. Measuring cold hardiness in woody plants / L. Linden // *University of Helsinki, Department of Applied Biology, Publ. No. 10. Helsinki, 2002*. – 57 p.
 15. Palonen, P. Breaking dormancy in red raspberry with hot water treatment and its effects on cold hardiness / P. Palonen, L. Lindén // *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* – 2006. – № 131(2). – 209–213.
 16. Quamme, H. The potential impact of climate change on the occurrence of winter freeze events in six fruit crops grown in the Okanagan Valley / H. Quamme, A. Cannon, D. Neilsen et al. // *Journal of Plant Sciences*. – 2010. – № 90. – R. 8593–8596.
 17. Zhang, Y.Y. Study on interspecific hybridization between raspberry cultivars and wild raspberry / Y.Y. Zhang, H.P. Dai // *Journal of Fruit Science*. – 2009. – № 33(6). – R. 899–901.

О.Ю. Емельянова, кандидат биологических наук

А.Н. Фирсов, научный сотрудник

Л.И. Масалова, научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур

РФ, 302530, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина

E-mail: dendrariy@vniispk.ru

УДК 634.1:631.524:635.977

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/42-46

ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *SORBUS* L. В КОЛЛЕКЦИИ ДЕНДРАРИЯ ВНИИСПК И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Sorbus — декоративные и плодовые растения, неприхотливые к условиям произрастания, с высокой устойчивостью к воздействию окружающей среды и ценными питательными качествами плодов. Но популярность их среди потребителей центральной России невысока. Цель работы — анализ генофонда и изучение хозяйственно ценных признаков растений рода *Sorbus* биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК для использования в селекции и озеленении. В течение 2019–2021 годов исследовали восемь видов, один подвид и одну форму. В биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК преобладают европейские виды *Sorbus* (пять видов, одна форма). Основные направления для пополнения генофонда — виды из Восточной Азии, Китая и сорта европейской селекции. Для озеленения урбандиапазона рекомендуют *S. aria* и *S. aucuparia*, как наиболее долговечные, устойчивые к неблагоприятным воздействиям окружающей среды и обладающие декоративными качествами, оформления скверов и придомового пространства — *S. aucuparia* f. *pendula*, имеющую декоративную форму кроны и небольшие размеры. В качестве генисточников для селекции на получение сортов с комплексом хозяйственно ценных признаков предлагается использовать: *S. aria*, *S. aucuparia*, *S. alnifolia* и *S. aucuparia* f. *pendula*.

Ключевые слова: генофонд, интродукция, редкие плодовые культуры, *Sorbus*, селекция.

O.Yu. Emel'yanova, PhD in Biological sciences

A.N. Firsov, Researcher

L.I. Masalova, Researcher

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding

RF, 302530, Orlovskaya obl., Orlovskij r-n, d. Zhilina

E-mail: dendrariy@vniispk.ru

REPRESENTATIVES OF THE GENUS *SORBUS* L. IN THE VNIISPK ARBORETUM COLLECTION AND PROSPECTS FOR THEIR USE

Sorbus are ornamental and fruit plants with unpretentiousness to growing conditions, high resistance to environmental influences and valuable nutritional qualities of fruits. But their popularity among consumers in central Russia is low. The purpose of these studies is to analyze the gene pool and study the economically valuable traits of plants of the genus *Sorbus* from the bioresource collection of the VNIISPK arboretum for use in breeding and landscaping. For three years (2019—2021) 8 species, 1 subspecies and 1 form were studied. The bioresource collection of the VNIISPK arboretum is dominated by European *Sorbus* species (5 species and 1 form). The main directions for replenishing the gene pool are species from East Asia and China, as well as varieties of European selection. *S. aria* and *S. aucuparia* are recommended for landscaping, as they are the most durable, resistant to adverse environmental influences and have decorative qualities. *S. aucuparia* f. *pendula* is recommended for squares and house adjoining spaces, as it has a decorative crown shape and small size. As genetic sources for breeding for obtaining varieties with a complex of economically valuable traits, it is recommended to use: *S. aria*, *S. aucuparia*, *S. alnifolia* and *S. aucuparia* f. *pendula*.

Keywords: gene pool, introduction, underutilized fruit crop, *Sorbus*, selection.

Мобилизация генетических ресурсов нетрадиционных и редких плодовых растений — одно из основных направлений в создании сортов нового поколения. В странах Средиземноморья, Ближнего Востока, Африки и Средней Азии малоиспользуемые, дикорастущие съедобные растения составляют значительную часть рациона у населения. Дикорастущие плодовые растения хорошо адаптируются в природе, что экономически ценно при создании сортов на их основе. [14] Они служат источниками биологически активных веществ (витамин С, фенольные соединения, каротиноиды, катехины, лейкоантоцианы, антоцианы и другие). Флора России включает большое количество аборигенных и интродуцированных плодовых и ягодных растений, которые используют в пищу с древних времен (*Crataegus* Tourm. ex L., *Amelanchier* Medik., *Cornus* L., *Viburnum* L., *Rosa* L., *Berberis* L., *Mahonia* Nutt., *Sorbus* L. и другие). [8]

Род *Sorbus* L. относится к подсемейству Maloideae C. Weber семейства Rosaceae Juss. У разных авторов в его составе от 70 до 250 видов. [4, 7] Растения *Sorbus* — кустарники или деревья (до 20 м высотой), произрастающие в Северном полушарии, с наибольшим видовым разнообразием в Гималаях, южном Тибете и некоторых частях западного Китая. Это декоративные и плодовые растения, обладающие высокой устойчивостью и неприхотливостью к условиям произрастания. [7] Плоды содержат около 8 % сахаров (фруктоза, глюкоза, сорбоза, сахароза), а также органические кислоты, в том числе сорбиновую с антисептическим действием, микроэлементы и витамины — аскорбиновую кислоту (до 200 мг%), витамин Р, каротин и гликозиды (в их числе амигдалин). [6, 10] Плоды обладают приятным вкусом, высокими питательными характеристиками, внешним видом и пригодностью к употреблению в свежем виде, для консервирования, желе и конфет. В то же

время могут служить ценным ресурсом биологически активных соединений для пищевой и фармацевтической промышленности. [12] Однако популярность *Sorbus* среди потребителей центральной России невысока. Причины: большинство сортов и видов — это довольно высокие деревья; слабая зимостойкость одних видов (*S. domestica* L.) и горечь в плодах других (*S. aucuparia* L.). [7]

Цель работы — анализ генофонда и изучение хозяйственно ценных признаков растений рода *Sorbus* биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК для использования в селекции и озеленении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дендрарий расположен в европейской части России в 368 км к юго-западу от г. Москвы (53°00'N, 36°00'E), в полутора километрах от г. Орла рядом с автострадой Орел-Болхов, от которой отделен однорядной посадкой липы мелколистной. [11]

Плодовые и ягодные растения биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК составляют 9,5 % общего числа таксонов. Из них больше всего видов и форм относятся к семейству Rosaceae, в котором представлены дикие сородичи классических плодовых (*Prunus* L., *Malus* P. Mill.) и нетрадиционных культур (*Amelanchier* Medik., *Mespilus* L., *Sorbus* L.). [2] Род *Sorbus* L. на 01.02.2022 включает восемь видов, один подвид и одну форму (см. таблицу). За 2019–2021 годы определяли: зимостойкость — по семибалльной шкале П.И. Лапина и С.В. Сидневой [5], где 1 — высший; общее состояние растений — по трехбалльной шкале А.Г. Головача [1], где 1 — лучшее состояние; степень цветения и плодоношения растений — по шестибалльным шкалам А.Г. Головача [1], где 5 — высший; устойчивость к болезням и вредителям — визуально с учетом влияния данного фактора на декоративность по трехбалльной шкале (0 — поражение (повреждение) отсутствует, 1 — присутствует без потери декоративности, 2 — с потерей декоративности).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Дендрарий начали создавать в 1968 году. Первые экземпляры *Sorbus* высажены в 1969 году трехлетними саженцами. Все виды и формы высаживали в соответствии с зонами их географического происхождения.

Рябина американская (*Sorbus americana* Marshall) произрастает в Северо-восточной Америке. Получено пять экземпляров из ГБС РАН (г. Москва) в 1969 году. Растение недолговечно, после 40 лет поражается стволовой гнилью и погибает. На 01.02.2022 в коллекции одно растение высотой 13,4 м, состояние неудовлетворительное. По шкале Головача [2] показывает низкую жизнеспособность. Есть массовый самосев, из которого возможно восстановление вида в дендрарии. Цветет в мае-начале июня. Плоды округлые, оранжево-красные (диаметр — 4...8 мм), созревают в сентябре и долго сохраняются на ветвях, съедобные, но на вкус кислые, терпкие и горьковатые.

Рябина бузинолистная (*Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Roem.) растет в Хабаровском

крае, на Камчатке, Сахалине и Курилах, в горах Японии. В коллекцию привезена из г. Магадана летом 2019 года в виде черенков и привита окулировкой на рябину американскую. Два экземпляра в 2020 году высажены с заглублением места прививки в зону Дальнего Востока дендрария. Еще три экземпляра находятся на доращивании в питомнике, состояние хорошее. В случае дальнейшего нормального развития и вступления в плодоношение в условиях дендрария представляет интерес для селекции в качестве источника кустовидной формы кроны, крупноплодности и отсутствия горечи в плодах.

Рябина греческая (*Sorbus graeca* (Spach) Lodd. ex Schauer) распространена от юго-востока Западной Европы до Малой и Средней Азии и юга Северной Африки. Получено два экземпляра высотой 30 см из ПАБСИ КНЦ РАН (г. Апатиты, Мурманская область) в 2021 году. Высажены на участок доращивания. Интересна декоративными качествами: кожистые, округло-эллиптические, с нижней стороны густобеловойлочные листья и крупные ярко-красно-оранжевые плоды.

Урябины мучнистой (*Sorbus aria* (L.) Crantz) естественный ареал в Северной Африке, Малой Азии и горно-лесном поясе Западной Европы. Получено три экземпляра из ГБС РАН (г. Москва) в 1969 году, два из них раскорчеваны в процессе перепланировки участка в 2014 году. Состояние хорошее, высота 5,5 м. В 2017 году высажено два молодых растения, выращенных прививкой на рябину обыкновенную. Взрослое растение регулярно цветет и плодоносит (см. таблицу). Плоды красновато-оранжевые (диаметр — до 1,2 см), с мучнистой мякотью, съедобные, сладкие, без горечи.

Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) распространена в Европе, Передней Азии, на Кавказе, интродуцирована повсюду в мире в зоне умеренного климата. Дендрофеноиндикатор: по фазам начала цветения, созревания плодов, расцветивания и опадения листьев определяют наступление отдельных подсезонов года. [9] Обычно одноствольное дерево, но в условиях дендрария часто образует поросль у основания ствола. Самосев дает редко. Несмотря на то, что это аборигенное растение Орловской области, три саженца для посадки в дендрарии получены в 1969 из ЛОСС (Липецкая область). Состояние хорошее.

Рябина обыкновенная подвид сибирская (*Sorbus aucuparia* subsp. *sibirica* (Hedl.) Krylov) в природе занимает ареал от Северо-Восточной Европы до Северной Монголии, включая Сибирь и Дальний Восток России. В дендрарии пять экземпляров, полученных в 1974 году из НИИСС (г. Барнаул). Средняя высота — 12,3 м, состояние неудовлетворительное. Растения поражаются стволовой гнилью, цветение и плодоношение нерегулярные. Плоды красно-оранжевого цвета (диаметр — до 1 см), горьковато-кислые.

Рябина обыкновенная ф. плакучая (*Sorbus aucuparia* L. f. *pendula* (Kirczn.) C. Koch) имеет округлую ажурную крону с ниспадающими искривленными ветвями. Три экземпляра, полученных в 1969 году из ГБС РАН (г. Москва), хорошо росли, цвели и плодоносили до аномально жаркого

лета 2010 года, в которое погибли. В 2013 году один экземпляр был восстановлен прививкой на рябину обыкновенную черенками из ЛОСС (Липецкая область), с 2015 года плодоносит. Плоды оранжево-красные (диаметр – 0,8...1,2 см), горьковато-кислые.

Рябина ольхолистная (*Sorbus alnifolia* (Siebold et Zucc.) K. Koch) или микромелис ольхолистный (*Micromeles alnifolia* (Siebold et Zucc.) Koehne) растет в лесах Японии, Кореи, Китая и южной части Приморья. В дендрарии в 1969 году высадили три экземпляра, полученных из ЛОСС (Липецкая область), два из которых прижились, имели многоствольные узкопирамидальные кроны, успешно росли, цвели и плодоносили (плоды съедобные, без горечи) до осени 2015 года. Затем их спилили, так как они попали в охранную зону электросетей. Черенки были привиты на рябину обыкновенную и дали начало двум новым экземплярам, которые пока не цветут.

Рябина промежуточная (*Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers.) произрастает в Скандинавии и Средней Европе. Привезена в дендрарий в виде плодов из г. Воронежа в 2013 году. Посев семян дал два сеянца, которые успешно растут, но пока не цветут. Интересна формой листьев, напоминающей листья дуба.

Рябина ложнофинская (*Sorbus pseudofennica* E.F. Warb.) – эндемик острова Арран на западе Шотландии. Считается, что это встречающийся в природе гибрид между *S. arranensis*, который сам по себе гибрид *S. rupicola* и *S. aucuparia*, и *S. aucuparia*, вероятно, с дополнительным обратным скрещиванием с *S. aucuparia*. Апомиксис и гибридизация обычны для некоторых групп видов рода *Sorbus*. [13] Вид на грани исчезновения, ареал – 16 км². В коллекцию дендрария получено два экземпляра высотой 15 см из ПАБСИ КНЦ РАН (г. Апатиты, Мурманская область) в 2021 году. Высажены на участок доразщивания. Интересна декоративными качествами листьев (в верхней части

перистолопастные, в нижней перисторассеченные) и цветков (белые до 1,2 см).

Совокупность исследованных растений достаточно однородная – коэффициент вариации не превышает 31,3 %. Наилучшее общее состояние наблюдается у двух видов (*S. aria*, *S. aucuparia*) и одной формы (*S. aucuparia* f. *pendula*). Все объекты поражаются болезнями и повреждаются вредителями без потери декоративности, за исключением *S. americana* и *S. aucuparia* subsp. *sibirica*, которые значительно страдают от септориоза (*Septoria* Sacc.) и монилиоза (*Sclerotinia fructigena* Aderh.), повреждаются тлей (*Aphididae* Latreille) и розанной листоверткой (*Acleris bergmanniana* Linnaeus).

Важный показатель адаптивности для растений – зимостойкость. *S. graeca* и *S. pseudofennica* пополнили коллекцию осенью 2021 года, поэтому данные по их зимостойкости на 01.02.2022 отсутствуют. У *S. americana* в отдельные годы могут подмерзать однолетние побеги, у *S. aria* и *S. aucuparia* subsp. *sibirica* – однолетние и двулетние. У *S. aria* в годы с ранней теплой весной и возвратными заморозками из-за раннего распускания почек и начала роста побегов могут подмерзать молодые листочки и бутоны. Но в этот же год растение быстро восстанавливается. Полученные повреждения отрицательно сказываются лишь на степени цветения и плодоношения. Остальные виды хорошо переносят условия зимнего периода региона исследования.

Среди изученных хозяйственно ценных признаков растений рода *Sorbus* биоресурсной коллекции дендрария – цветение и плодоношение. Растения, высаженные с 2016 по 2021 годы, не плодоносили (*S. sambucifolia*, *S. graeca*, *S. alnifolia*, *S. aria*, *S. intermedia*, *S. pseudofennica*). У вступивших в плодоношение наблюдаются ежегодные стабильные цветение и плодоношение (*S. americana*, *S. aria*, *S. aucuparia*, *S. aucuparia* subsp. *sibirica*, *S. aucuparia*

Эколого-биологические особенности объектов исследования

Вид	Год посадки	Общее состояние, балл	Период цветения, начало/окончание, дн.	Степень цветения, балл	Степень плодоношения, балл
Рябина американская <i>S. americana</i>	1969	2,6	17 мая (±3)/ 27 мая (±4)	4,6	4,2
Рябина бузинолистная <i>S. sambucifolia</i>	2020	2,0	–	–	–
Рябина греческая <i>S. graeca</i>	2021	2,0	–	–	–
Рябина мучнистая <i>S. aria</i>	1969 (2017)	1,2	11 мая (±5)/ 22 мая (±3)	4,1	3,2
Рябина обыкновенная <i>S. aucuparia</i>	1969	1,1	24 мая (±4)/ 2 июня (±5)	4,9	4,9
Рябина обыкновенная подвид сибирская <i>S. aucuparia</i> subsp. <i>sibirica</i>	1974	2,8	21 мая (±3)/ 27 мая (±3)	2,4	2,1
Рябина обыкновенная ф. плакучая <i>S. aucuparia</i> f. <i>pendula</i>	2013	1,1	26 мая (±4)/ 4 июня (±2)	4,1	3,8
Рябина ольхолистная <i>S. alnifolia</i>	2016	2,0	–	–	–
Рябина промежуточная <i>S. intermedia</i>	2016	2,0	–	–	–
Рябина ложнофинская <i>S. pseudofennica</i>	2021	2,0	–	–	–
V, %		31,3	–	24,1	29,1

f. pendula) (см. таблицу). Самая низкая степень у *S. aucuparia* subsp. *sibirica*. Этот признак в совокупности с другими отрицательными характеристиками данного вида по результатам исследований не позволяет нам рекомендовать его для использования в селекции и озеленении. Еще один важный признак для селекции — размер и вкусовые качества плодов. Самые крупные плоды в дендрарии — у *S. aria* и *S. aucuparia f. pendula*, горечь отсутствует у *S. aria*.

Многие нетрадиционные плодовые культуры имеют высокую степень декоративности, что расширяет потенциал их применения от плодоводства и селекции до озеленения. [3] Объекты исследования обладают различными декоративными качествами: узкопирамидальная (*S. alnifolia*), коническая (*S. aria*) и плакучая (*S. aucuparia f. pendula*) крона; необычные для представителей *Sorbus* средней полосы России форма и окраска листовой пластинки (округло-эллиптические, кожистые, зеленые сверху и беловолочные снизу, осенью темно-желтые — *S. aria*; широкоовальные, острозазубренные, с резко выраженным жилкованием, светло-зеленые, с легким бронзовым налетом весной, сверху темно-зеленые, снизу желтоватые летом, яркие, красно-оранжевые осенью — *S. alnifolia*; цельные перисто-лопастные — *S. intermedia*); красно-коричневые, с сизым налетом плоды (*S. alnifolia*). При вступлении в плодоношение все декоративно цветут. Самое раннее и наиболее продолжительное цветение отмечено у *S. aria*.

Выводы. В биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК преобладают европейские виды *Sorbus* (пять видов и одна форма). Основные направления для пополнения генофонда — виды из Восточной Азии и Китая, а также сорта европейской селекции.

Наиболее долговечные и устойчивые к неблагоприятным воздействиям окружающей среды в коллекции — *S. aria* и *S. aucuparia*, что, с учетом их декоративных качеств, позволяет рекомендовать данные виды для озеленения урболандшафтов. Для оформления скверов и придомового пространства подходит *S. aucuparia f. pendula*, имеющая декоративную форму кроны и небольшие размеры.

В качестве генисточников для селекции на получение сортов с комплексом хозяйственно ценных признаков следует использовать — *S. aria*, *S. aucuparia*, *S. alnifolia* и *S. aucuparia f. pendula*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Головач, А.Г. Деревья, кустарники и лианы ботанического сада БИН АН СССР / А.Г. Головач. — Л.: Наука, 1980. — 188 с.
2. Емельянова, О.Ю. Генофонд плодовых и ягодных растений дендрария ВНИИСПК / О.Ю. Емельянова, А.Н. Фирсов, Л.И. Масалова // Селекция и сорто-разведение садовых культур. — 2019. — Т. 6. — № 1. — С. 47–51.
3. Емельянова, О.Ю. Эколого-биологические особенности редких плодовых растений семейства Rosaceae Juss / О.Ю. Емельянова, А.Н. Фирсов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. — 2021. — № 5. — С. 53–57. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/53-57>.
4. Коропочинский, И.Ю. Древесные растения Азиатской России / И.Ю. Коропочинский, Т.Н. Встовская; Рос.

акад. Наук, Сиб. Отд-ние, ЦСБС. 2-е изд. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2012. — 707 с.

5. Лапин, П.И. Оценка степени подмерзания видов растений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Древесные растения Главного ботан. сада АН СССР. — М.: Наука, 1975. — С. 18–19.
6. Леснов, П.А. Рябина / П.А. Леснов // Химия и жизнь. — 1979. — № 10. — С. 46–47.
7. Ренгартен, Г.А. Интродукция и селекция *Sorbus* (Rosaceae) в качестве пищевого растения в странах мира / Г.А. Ренгартен, В.Н. Сорокопудов // Экосистемы. — 2019. — № 18. — С. 89–96.
8. Сорокопудов, В.Н. Совершенствование сортимента нетрадиционных садовых культур России / В.Н. Сорокопудов, Г.А. Ренгартен, Р.В. Подкопайло и др. // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 11-1. — С. 115–121.
9. Фирсов, Г.А. Времена года в Ботаническом саду Петра Великого на Аптекарском острове / Г.А. Фирсов, Ю.С. Смирнов; Рос. акад. наук, Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова. — Санкт-Петербург: [б. и.], 2012. — 117 с.
10. Bozhuyuk, M.R. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds / M.R. Bozhuyuk, S. Ercisli, R.B. Ayed et al. // Genetika. — 2020. — № 1(52). — P. 55–65. <https://doi.org/10.2298/GENSR2001055B>.
11. Masalova, L. Ecological and biological features of the development of introduced species of the genus *Abies* MILL / L. Masalova, O. Emelyanova, M. Tsoy et al. // В сб.: E3S Web of Conferences. Ser. “International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”, FARBA 2021” 2021. doi: 10.1051/e3sconf/202125406001.
12. Mikulic-Petkovsek, M. Bioactive components and antioxidant capacity of fruits from nine *Sorbus* genotypes / M. Mikulic-Petkovsek, B. Krska, B. Kiproviski, R. Veberic / J. Food Sci. — 2017. — 82. — P. 647–658. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13643>.
13. Robertson, A. Multiple hybrid origins, genetic diversity and population genetic structure of two endemic *Sorbus* taxa on the Isle of Arran, Scotland // A. Robertson, A.C. Newton, R.A. Ennos. — Molecular Ecology. — 2003. — 13(1). — P. 123–134. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.02025.x>.
14. Vijayan, K. NaCl induced morpho-biochemical and anatomical changes in mulberry (*Morus* spp.). / K. Vijayan, S.P. Chakraborti, S. Ercisli // Ghosh Plant Growth Regul., — 2008 — 56. — P. 61–69.

LIST OF SOURCES

1. Golovach, A.G. Derev'ya, kustarniki i liany botanicheskogo sada BIN AN SSSR / A.G. Golovach. — L.: Nauka, 1980. — 188 s.
2. Emel'yanova, O.Yu. Genofond plodovyh i yagodnyh rastenij dendrariya VNIISPK / O.Yu. Emel'yanova, A.N. Firsov, L.I. Masalova // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. — 2019. — T. 6. — № 1. — S. 47–51.
3. Emel'yanova, O.Yu. Ekologo-biologicheskie osobennosti redkih plodovyh rastenij semejstva Rosaceae Juss / O.Yu. Emel'yanova, A.N. Firsov // Vestnik rossijskoj sel'skochozjajstvennoj nauki. — 2021. — № 5. — S. 53–57. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/5/53-57>.
4. Koropochinskij, I.Yu. Drevesnye rasteniya Aziatskoj Rossii / I.Yu. Koropochinskij, T.N. Vstovskaya; Ros. akad. Nauk, Sib. Otd-nie, CSBS. 2-e izd. Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo «Geo», 2012. — 707 s.

5. Lapin, P.I. Ocenka stepeni podmerzaniya vidov rastenij/ P.I. Lapin, S.V. Sidneva // Drevesnye rasteniya Glavnogo botan. sada AN SSSR. – M.: Nauka, 1975. – S. 18–19.
6. Lesnov, P.A. Ryabina / P.A. Lesnov // Himiya i zhizn'. – 1979. – № 10. – S. 46–47.
7. Rengarten, G.A. Introdukciya i selekciya Sorbus (Rosaceae) v kachestve pishchevogo rasteniya v stranah mira / G.A. Rengarten, V.N. Sorokopudov // Ekosistemy. – 2019. – № 18. – S. 89–96.
8. Sorokopudov, V.N. Sovershenstvovanie sortimenta netraditsionnyh sadovyh kul'tur Rossii / V.N. Sorokopudov, G.A. Rengarten, R.V. Podkopajlo i dr. // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 11-1. – S. 115–121.
9. Firsov, G.A. Vremena goda v Botanicheskom sadu Petra Velikogo na Aptekarskom ostrove / G.A. Firsov, Yu.S. Smirnov; Ros. akad. nauk, Botan. in-t im. V.L. Komarova. – Sankt-Peterburg: [b. i.], 2012. – 117 s.
10. Bozhuyuk, M.R. Compositional diversity in fruits of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) genotypes originating from seeds / M.R. Bozhuyuk, S. Ercisli, R.B. Ayed et al. // Genetika. – 2020. – № 1(52). – P. 55–65. <https://doi.org/10.2298/GENSR2001055B>.
11. Masalova, L. Ecological and biological features of the development of introduced species of the genus *Abies* MILL / L. Masalova, O. Emelyanova, M. Tsoy et al. // V sb.: E3S Web of Conferences. Ser. “International Scientific and Practical Conference “Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations”, FARBA 2021” 2021. doi: 10.1051/e3s-conf/202125406001.
12. Mikulic-Petkovsek, M. Bioactive components and antioxidant capacity of fruits from nine *Sorbus* genotypes / M. Mikulic-Petkovsek, B. Krska, B. Kiproviski, R. Veberic / J. Food Sci. – 2017. – 82. – P. 647–658. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13643>.
13. Robertson, A. Multiple hybrid origins, genetic diversity and population genetic structure of two endemic *Sorbus* taxa on the Isle of Arran, Scotland // A. Robertson, A.C. Newton, R.A. Ennos. – Molecular Ecology. – 2003. – 13(1). – P. 123–134. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.02025.x>.
14. Vijayan, K. NaCl induced morpho-biochemical and anatomical changes in mulberry (*Morus* spp.). / K. Vijayan, S.P. Chakraborti, S. Ercisli // Ghosh Plant Growth Regul., – 2008 – 56. – P. 61–69.

Н.Г. Красова, доктор сельскохозяйственных наук
А.М. Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук
М.В. Лупин, младший научный сотрудник
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур
РФ, 302530, Орловская обл., Орловский р-н, д. Жилина
E-mail: krasovang@vniispk.ru

УДК 634.11

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/47-51

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ НА СКОРОПЛОДНОСТЬ СОРТОВ В МОЛОДОМ САДУ

Исследования проводили в питомнике и молодом саду ВНИИСПК на серых лесных почвах, подвой 54-118 (полукарликовый). Выявлена реакция сортов яблони на различные приемы стимулирования роста и развития саженцев. Установлено влияние агротехнических приемов на образование боковых разветвлений у однолетних саженцев яблони. Достоверное увеличение количества саженцев с боковыми разветвлениями получено при использовании механического приема прищипывания верхушек растущего побега и в сочетании с удалением трех верхних листьев. Некорневые обработки способствовали незначительному увеличению боковых разветвлений у сортов Богатырь, Ветеран, Рождественское, положительно повлияли на общее развитие саженца и элементный состав листьев. С помощью препаратов Растворина, Мочевины и Эпина достоверно увеличилось содержание фосфора, калия, кальция в листьях. Пять сортов яблони, саженцы которых обрабатывали в питомнике стимулирующими препаратами и приемами, высажены в сад для дальнейших наблюдений. Установлено, что механическое воздействие и химическая стимуляция по-разному влияли на величину урожая в первые годы плодоношения. Существенная прибавка урожая за первые четыре года выявлена при некорневой обработке в питомнике Растворином (0,5 %) у сорта Свежесть, с прищипыванием верхушки саженца – Рождественское, Синап орловский, а также у Ветерана при обработке Растворином (0,5 %) или Эпином-экстра (0,002 %) в варианте с прищипыванием верхушки и удалением трех верхних листьев.

Ключевые слова: питомник, разветвленные саженцы, стимуляция роста, скороплодность, урожайность.

N.G. Krasova, *Grand PhD in Agricultural sciences*
A.M. Galasheva, *PhD in Agricultural sciences*
M.V. Lupin, *Junior Researcher*
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding
RF, 302530, Orlovskaya obl., Orlovskij r-n, d. Zhilina
E-mail: krasovang@vniispk.ru

INFLUENCE OF TECHNIQUES FOR STIMULATING THE APPLE SEEDLINGS GROWTH ON THE VARIETIES EARLY MATURITY IN A YOUNG GARDEN

The research was carried out in VNIISPK plantings, in a nursery and young orchard, on gray forest soils. All studied apple cultivars were grafted on a semi-dwarf rootstock 54-118. The reaction of apple cultivars to various methods of stimulating the growth and development of seedlings in the nursery was revealed. The influence of various agrotechnical techniques on the formation of lateral branches in annual apple seedlings was established. A significant increase in the number of seedlings with lateral branches was obtained by using a mechanical technique of pinching the tops of the growing shoots and in combination with the removal of the top three leaves. The use of non-root treatments contributed to a slight increase in lateral branching in the cultivars Bogatyr, Veteran and Rozhdestvenskoye, as well as had a positive effect on the overall development of the seedling and on improving the elemental composition of the leaves. The use of Rastvorin, Urea and Epin drugs contributed to a significant increase in the content of phosphorus, potassium, and calcium in the leaves of seedlings of the studied cultivars. Five apple cultivars, which seedlings were treated in the nursery with various stimulating drugs and techniques, were planted in the orchard for further observations. It was found that mechanical action and chemical stimulation of seedlings had different effects on the yield in the first years of fruiting. A significant increase in the yield for the first 4 years of fruiting was revealed with non-root treatment in the nursery with Rastvorin (0.5 %) in the Svezhest cultivar, Rastvorin (0.5 %) against the background of pinching the top of the seedling - in Rozhdestvenskoye and Sinap Orlovsky, as well as in Veteran when treated with Rastvorin (0.5 %) or Epin (0.002 %) in the variant with pinching the top and removing the top 3 leaves.

Keywords: nursery, branched seedlings, growth stimulation, precocity, crop capacity.

Интенсивное ведение садоводства требует совершенствования всех элементов технологии создания современных насаждений и выделения новых адаптивных высококачественных сортов. [4, 17]

Для интенсивных, высокорентабельных садов необходим посадочный материал, обеспечивающий скороплодность, продуктивность, быструю отдачу вложенных средств, высокую эффективность насаждений и соответствующий основным параметрам и стандартам качества. [13, 15, 18]

Закладывать сады рекомендуется однолетними разветвленными саженцами высотой 120...140 см, диаметром штамба – 1,0...1,2 мм, с количеством боковых разветвлений на высоте 60 см не менее трех, с хорошо развитой корневой мочкой (не менее 20 см). [3] Интенсивные сады сажают разветвленными, кронированными саженцами, обеспечивающими быстрые темпы нарастания урожайности. Но не всегда это удается саженцам в однолетнем возрасте, особенно сортов с плохой пробудимостью

боковых почек и слабой побегопроизводительной способностью. Для получения разветвленных однолетних саженцев используют: механическое стимулирование ветвления; высокую окулировку; скручивание верхушки побега; прищипывание. [5, 9, 14] Такие приемы приводят к росту боковых побегов, обеспечивают получение от двух до пяти боковых разветвлений длиной 7...25 см. [2, 6, 10]

При высокой окулировке однолетних саженцев улучшаются биометрические показатели, снижается вероятность разломов, увеличивается угол отхождения боковых ветвей. [1]

Чтобы получать сильные, хорошо разветвленные однолетние саженцы применяют регуляторы роста (Арболин, Регалис, Циркон и другие), которые значительно увеличивают число боковых разветвлений. [7, 8] К концу вегетации появляется крона с двумя-шестью отросшими боковыми побегами.

Интенсивные сады с закладкой разветвленным посадочным материалом способны давать урожай уже на второй год, а это повышает продуктивность молодых садов и позволяет быстро окупать затраты. [1, 18] При выборе саженца необходимо знать качественные показатели сорта (высота, диаметр штамба, длина и количество боковых разветвлений). [13, 15, 16]

Цель работы – выявить особенности совместного влияния химических и механических воздействий на образование боковых ветвей у однолетних саженцев в питомнике и скороплодность деревьев в саду.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2013–2020 годах проводили исследования по стимуляции бокового разветвления однолетних саженцев в питомнике ФГБНУ ВНИИСПК. [9]

Осенью 2014 года для закладки сада были отобраны саженцы пяти сортов (*Богатырь*, *Ветеран*, *Рождественское*, *Свежесть*, *Синап орловский*), обработанные препаратами Эпин (0,002 %), Растворин (0,5 %), Мочевина (0,7...0,9%) на фоне эффективных механических приемов стимуляции бокового ветвления однолетних саженцев во втором поле питомника.

На участке производственного изучения сортов на полукарликовом подвое 54-118 заложили опыт, чтобы оценить влияние различных агротехнических

приемов стимуляции роста побегов во втором поле питомника на скороплодность сортов яблони в саду (табл. 1). Повторность – трехкратная, схема размещения деревьев – 6 x 3 м. [11]

В работе использовали биопрепараты:

Эпин-экстра (действующее вещество – 24-эпибрассинолид). Эпин содержится в растениях в небольших количествах. Это фитогормон, поддерживает иммунитет растений, регулирует баланс веществ, участвует в синтезе протеинов, снижающих стресс, переносимый растением.

Мочевина (карбамид) – минеральное удобрение, наиболее концентрированное средство по содержанию азота (46 %), легко растворяется в воде, без запаха.

Растворин – комплексное водорастворимое удобрение с полным набором элементов для сбалансированного питания, предназначено для листовой подкормки, обеспечивает хорошую усвояемость макро- и микроэлементов.

Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Во втором поле питомника установили влияние различных агротехнических приемов на качественные показатели и образование боковых разветвлений у однолетних саженцев яблони. [9, 11] Достоверное увеличение их количества получено при механическом приеме прищипывания верхушек растущего побега и в сочетании с удалением трех верхних листьев. Некорневые обработки незначительно прибавили боковых разветвлений у сортов *Богатырь*, *Ветеран*, *Рождественское*, но саженцы развивались, росла их высота, а также улучшался элементный состав листьев.

Выявлено существенное влияние некорневых обработок стимуляторами роста на обеспеченность саженцев минеральными элементами, но реакция сортов на обработки была различной. У *Синапа орловского* существенно увеличилось количество кальция в листьях после обработки Эпином, *Богатыря* – Растворином (табл. 2).

Некорневые обработки саженцев регуляторами роста положительно повлияли на элементный со-

Таблица 1.

Схема опыта

Вариант	Обработка	
	механическая	химическая
Контроль (без стимуляции)	Без обработки	
Прищипывание верхушки	Прищипывание верхушки саженца	–
Прищипывание верхушки + удаление трех листьев	Прищипывание верхушки саженца + удаление трех верхних листьев	–
Эпин	–	–
Эпин + прищипывание верхушки	Прищипывание верхушки саженца	Эпин
Эпин + прищипывание верхушки + удаление трех листьев	Прищипывание верхушки саженца + удаление трех верхних листьев	–
Растворин	–	–
Растворин + прищипывание верхушки	Прищипывание верхушки саженца	Растворин
Растворин + прищипывание верхушки + удаление трех листьев	Прищипывание верхушки саженца + удаление трех верхних листьев	–
Мочевина	–	–
Мочевина + прищипывание верхушки	Прищипывание верхушки саженца	Мочевина
Мочевина + прищипывание верхушки + удаление трех листьев	Прищипывание верхушки саженца + удаление трех верхних листьев	–

Таблица 2.
Содержание элементов питания в листьях (% сухого веса)

Вариант (А)	Сорт (В)						Среднее (А)
	<i>Синап орловский</i>	<i>Ветеран</i>	<i>Свежесть</i>	<i>Рождественское</i>	<i>Имрус</i>	<i>Богатырь</i>	
Кальций							
Контроль	0,96	1,02	0,94	1,06	1,33	1,28	1,10
Мочевина	1,01	1,02	1,08	1,17	1,41	1,30	1,17
Растворин	1,03	0,96	1,04	1,29	1,40	1,41	1,19
Эпин	1,11	0,96	1,05	1,27	1,44	1,30	1,19
Среднее (В)	1,03	0,99	1,03	1,20	1,40	1,33	
HCP ₀₅ A = 0,04; HCP ₀₅ B = 0,04; HCP ₀₅ AB = 0,09.							
Магний							
Контроль	0,31	0,19	0,40	0,26	0,37	0,25	0,30
Мочевина	0,22	0,32	0,33	0,27	0,29	0,24	0,28
Растворин	0,30	0,31	0,37	0,35	0,36	0,29	0,33
Эпин	0,27	0,36	0,36	0,40	0,29	0,29	0,33
Среднее (В)	0,28	0,29	0,37	0,32	0,33	0,27	
HCP ₀₅ A = 0,02; HCP ₀₅ B = 0,02; HCP ₀₅ AB = 0,04.							
Фосфор							
Контроль	0,40	0,46	0,45	0,35	0,63	0,77	0,51
Мочевина	0,72	0,45	0,92	0,50	0,92	0,71	0,70
Растворин	0,75	0,44	0,62	0,42	0,87	0,82	0,65
Эпин	0,57	0,46	0,54	0,44	1,18	0,90	0,68
Среднее (В)	0,61	0,45	0,63	0,43	0,90	0,80	
HCP ₀₅ A = 0,03; HCP ₀₅ B = 0,03; HCP ₀₅ AB = 0,06.							
Калий							
Контроль	1,14	1,09	1,06	1,18	1,20	1,39	1,18
Мочевина	1,42	1,16	1,40	1,38	1,35	1,32	1,34
Растворин	1,35	1,12	1,29	1,34	1,34	1,39	1,31
Эпин	1,27	1,08	1,17	1,36	1,45	1,47	1,30
Среднее (В)	1,29	1,12	1,23	1,32	1,34	1,39	
HCP ₀₅ A = 0,03; HCP ₀₅ B = 0,03; HCP ₀₅ AB = 0,07.							

Таблица 3.
Диаметр штамба деревьев яблони (мм) в зависимости от приемов стимуляции роста саженцев в питомнике (2018 год)

Некорневая обработка (А)	Механический прием (В)			Среднее (А)
	контроль	прищипывание верхушки	прищипывание верхушки + удаление трех верхних листьев	
<i>Рождественское</i>				
Контроль	43,4	43,7	39,0	42,0
Мочевина	50,0	48,2	49,4	49,2
Растворин	43,5	47,9	46,2	45,9
Эпин	47,2	48,0	42,1	45,8
Среднее (В)	46,0	46,9	44,2	
HCP ₀₅ A = 3,5; F ₀₅ B 1,9 < F 3,3; F ₀₅ AB 1,2 < F 2,4.				
<i>Синап орловский</i>				
Контроль	40,1	40,6	45,6	42,1
Мочевина	48,3	51,4	49,3	49,7
Растворин	44,5	46,9	45,0	45,5
Эпин	41,7	49,1	37,7	42,8
Среднее (В)	43,6	47,0	44,4	
HCP ₀₅ A = 3,9; F ₀₅ B 2,2 < F 3,3; F ₀₅ AB 2,0 < F 2,4.				

став листьев в питомнике. [12] У сорта *Рождественское* недостаток фосфора в листьях. Химические препараты (Растворин, Мочевина и Эпин) стимулировали поступление кальция и фосфора из почвы в листья сортов *Свежесть*, *Имрус* и *Рождественское*.

Использование Растворина, Мочевины и Эпина достоверно повышало уровень калия в листьях при некорневых обработках саженцев сортов *Синап орловский*, *Свежесть*, *Рождественское*, *Имрус*. Содержание магния в среднем по сортам увеличивалось с применением Растворина и Эпина (у *Рождественского* с Эпином – в 1,5 раза). Достоверно возросло содержание магния при всех обработках у сорта *Ветеран*. Отрицательное влияние на уровень магния в листьях оказали Мочевина и Эпин-экстра у *Синапа орловского*, *Свежести* и *Имруса*.

При обработках растворами Эпина и Растворина отмечена тенденция увеличения диаметра штамба у саженцев *Богатырь* и *Рождественское*. Выявлены различия по этому показателю у деревьев сорта *Рождественское*, выращенных с применением Мочевины. У *Синапа орловского* существенные преимущества по величине диаметра штамба наблюдали в варианте деревьев, посаженных саженцами, с обработкой Мочевинной как совместно с прищипыванием верхушки или с одновременным удалением трех верхних листьев, так и без механического воздействия на саженец (табл. 3).

На третий год после посадки однолеток в сад отмечено единичное цветение отдельных деревьев *Рождественского*, *Богатыря* и *Свежести*, на четвертый – цветение и плодоношение 75...100 % деревьев этих сортов. Но в 2018 году при хорошем и среднем цветении сложились неблагоприятные условия (пониженная температура воздуха, постоянные дожди, сильный ветер, отсутствие лета пчел), урожай был слабым у всех сортов (см. рисунок, 2-я стр. обл.).

На рисунке представлен график урожайности деревьев сорта *Рождественское*, саженцы обработаны в питомнике различными химическими препаратами с механическим воздействием. Существенно выше контроля получен урожай в 2020 году с Растворином и совместном варианте (Растворин + прищипывание верхушек). В среднем за четыре года урожай (вариант с Растворином) с прищипыванием верхушек (5,2 кг) был выше контроля (3,6 кг/дер.).

Проявления реакции на стимуляцию роста саженцев сортов яблони за четыре года были разными (табл. 4). У *Ветерана* урожай выше контроля был в вариантах обработок саженцев Растворином с прищипыванием верхушек и одновременным удалением трех верхних листьев. Превосходил контроль по средним данным сорт *Ветеран* и в варианте обработки Эпином + прищипывание верхушки + удаление трех верхних листьев. Выше контроля был урожай сорта *Синап орловский* в варианте обработки Растворином вместе с прищипыванием верхушки побега.

На урожайность сорта *Богатырь* положительного влияния стимуляция роста саженцев в питомнике не оказала, напротив, в отдельных случаях урожай снижался. Механическое воздействие и химическая стимуляция по-разному воздействовали на величину урожая в первые годы плодоношения. Быстрого роста урожайности не отмечено, прищип-

Таблица 4.
Скороплодность сортов яблони осенней посадки 2014 года, подвой 54-118

Вариант	Средний урожай (кг/дер.), 2018–2021 годы				
	<i>Рождественское</i>	<i>Богатырь</i>	<i>Свежесть</i>	<i>Синап орловский</i>	<i>Ветеран</i>
Контроль (без стимуляции)	3,6	2,3	4,4	1,2	1,1
Прищипывание верхушки	4,6	2,1	4,6	1,0	1,4
Прищипывание верхушки + удаление трех листьев	3,6	1,8	3,6	1,4	1,5
Эпин	3,7	2,4	4,6	1,0	0,8
Эпин + прищипывание верхушки	3,7	1,3	4,6	1,0	0,7
Эпин + прищипывание верхушки + удаление трех верхних листьев	2,9	2,0	4,1	0,6	1,9
Растворин	4,4	1,6	5,6	1,5	1,3
Растворин + прищипывание верхушки	5,2	1,6	5,0	1,7	1,5
Растворин + прищипывание верхушки + удаление трех верхних листьев	3,9	1,4	4,2	1,3	1,8
Мочевина	4,8	1,3	4,5	0,8	1,6
Мочевина + прищипывание верхушки	4,2	1,1	4,4	1,3	1,6
Мочевина + прищипывание верхушки + удаление трех верхних листьев	3,5	1,3	4,0	1,1	1,3
Среднее	4,0	1,7	4,5	1,1	1,4
НСР ₀₅	1,3	0,6	1,1	0,4	0,5

на – неблагоприятные условия в период цветения 2018 и 2019 годов (табл. 4).

Таким образом, положительное влияние на скороплодность сортов в среднем за четыре года оказали следующие варианты: Растворин – сорт *Свежесть*; Растворин + прищипывание верхушки саженца – *Рождественское* и *Синап орловский*; Растворин и Эпин с прищипыванием и удалением трех верхних листьев – *Ветеран*. Количество боковых побегов у саженцев этих вариантов стимуляции роста – от 1,3 (*Свежесть*) до 3,2 (*Ветеран*), в контроле – 0 (НСР₀₅ = 0,7). [9]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Алферов, В.А. Технологические направления и тенденции интенсификации садоводства / В.А. Алферов // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2012. – № 13. – С. 65–69.
- Безух, Е.П. Производство разветвленных однолетних саженцев яблони в условиях Ленинградской области / Е.П. Безух // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. Сб. науч. трудов ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – 2013. – № 84. – С. 125–132.
- ГОСТ Р 53135 – 2008. Посадочный материал плодовых, ягодных и субтропических культур и чая. Технические условия. – 2009. – М.: Стандартинформ. – 16 с.

- Григорьева, Л.В. Пути и проблемы интенсификации садоводства ЦФО РФ / Л.В. Григорьева // Вестник Мичуринского Государственного аграрного университета. – 2011. – № 1. – Ч. 1. – С. 22–26.
- Гулько, Б.И. Изучение клоновых подвоев в питомнике / Б.И. Гулько // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2011 – № 14. – С. 35–38.
- Драбудько, Н.Н. Влияние технологических приемов на ветвление однолетних саженцев плодовых культур в питомнике / Н.Н. Драбудько, В.А. Левшунов, А.А. Самусь // Плодоводство. – Сб. науч. тр. РУП «Институт плодоводства» – Самохваловичи, 2013. – Т. 25. – С. 130–139.
- Захарченко, Р.С. Влияние различных способов кронирования на качество саженцев / Р.С. Захарченко, М.А. Костюк // Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства. Сб. мат. Межд. дистанц. науч.-практ. конф. мол. ученых. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2012. – С. 239–245.
- Каширская, О.В. Ветвление однолетних саженцев яблони под влиянием агротехнических приемов / О.В. Каширская // Вестник МичГАУ. – № 1. – Ч. 1. – 2011. – С. 55–58.
- Королёв, Е.Ю. Выращивание посадочного материала яблони для закладки интенсивных плодовых насаждений (рекомендации) / Е.Ю. Королёв, Н.Г. Красова. – Орел. – 2020. – С. 35.
- Королёв, Е.Ю. Влияние некорневых обработок и механических приемов на ветвление саженцев яблони и элементный состав листьев / Е.Ю. Королёв, Н.Г. Красова, А.М. Галашева // Современное состояние питомниководства и инновационные основы его развития: Мат. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. докт. с-х наук С.Н. Степанова. – 2015. – С. 157–161.
- Красова, Н.Г. Изучение сортов в питомнике / Н.Г. Красова, С.Д. Князев // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орел: изд-во ВНИИСПК. – 1999. – С. 219–225.
- Красова, Н.Г. К вопросу использования технологических приемов для получения разветвленных саженцев яблони / Н.Г. Красова, Е.В. Леоничева, Е.Ю. Королёв // Садоводство и виноградарство. – 2015. – № 2. – С. 35–41.
- Рябцева, Т.В. Влияние качества посадочного материала на рост и развитие структурных элементов кроны и корневой системы яблони сортов Антей и Алеса на подвоях различной силы роста. / Т.В. Рябцева // Плодоводство; Самохваловичи. – 2015. – Т. 27. – С. 39–61.
- Рябцева, Т.В. Рост и начало плодоношения интенсивного сада яблони, заложенного двухлетними саженцами различного типа кронирования в питомнике / Т.В. Рябцева, С.А. Гаджиев // Плодоводство. – 2005. – Т. 17. – Ч. 1. – С. 129–133.
- Садовский, А. Качество саженцев в зависимости от способа их производства / А. Садовский, М. Гурский // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И.В. Мичурина (1931–2001 гг.): науч. тр. / ВНИИС им. И.В. Мичурина; под общ. ред. В.А. Гудковского – Тамбов: изд-во ТГТУ, 2001. – Т. 2. – С. 182–186.
- Садовски, А. Экономическая эффективность использования двухлетних саженцев яблони для закладки интенсивного сада / А. Садовски, Т. Жульговски, Р. Дзюбан // Плодоводство: науч. тр. / РУП «Ин-т пло-

- доводства»; редкол.: В.А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2007. – Т. 19. – С. 229–237
17. Седов, Е.Н. Роли селекции в совершенствовании сортамента яблони в России / Е.Н. Седов, З.М. Серова, Т.В. Янчук, С.А. Корнеева // *Аграрный научный журнал*. – 2019. – № 3. – С. 12–18. DOI¹⁰/28983/asj.y2019i3pp12-18.
 18. Сенин, В.И. Ускоренное выращивание кронированных саженцев яблони на слаброслых подвоях / В.И. Сенин, В.В. Сенин // *Садоводство и виноградарство*. – 2002. – № 1. – С. 13–15.
- LIST OF SOURCES**
1. Alferov, V.A. Tekhnologicheskie napravleniya i tendencii intensivifikatsii sadovodstva / V.A. Alferov // *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii*. – 2012. – № 13. – С. 65–69.
 2. Bezuh, E.P. Proizvodstvo razvetvlenykh odnoletnih sazhencev yabloni v usloviyakh Leningradskoj oblasti / E.P. Bezuh // *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sb. nauch. trudov GNU SZNIIMESKH Rossel'hozakkademii*. – 2013. – № 84. – С. 125–132.
 3. GOST R 53135 – 2008. Posadochnyj material plodovyh, yagodnyh i subtropicheskikh kul'tur i chaya. Tekhnicheskie usloviya. – 2009. – М.: Standartinform. – 16 s.
 4. Grigor'eva, L.V. Puti i problemy intensivifikatsii sadovodstva CFO RF / L.V. Grigor'eva // *Vestnik Michurinskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* – 2011. – № 1. – Ch. 1. – С. 22–26.
 5. Gul'ko, B.I. Izuchenie klonovyh podvoev v pitomnike / B.I. Gul'ko // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij*. – 2011 – № 14. – С. 35–38.
 6. Drabud'ko, N.N. Vliyanie tekhnologicheskikh priemov na vetvlenie odnoletnih sazhencev plodovyh kul'tur v pitomnike / N.N. Drabud'ko, V.A. Levshunov, A.A. Samus' // *Plodovodstvo*. – Sb nauch. tr. RUP «Institut plodovodstva» - Samohvalovichi, 2013. – Т. 25. – С. 130–139.
 7. Zaharchenko, R.S. Vliyanie razlichnyh sposobov kronirovaniya na kachestvo sazhencev / R.S. Zaharchenko, M.A. Kostyuk // *Parametry adaptivnosti mnogoletnih kul'tur v sovremennykh usloviyakh razvitiya sadovodstva i vinogradarstva. Sb. mat. Mezhd. distanc. nauch.-prakt. konf. mol. uchenyh*. – Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2012. – С. 239–245.
 8. Kashirskaya, O.V. Vetvlenie odnoletnih sazhencev yabloni pod vliyaniem agrotekhnicheskikh priemov / O.V. Kashirskaya // *Vestnik MichGAU*. – № 1. – Ch. 1. – 2011. – С. 55–58.
 9. Korolyov, E.Yu. Vyrashchivanie posadochnogo materiala yabloni dlya zakladki intensivnyh plodovyh nasazhdenij (rekomendatsii) / E.Yu. Korolyov, N.G. Krasova. – Orel. – 2020. – С. 35.
 10. Korolyov, E.Yu. Vliyanie nekornevyh obrabotok i mekhanicheskikh priemov na vetvlenie sazhencev yabloni i elementnyj sostav list'ev / E.Yu. Korolyov, N.G. Krasova, A.M. Galasheva // *Sovremennoe sostoyanie pitomnikovodstva i innovatsionnye osnovy ego razvitiya: Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhd. dokt. s-h nauk S.N. Stepanova*. – 2015. – С. 157–161.
 11. Krasova, N.G. Izuchenie sortov v pitomnike / N.G. Krasova, S.D. Knyazev // *Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur*. – Orel: izd-vo VNIISPK. – 1999. – С. 219–225.
 12. Krasova, N.G. K voprosu ispol'zovaniya tekhnologicheskikh priemov dlya polucheniya razvetvlenykh sazhencev yabloni / N.G. Krasova, E.V. Leonicheva, E.Yu. Korolyov // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. – 2015. – № 2. – С. 35–41.
 13. Ryabceva, T.V. Vliyanie kachestva posadochnogo materiala na rost i razvitie strukturnykh elementov krony i kornevoj sistemy yabloni sortov Antej i Alesya na podvoyah razlichnoj sily rosta. / T.V. Ryabceva // *Plodovodstvo; Samohvalovichi*. – 2015. – Т. 27. – С. 39–61.
 14. Ryabceva, T.V. Rost i nachalo plodonosheniya intensivnogo sada yabloni, zalozhennogo dvuhletnimi sazhencami razlichnogo tipa kronirovaniya v pitomnike / T.V. Ryabceva, S.A. Gadzhiev // *Plodovodstvo*. – 2005. – Т. 17. – Ch. 1. – С. 129–133.
 15. Sadovskij, A. Kachestvo sazhencev v zavisimosti ot sposoba ih proizvodstva / A. Sadovskij, M. Gurskij // *Osnovnye itogi i perspektivy nauchnyh issledovanij VNIIS im. I.V. Michurina (1931–2001 gg.): nauch. tr. / VNIIS im. I.V. Michurina; pod obshch. red. V.A. Gudkovskogo – Tambov: izd-vo TGТУ, 2001. – Т. 2. – С. 182–186.*
 16. Sadovski, A. Ekonomicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya dvuhletnih sazhencev yabloni dlya zakladki intensivnogo sada / A. Sadovski, T. Zhultovzhki, R. Dzyuban // *Plodovodstvo: nauch. tr. / RUP «In-t plodovodstva»; redkol.: V.A. Matveev (gl. red.) [i dr.]*. – Samohvalovichi, 2007. – Т. 19. – С. 229–237.
 17. Sedov, E.N. Roli selekcii v sovershenstvovanii sortimenta yabloni v Rossii / E.N. Sedov, Z.M. Serova, T.V. Yanchuk, S.A. Korneeva // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2019. – № 3. – С. 12–18. DOI¹⁰/28983/asj.y2019i3pp12-18.
 18. Senin, V.I. Uskorennoe vyrashchivanie kronirovannyh sazhencev yabloni na slabroslykh podvoyah / V.I. Senin, V.V. Senin // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. – 2002. – № 1. – С. 13–15.

М.А. Бабаева, кандидат биологических наук
С.В. Осипова

Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
РФ, 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Магомеда Гаджиева, 45
E-mail: muslimat.50@mail.ru

УДК 581.55:631.585(262.81)

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/52-54

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ПАСТБИЩ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

Проведены полевые исследования по влиянию механизмов антропогенного и экологического характера на виды кормовых растений естественных пастбищных фитоценозов. Дано объяснение развития процессов изменения структуры растительности, видоизменения сообществ. Показано заметное снижение продуктивности фитоценозов при ненормированной нагрузке – 3–4 овцы/га. Установлено отрицательное воздействие внешних механизмов на сохранение ценных кормовых трав в зависимости от разных режимов использования пастбищ на территории Северо-Западного Прикаспия. Продуктивность фитоценозов с повышенной нагрузкой в весенний период – 4,54–2,27 ц/га. Особенности изменения растительного покрова определяются формированием антропогенного ландшафта с доминированием наиболее устойчивых полукустарничков ксерофитов. Прослежено изменение состава растительного покрова, соотношение видов кормовых трав с разной адаптивной стратегией. На экспериментальных участках с ненормированной нагрузкой травостой разрежен, низкое проективное покрытие – 32–67%. В местах сбоя разрастаются одно- и двулетние растения с небольшим участием плохоедаемых многолетников, наблюдается выпадение малоустойчивых злаковых видов. На участках фитоценозов с умеренной нагрузкой проективное покрытие в среднем 72% из-за содержания доли злаковых, разнотравья и ксерофитов с высоким уровнем адаптации и устойчивости к различным механизмам воздействия.

Ключевые слова: видовое разнообразие, Республика Дагестан, растительность, пастбище, аридные условия, антропогенный пресс, экологические условия, продуктивность, встречаемость видов.

M.A. Babaeva, PhD in Biological sciences
S.V. Osipova

Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Centre of the RAS
RF, 367000, Respublika Dagestan, g. Makhachkala, ul. Magomeda Gadzhijeva, 45
E-mail: muslimat.50@mail.ru

NATURAL AND ANTHROPOGENIC MECHANISMS OF IMPACT ON PASTURES PLANT COMMUNITIES IN THE NORTH-WESTERN CASPIAN REGION

The data from field studies on the influence of anthropogenic and ecological mechanisms on the species of forage plants of natural pasture phytocenoses is presented in the article. An explanation for the development of vegetation change processes in phytocenoses under existing conditions is given. The influence on the change in the structure of vegetation, the processes of transformation of communities has been studied. A noticeable decrease in the productivity of phytocenoses was shown at an unstandardized load of 3–4 sheep per hectare. Studies have established the negative influence of external mechanisms on the preservation of valuable forage grasses, depending on the different modes of use of pastures in the North-Western Caspian region. A noticeable decrease in the dynamics of productivity of phytocenoses with an increased load in the range of 4.54–2.27 centners/ha in the spring is shown. The results of the conducted studies show that the peculiarities of changes in the vegetation cover are mainly determined by the formation of an anthropogenic landscape with the domination of the most resistant xerophyte dwarf shrubs and the replacement of indigenous species of the community with unsuitable plant species for food that are formed in a continental climate. Changes in the composition of the vegetation cover, the ratio of species of forage grasses with different adaptive strategies were studied. Found significant changes in the vegetation cover in the experimental plots with non-standardized load. The grass stand is sparse, with a low projective cover of 32–67%. In places of failure, one- and two-year-old plants grow with some poorly eaten perennials; loss of unstable species, especially cereals, is observed. Areas of phytocenoses with a moderate load were characterized by an average of 72% projective cover due to the content of the proportion of grasses, forbs and xerophytes with a high level of adaptation and resistance to various mechanisms of influence.

Keywords: species diversity, Republic of Dagestan, vegetation, pasture, arid conditions, anthropogenic pressure, ecological conditions, productivity, occurrence of species.

Растительный покров пастбищных экосистем – это наименее защищенный компонент ландшафта, который регулируется эколого-физиологическими механизмами. В связи с интенсивным увеличением пастбищной нагрузки на единицу площади большое влияние на почвенно-растительный покров оказывает вытаптывание (выбивание) почв. Разрыхленная песчаная масса легко выдувается ветром, происходит засоление, смена растительных сообществ, наруше-

ние естественного природного режима. Для устранения этих механизмов воздействия на растительные сообщества необходимо рационально использовать пастбища.

Важно сохранить природные экосистемы, их биоразнообразие на фоне нарастания естественного и антропогенного воздействий. [4–6]

Цель работы – изучить механизмы влияния неблагоприятных факторов на почвенно-расти-

тельный покров аридной зоны Северо-Западного Прикаспия (видовой состав, структура растительных сообществ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования – естественная растительность пастбищ, представленная ассоциациями, в состав которых входят разные растительные группировки, в зависимости от степени и характера деградированности почвенно-растительного покрова. Сообщества сформированы в континентальных климатических условиях, где годовая сумма осадков – 150...320 мм, летних – не превышает 100 мм, максимальная температура воздуха в июне-августе – 35...45°C, 55 дней в году преобладает сильный иссушающий юго-восточный ветер.

Геоботаническая характеристика почвенно-растительного покрова пастбищ Терско-Кумской полупустыни дана по методу Раменского. Продуктивность фитомассы, взятие укосов с учетных площадок (1 м²) при разделении по степени сбитости определяли по критериям, предложенным Б.М. Миркиным. Выявляли флористический состав пастбищ, типы растительных сообществ, продуктивность, проективное покрытие. В работе использовали общепринятую методику Б.А. Доспехова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Встречаемость кормовых злаковых растений и некоторых видов разнотравья понизилась на 32...83 %. Сформировались полынные и солянковые сообщества. Определили эколого-ценотические характеристики в зависимости от естественных и антропогенных механизмов воздействия.

Интенсивность влияния на почвенно-растительный покров оценивали по показателям проективного покрытия, которые варьировали от 32 до 67 %, что свидетельствует о разной степени деградации пастбищных фитоценозов (см. таблицу).

Наибольшая встречаемость различных видов растений отмечена на площадках со слабой нагрузкой. При усиленном выпасе животных доминантными становятся малопоедаемые кормовые или сорные растения, которые хорошо выносят вытаптывание. Флористический состав обеднен и представлен дикими видами. Уменьшилось количество *Agropyron cristatum*, *Kochia prostrata*, *Camphorosma lessingii* либо эти виды исчезли полностью, заменило их однолетнее сорное растение *Salsola tragus* (курай) и другие группировки.

Растения и растительные сообщества в разных условиях имеют неодинаковую чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям. Выпас скота меняет видовой состав и жизненные формы растений, уменьшает высоту травостоя, снижает семенную продуктивность, урожайность кормовых трав, вызывает распространение сорняков. Все это приводит к развитию эрозии и дальнейшему опустыниванию.

Разрушение почвенно-растительного покрова обусловлено как природными, так и антропогенными факторами, которые снижают или полностью уничтожают биологическую продуктивность пастбищ. [3] В таких условиях резко сокращается количество ценных в кормовом отношении видов растений и эфемеров, происходит замена многолетних травянистых растений вначале на многолетнее, а затем однолетнее плохое поедаемое разнотравье.

Для нормального произрастания пастбищных трав необходимо не менее 350 мм осадков за год. Обеспеченность влагой ниже этих пределов, особенно в сочетании с высокой температурой, вызывает нарушение метаболизма, роста и продуктивности растений. [1, 2] В особых условиях (температура воздуха – 35...45°C, средняя относительная влажность – 80...85 %, испаряемость – более 500 мм, сумма летних осадков – не выше 100 мм) некоторые злаковые виды не выдерживают вегетационный период. Интенсивное испарение влаги в период засухи усиливает подъем солей из нижележащих горизонтов. Морфологический признак перехода многолетних трав в состояние летнего полупокоя –

Динамика надземной фитомассы на пастбищных угодьях, ц/га

Фракция	Нормированный выпас (1...2 овцы/га)			Встречаемость, %	Ненормированный выпас (2...3 овцы/га)			Итого	Встречаемость
	Весна	Лето	Осень		Весна	Лето	Осень		
Эфемеры и злаковые									
<i>Agropyron cristatum</i>	0,42	0,45	0,49	83	–	–	–	–	–
<i>Bromus squarrosus</i>	0,25	0,15	0,14	33	0,21	–	–	–	67
<i>Carex pachystylis</i>	0,18	0,25	0,21	34	0,11	0,12	0,18	1,01	32
<i>Festuca sulcata</i>	0,49	0,15	0,26	83	–	0,5	0,7	–	–
<i>Eremopyrum triticeum</i>	0,14	0,18	0,22	67	–	–	–	–	–
Разнотравье-маревые									
<i>Camphorosma lessingii</i>	0,35	0,21	0,29	79	0,15	0,8	0,10	–	–
<i>Kochia prostrata</i>	0,29	0,30	0,75	75	0,22	0,4	0,6	–	–
<i>Salsola tragus</i>	0,35	0,42	0,75	92	0,61	0,31	0,49	1,41	64
<i>Petrosimonia brachiata</i>	0,27	0,21	0,24	67	0,24	0,15	0,18	–	–
<i>Ceratoides papposa</i>	0,16	0,15	0,19	65	0,18	0,3	0,9	–	–
Сложноцветные-полыни									
<i>Artemisia lercheanum</i>	0,39	0,45	0,47	93	0,17	0,16	0,21	–	63
<i>Artemisia halodendron</i>	0,41	0,46	0,59	95	0,21	0,23	0,37	–	45
<i>Artemisia taurica</i>	0,43	0,42	0,48	89	0,17	0,28	0,30	–	35
<i>Inula sabuletorum</i>	0,14	0,17	0,12	33	–	–	–	–	–

быстрое подсыхание надземных побегов и листьев. У ксерофитов верхние листья более засухоустойчивы, чем нижние. Суккуленты имеют мощную корневую систему, приспособления для уменьшения транспирации и ткани для накопления воды. Экстремальные условия засушливого периода привели к депрессии пастбищных кормовых трав, выгоранию, исчезновению, особенно они сказались на мезофильных видах — *Festuca pratensis*, *Phleum paniculatum*, *Poa bulbosa*. Многие полупустынные растения приспособляются к дефициту влаги путем развития глубоких корневых систем (1,5...2,0 м), отсутствием листовых пластинок, густым опушением (зонтичные, полыни, сложноцветные). Выносливые доминирующие ксерофиты (*Ceratoides papposa*, *Salsola tragus*, *Artemisia lercheanum*, *A. halodendron*, *A. taurica*, *Agropyron cristatum*, *Petrosimonia brachiata*) составляют основу пастбищного корма.

Выводы. Разрушение почвенно-растительного покрова обусловлено как природными естественными, так и антропогенными механизмами, которые способствуют снижению или потере биологической продуктивности пастбищ.

В условиях недостаточного увлажнения состояние естественных кормовых пастбищных угодий подвержено процессам деградации. Высокой продуктивностью и экологической устойчивостью обладают: *Ceratoides papposa*, *Kochia prostrata*, *Artemisia lercheanum*, *A. halodendron*, *A. taurica*. Они формируют большую фитомассу, с которой выносятся значительное количество токсичных солей (в метровом слое почвы — 0,232 (*Artemisia taurica*) ...0,429 (*Ceratoides papposa*) т/га). Ботанические показатели разных видов растений с неодинаковой чувствительностью к существующим механизмам воздействия определяют экологическое состояние ландшафтов пастбищных экосистем.

Наличие солей (более 0,4 % сухой массы почвы) вызывает резкое ухудшение физиологического состояния и продуктивности растений. Засоление почв — причина гибели многих эфемерных злаковых видов кормовых трав. Расположение территории Прикаспийской низменности в зоне недостаточного увлажнения с часто повторяющимися суховеями характеризуется различной степенью природного засоления, эрозией, дефляцией. Устойчивыми свойствами к вредным механизмам воздействия на солончаковых почвах обладают галофиты: *Agropyron cristatum*, *Salsola tragus*, *Salsola dendroides*, *Camphorosma lessingii* и *Bromus squarrosus*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гасанов, Г.Н. Экологическое состояние и возможности фитомелиорации засоленных почв Северо-Западного Прикаспия / Г.Н. Гасанов, М.Р. Мусаев, Р.З. Усманов,

- М.М. Абасов // Проблемы региональной экологии. — 2007. — № 6. — С. 79–85.
2. Гасанов, Г.Н. Факторы предотвращения деградации почв и восстановления продуктивности естественных пастбищ в Северо-Западном Прикаспии / Г.Н. Гасанов, Р.З. Усманов, Н.Р. Магомедов и др. // Аридные экосистемы. — 2013. — Т. 19. — № 1 (54). — С. 53–58.
3. Дымова, Т.В. Критерии устойчивости и оценка состояния растительности дельты Волги под влиянием антропогенного воздействия: монография / Т.В. Дымова, Л.Ю. Чуйкова, Ю.С. Чуйков. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2011. — 161 с.
4. Залибеков, З.Г. Почвенное разнообразие и современные проблемы его изучения / З.Г. Залибеков // Аридные экосистемы. — 2006. — Т. 6. — № 13. — С. 27–36.
5. Магомедов, М.-Р.Д. Влияние выпаса на продуктивность и структуру растительности пастбищных экосистем Терско-Кумской низменности / М.-Р.Д. Магомедов Р.А. Муртузалиев // Аридные экосистемы. — 2001. — Т. 7. — № 14–15. — С. 39–53.
6. Усманов, Р.З. Реградация пастбищных экосистем, подверженных антропогенному прессингу / Р.З. Усманов, М.А. Бабаева, С.В. Осипова // Юг России: экология, развитие. — 2012. — № 2. — С. 109–113.

LIST OF SOURCES

1. Gasanov, G.N. Ekologicheskoe sostoyanie i vozmozhnosti fitomeliioracii zasolennykh pochv Severo-Zapadnogo Pri-kaspiya / G.N. Gasanov, M.R. Musaev, R.Z. Usmanov, M.M. Abasov // Problemy regional'noj ekologii. — 2007. — № 6. — S. 79–85.
2. Gasanov, G.N. Faktory predotvrashcheniya degradacii pochv i vosstanovleniya produktivnosti estestvennykh past-bishch v Severo-Zapadnom Prikaspii / G.N. Gasanov, R.Z. Usmanov, N.R. Magomedov i dr. // Aridnye ekosiste-my. — 2013. — T. 19. — № 1 (54). — S. 53–58.
3. Dymova, T.V. Kriterii ustojchivosti i ocenka sostoyaniya rastitel'nosti del'ty Volgi pod vliyaniem antropogennogo vozdeystviya: monografiya / T.V. Dymova, L.Yu. Chujkova, Yu.S. Chujkov. — Astrahan': Izdatel'skij dom «Astrahanskij universitet», 2011. — 161 s.
4. Zalibekov, Z.G. Pochvennoe raznoobrazie i sovremennye problemy ego izucheniya / Z.G. Zalibekov // Aridnye eko-sistemy. — 2006. — T. 6. — № 13. — S. 27–36.
5. Magomedov, M.-R.D. Vliyanie vypasa na produktivnost' i strukturu rastitel'nosti pastbishchnyh ekosistem Tersko-Kumskoj nizmennosti / M.-R.D. Magomedov, R.A. Mur-tuzaliev // Aridnye ekosistemy. — 2001. — T. 7. — № 14–15. — S. 39–53.
6. Usmanov, R.Z. Regradaciya pastbishchnyh ekosistem, podverzhennykh antropogennomu pressingu / R.Z. Us-manov, M.A. Babaeva, S.V. Osipova // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. — 2012. — № 2. — S. 109–113.

Л.Т. Мальцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.А. Филиппова

Н.Ю. Банникова

И.А. Дробот, аспирант

Н.В. Катаева, аспирант

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН

РФ, 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а

С.А. Показаньев, кандидат сельскохозяйственных наук

АО «Шелково Агрохим»

РФ, 141108, Московская обл., г. Щелково, ул. Заводская, 2, стр. 3а

E-mail: kniish@ketovo.zaoral.ru

УДК 632.9:633.11

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/55-59

РОЛЬ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ*

В статье изучено влияние препаратов производства АО «Шелково Агрохим» на биометрические показатели роста и развития озимой мягкой пшеницы сорта Умка в условиях Курганской области (Курганский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН) в 2019–2021 годах. Лучшие результаты по сохранности растений, фитосанитарному состоянию посевов, урожайности и биологической продуктивности получены при оптимальной схеме защиты – инсекто-фунгицидное протравливание семян и дополнительная осенняя обработка препаратом ЗИМ-500 0,5 л/га. Данная схема обеспечила увеличение урожайности озимой пшеницы на 5,3 ц/га (40,2 %) к контролю и отличное качество зерна на уровне первого класса, может быть рекомендована производству. Дополнительные средства комплексной защиты озимой пшеницы (Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га в фазе флаг-лист – колошение) улучшили показатели качества зерна, урожайность на 4,3 ц/га (32,6 %) к контролю, но прибавки урожая по сравнению с оптимальной схемой защиты при острой засухе 2021 года не было.

Ключевые слова: Курганская область, озимая пшеница, комплексная химическая защита, урожайность, качество зерна, протравители, фунгициды.

L.T. Mal'tseva, *PhD in Agricultural sciences*

E.A. Filippova

N.Yu. Bannikova

I.A. Drobot, *PhD student*

N.V. Kataeva, *PhD student*

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, UrB of RAS

RF, 620142, g. Ekaterinburg, ul. Belinskogo, 112a

S.A. Pokazan'ev, *PhD in Agricultural sciences*

JSC «Shchelkovo Agrochem»

RF, 141108, Moskovskaya obl., g. Shchelkovo, ul. Zavodskaya, 2, str. 3a

E-mail: kniish@ketovo.zaoral.ru

THE ROLE OF CHEMICALS IN THE WINTER WHEAT CULTIVATION

The article considers the influence of preparations produced by JSC "Shchelkovo Agrochem" on biometric indicators of growth and development of winter soft wheat of the Umka variety in the conditions of the Kurgan region (Kurgan SRIA – branch of FSBSI UrFASRC, UrB of RAS) in 2019–2021. The best indicators for plant safety, phytosanitary condition of crops, yield and biological productivity were obtained with an optimal protection scheme involving the use of insecto-fungicidal seed etching and additional autumn treatment with ZIM-500 at a dose of 0.5 l/ha. This scheme provided an increase in the yield of winter wheat by 5.3 c/ha (40.2 %) to control and excellent grain quality at the level of class 1 and can be recommended for production. The use of additional means of comprehensive protection of winter wheat (Duo Title 0.2 l/ha + Biostim Grain 1 l/ha in the flag-leaf – earing phase) provided an improvement in grain quality indicators, increased yield by 4.3 c/ha (32.6 %) to control, but did not provide an additional increase in yield compared to the optimal a protection scheme in the conditions of acute drought in 2021.

Keywords: Kurgan region, winter wheat, complex chemical protection, yield, grain quality, protectants, fungicides.

В связи с повышением спроса на озимую пшеницу в Уральском регионе встает вопрос отработки технологических приемов. С обострением экологических, энергетических и экономических проблем

при возделывании озимых культур, большое внимание уделяется комплексному применению средств защиты растений, удобрений и регуляторов роста, так как они – неотъемлемые составляющие со-

* Работа выполнена в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 4.1.2.1. «Поиск, сохранение, изучение генетических ресурсов растений и использование их в селекционном процессе при создании новых форм, сортов и гибридов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур» (тема № 0532-2021-0008) / The work was carried out within the State task of the Ministry of Science and Higher Education framework in 4.1.2.1. direction "Search, conservation, plant genetic resources study and their usage in the selection process of new forms, varieties and hybrids of agricultural, medicinal and aromatic crops breeding" (topic No. 0532-2021-0008).

временных сельскохозяйственных технологий. [6] Анализ фитосанитарной ситуации на полях сельхозпредприятий Уральского региона, в том числе Курганской области, показал, что уровень зараженности семян зерновых культур и почвы достаточно высокий. [8] Доказано, что стимуляторы роста положительно воздействуют на зерновые культуры, повышая их урожайность и качество зерна. [7]

Цель работы – изучить влияние средств химизации на продуктивность, качество зерна озимой мягкой пшеницы и фитосанитарную ситуацию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в лаборатории селекции пшеницы Курганского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в 2019–2021 годах. Объект изучения – сорт озимой мягкой пшеницы *Умка*, который при благоприятных условиях устойчиво формирует высококачественное зерно.

Схема опыта: предпосевная обработка семян протравителями фунгицидного действия Поларис и инсектицидным Харита совместно с аминокислотным биостимулятором Биостим Старт; фунгицидная защита посевов осенью препаратом ЗИМ-500, весной – гербицидно-фунгицидная в фазе кушения. Предшественник – пар. Норма высева – 5,5 млн всхожих зерен/га. Сроки посева – III-я декада августа и I-я декада сентября. Посев – сеялкой ССФК-7. Площадь делянок – 20 м², повторность – четырехкратная. Учет урожая проводили методом пробных площадок по методике Государственного испытания сельскохозяйственных культур. [4] Статистическую достоверность оценивали дисперсионным анализом при 95 % уровне значимости.

Опытный участок расположен в центральной зоне области (лесостепь). Основные особенности – холодная, малоснежная зима, короткое лето с периодически повторяющимися засухами, весной часто возвращаются холода. Фаза кушения в 2019 году проходила при благоприятных условиях температурного режима и влагообеспеченности. В вегетационный период 2020 года (май-август): летом (июнь-июль) – засуха (ГТК – 0,81), осенью (сентябрь) условия удовлетворительные. В 2021 году вегетационный период острозасушливый (ГТК – 0,4).

Почва – чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое (0...20 см) – 4,26 % (по Тюрину); рН_{вод} – 5,7; содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 118 мг/кг почвы, обменного калия – 217, нитратного азота – 14 мг/кг почвы.

Проведены учеты: корневых гнилей по методике В.А. Чулкиной (1972) в фазе кушения; листостебле-

вых пятнистостей и засоренности посевов – методика ВИЗР [11]; содержание клейковины в зерне пшеницы – ГОСТ 13586.1–68.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ морфометрических показателей озимой пшеницы (начало кушения) в осенний период показал, что в 2019 году обработка протравителями (Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т) увеличила длину основного стебля по сравнению с контролем (табл. 1).

В 2020 году уменьшение длины стебля сочеталось с увеличением его диаметра в два раза, что можно считать положительным стимулирующим и ретардантным эффектом. Обработка семян препаратом Биостим Старт 1 л/т оказала действие, повышающее длину стебля. Отмечено увеличение количества корней до 5...7 шт. в начале осеннего кушения по сравнению с контролем (3...5 шт.). Кроме этого, у растений позднее начал образовываться второй стебель при кушении – это положительный момент, так как осенью для озимой пшеницы важнее сформировать больше корней, чем стеблей.

В Зауралье и Сибири обильное осеннее кушение несущественно влияет на продуктивность, так как надземная часть при перезимовке способна частично отмирать. Орган, восстанавливающий утраченные стебли растения весной, – хорошо развитый узел кушения. [1] Полевой всхожести более высокие показатели в вариантах без обработки семян протравителями (2,3) и с комплексом протравителей + Биостим Старт (вариант 6) (табл. 2). При применении Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т (варианты 4,5) в среднем за два года полевая всхожесть снизилась на 4,7...7,5 % к контролю, а баковой смеси с препаратом Биостим Старт – повысилась до 78,6 %. Биологические стимуляторы способствуют активации метаболизма растений, что повышает коэффициент использования минеральных удобрений, улучшает защитные механизмы растений против воздействия неблагоприятных факторов. [10]

Дополнительная обработка системным фунгицидом ЗИМ-500 в осенний период благоприятно сказалась на перезимовке озимой пшеницы, к весне 2021 составил 86...100 %. Сохранность растений в вариантах с его применением (3, 5, 6) повысилась на 16...35 % к контролю. В 2020 году при общей низкой перезимовке существенных прибавок не наблюдали.

Анализ фитосанитарного состояния подземных органов растений в фазе полных всходов (первичные корни) показал, что пестициды положительно воздействовали на полноту всходов и снижали развитие болезней на первичных корнях. [2] За вегетацию 2020–2021 годов поражение озимой пше-

Таблица 1. Характеристика озимой пшеницы *Умка* в осенний период при обработке семян препаратами А0 «Щелково Агрохим» по годам

Вариант	Длина стебля, см		Диаметр стебля, мм		Количество, шт.					
	2019	2020	2019	2020	стеблей		листьев		корней	
					2019	2020	2019	2020	2019	2020
1. Контроль	26,0	19,0	1,2	1,2	2	2...3	4...5	3...4	3...5	3...5
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га	28,5	15,5	2,5	2,0	1	1	3...4	3...4	5...7	5...7
6. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + Биостим Старт 1,0 л/т	30,5	16,5	2,0	2,0	1	1	3...4	3...4	5...7	5...7

Таблица 2.
Полевая всхожесть и сохранность растений в осенний период при обработке препаратами АО «Щелково Агрохим» по годам

Вариант	Полевая всхожесть (21.09.2020), %		\bar{X}	Сохранность после перезимовки (4.05.2021), %		\bar{X}
	2019	2020		2020	2021	
	1. Контроль	71,8	75,2	73,5	34	74
2. б/о семян	85,3	74,0	79,6	46	84	65,0
3. б/о семян + ЗИМ-500 0,5 л/га	74,6	84,4	79,5	43	100	72,0
4. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т	66,6	71,0	68,8	39	78	58,5
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га	62,0	70,0	66,0	33	86	59,5
6. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + Биостим Старт 1,0 л/т. ЗИМ-500 0,5 л/га. Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га в фазе флаг-лист – колошение	70,5	86,8	78,6	34	100	67,0

ницы осенью в фазе кущения корневыми гнилями на контроле составило по развитию – 1,55 %, распространённости – 22 %, что не превышает уровень порога вредоносности. Обработка семян фунгицидными протравителями (варианты 5, 6) обеспечила практически 100%-ю защиту растений от корневых гнилей в осенний период (табл. 3). Весной 2021 года уровень поражения корневыми гнилями растений в контроле невысокий (развитие – 4,32 %, распространённость – 36 %).

В вариантах с защитой семян фунгицидным протравителем Поларис и осенней обработкой посевов фунгицидом ЗИМ-500 корневая система озимой пшеницы была практически здоровой. Листостебельные инфекции в засушливых условиях летнего периода не имели существенного развития. Обязательная по схеме опыта комплексная химическая защита (гербициды+фунгициды) весной-летом не повлияла на фитосанитарное состояние посевов. Отмечено единичное поражение нижнего яруса листьев мучнистой росой и пиренофорозом (суммарное развитие – 0,64 %).

Урожайность – это комплексный показатель, зависящий от многих факторов, особенно от погодных условий периода вегетации возделываемых сельскохозяйственных культур. [9] У сорта озимой пшеницы Умка (40...50 ц/га) с недостатком влаги в 2020 году урожайность составила от 14,3 до 24,9 ц/га, при сильной засухе 2021 – 5,1...12,1 ц/га (табл. 4). Повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды (засуха, заморозки, высокие и низкие температуры, вымокание) очень важно. [3] При этом возрастает роль системы защиты, регуляторов роста и развития растений, способствующих преодолению последствий стресса. Комплексная химическая защита озимой пшеницы препаратами производства АО «Щелково Агрохим» дала достоверную прибавку урожайности в среднем за два года 5,3 и 4,4 ц/га соответственно в вариантах 5, 6 ($НСР_{05} = 2,1$ ц/га).

Осенняя фунгицидная защита препаратом ЗИМ-500 0,5 л/га (вариант 3) улучшила фитосанитарную ситуацию и увеличила показатели продуктивности с достоверной прибавкой урожая на 2,9 ц/га по сравнению с контролем. Летняя гербицидно-фунгицидная защита растений (фон в вариантах 2-6) в условиях острой засухи при отсутствии существенного развития сорной растительности и относительно слабом развитии болезней, привела к умеренному токсикозу рас-

тений и снижению урожайности (вариант 2 – на 3,5 ц/га к контролю).

В варианте 5 получены более высокие показатели элементов структуры урожая озимой пшеницы,

Таблица 3.
Поражение озимой пшеницы корневыми гнилями

Вариант	Корневые гнили, %			
	осень 2020 года		весна 2021 года	
	развитие	распространённость	развитие	распространённость
1.Контроль	1,55	22	4,32	36
2. б/о семян +*	1,48	25	4,77	38
3. б/о семян+ ЗИМ-500 0,5 л/га+*	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т+*	0,00	0,00	1,15	12,00
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га+*	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + Биостим Старт 1,0л/т. ЗИМ-500 0,5 л/га+*. Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га**	0,00	0,00	0,00	0,00

Примечание. * – фоновая гербицидно-фунгицидная защита: Зингер 10 г/га + Арго 0,8 л/га + Дротик 0,5 л/га + Титул Дуо 0,25 л/га в фазе кущения. ** – Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га в фазе флаг-лист – колошение.

Таблица 4.
Урожайность озимой пшеницы по годам

Вариант	Урожайность, ц/га			
	2020	2021	\bar{X}	$\bar{X} \pm \kappa$ контролю
1. Контроль	18,5	7,9	13,2	контроль
2. б/о семян	14,3	5,1	9,7	-3,5
3. б/о семян + ЗИМ-500 0,5 л/га	24,8	7,5	16,2	2,9
4. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т	19,1	9,7	14,4	1,2
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га	24,9	12,1	18,5	5,3
6. Поларис 1,5 л/т + Биостим Старт 1 л/т + Харита 0,5 л/т. ЗИМ-500 0,5 л/га. Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га	24,6	10,5	17,6	4,3
$НСР_{05}$			2,1	

Таблица 5.

Структура урожая озимой пшеницы при обработке препаратами АО «Щелково Агрохим» по годам

Вариант	Густота стояния перед уборкой, шт/м ²			Продуктивная кустистость			Длина стебля, см		
	2020	2021	Х	2020	2021	Х	2020	2021	Х
1. Контроль	164	294	229	1,9	0,7	1,30	90	65	77,5
2. б/о семян	134	284	209	2,2	0,6	1,40	93	65	79,0
3. б/о семян+ЗИМ-500 0,5 л/га	243	312	277	2,4	0,4	1,40	93	60	76,5
4. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т	160	234	197	2,0	0,9	1,45	90	70	80,0
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га	203	402	302	2,1	0,8	1,45	95	70	82,5
6. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + Биостим Старт 1,0 л/т. ЗИМ-500 0,5 л/га. Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га	222	370	296	1,8	0,4	1,10	93	60	76,5

Таблица 6.

Структура урожая и биологическая продуктивность озимой пшеницы при обработке препаратами АО «Щелково Агрохим» по годам

Вариант	Масса зерна с колоса, г			Колосков в колосе, шт.		Зерен в колосе, шт.			Масса 1000 зерен, г			Продуктивность, г/м ²		
	2020	2021	Х	2020	2021	2020	2021	Х	2020	2021	Х	2020	2021	Х
Контроль	1,6	0,9	1,2	19	17	43	27	35	34	27	31	185	70	128
2	1,2	0,6	0,9	19	15	56	22	39	22	25	24	143	60	102
3	1,7	0,4	1,0	20	14	50	18	34	33	26	30	248	58	153
4	2,2	0,8	1,5	19	16	52	28	40	43	28	36	191	90	141
5	2,0	0,8	1,4	20	15	57	26	41	34	29	32	249	112	181
6	2,2	0,4	1,3	20	15	54	20	37	40	27	34	246	106	176

где применяли протравители семян фунгицидного и инсектицидного действия (Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т) с дополнительными обработками посевов: осенью – фунгицидной (ЗИМ-500 0,5 л/га); весной-летом – гербицидно-фунгицидной (табл. 5).

Данная схема защиты по сравнению с контролем увеличила густоту стояния растений на 73 шт/м², длину стебля – 5 см, продуктивную кустистость с 1,3 до 1,45.

В опыте без обработки семян, но с осенней фунгицидной (ЗИМ-500 0,5 л/га) и летней гербицидно-фунгицидной защитой посевов, увеличилась продуктивная кустистость на 48 стеблей/м² по сравнению с контролем.

Засуха весенне-летнего периода 2021 года (ГТК 0,4) негативно отразилась на формировании всех элементов продуктивности и урожайности озимой пшеницы. Весной в фазе кущение-выход в трубку и закладки числа колосков в колосе, температура воздуха превышала многолетние данные на 6,4°C при незначительном выпадении осадков (1,2 мм), недостаток влаги в метровом слое почвы – 18,6 % нормы. Число колосков и зерен в колосе, масса зерна с колоса были выше в вариантах без обработки (табл. 6).

Наибольшую величину биологической продуктивности ежегодно отмечали в вариантах 5 и 6 соответственно: 2020 – 249, 246 г/м², 2021 – 112, 106 г/м², что по отношению к контролю – 133...160 %. Данный вариант защиты растений при недостатке влаги оптимальный. Менее затратный вариант 3 положителен только в 2020 году – 248 г/м² (контроль – 185 г/м²).

Качественные показатели зерна в значительной степени зависят от температуры и условий увлажнения в фазах молочно-восковой и восковой спелости, а также от генотипических особенностей сорта. При засухе тормозится отток веществ из вегетатив-

ных органов в зерно, причем в большей степени замедляется передвижение углеводов, чем азотистых веществ, что приводит к высокому относительному содержанию белка в зерне. В 2020–2021 годах зерно озимой пшеницы по содержанию клейковины соответствовало первому классу как на контроле, так и в вариантах 5, 6. Применение препаратов в этих вариантах повышало качество клейковины до второй группы (100...102), контроль – 107 ед. ИДК (табл. 7). Подтверждаются исследования А.А. Завалина и А.М. Накарякова – биопрепараты увеличивают содержание белка в зерне, по сравнению с контролем. [5]

Лучшие результаты по физическим свойствам зерна получены в варианте 6: масса 1000 зерен – 30,5 г; натура зерна – 717 г/л; стекловидность – 48,5 %; клейковина в муке – 36,9 % (первый класс качества).

Таким образом, лучшие показатели по сохранности растений, фитосанитарному состоянию посевов, урожайности и биологической продуктивности получены при оптимальной защите с применением

Таблица 7.

Качество зерна озимой пшеницы Умка при обработке препаратами АО «Щелково Агрохим»

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %	Клейковина в муке	
				%	ИДК
1. Контроль	30,5	704,5	46,5	40,1	107
5. Поларис 1,5 л/т + Харита 0,5 л/т + ЗИМ-500 0,5 л/га	30,5	713	45,5	35,7	102
6. Поларис 1,5 л/т + Биостим Старт 1 л/т + Харита 0,5 л/т ЗИМ-500 0,5 л/га +*Титул Дуо 0,2 л/га + Биостим Зерновой 1 л/га	33,5	717	48,5	36,9	100

инсекто-фунгицидного протравливания семян и осенней обработки препаратом ЗИМ-500. Данная схема обеспечила увеличение урожайности культуры на 5,3 ц/га (40,2 %) к контролю и отличное качество зерна (первый класс), может быть рекомендована производству.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Акимова, О.И. Осенний рост и развитие озимых зерновых / О.И. Акимова // Вестник КрасГАУ. – 2006. – № 11. – С. 77–80.
- Балашов, В.В. Влияние регуляторов роста и фунгицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области / В.В. Балашов, А.К. Агафонов // Плодородие. – 2013. – № 1. – С. 28–29.
- Вакуленко, В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2015. – № 2. – С. 13–14.
- Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
- Завалин, А.А. Эффективность применения биопрепаратов в посеве озимой пшеницы на светло-серой лесной почве / А.А. Завалин, А.М. Накаряков // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 27–30.
- Иванченко, Т.В. Значение пестицидов в посевах озимой пшеницы и применение их в интегрированной системе защиты растений в сухостепной зоне Нижнего Поволжья / Т.В. Иванченко, Г.И. Резанова, И.С. Игольникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3 (43). – С. 72–78.
- Каргин, В.И. Структура продуктивности озимой пшеницы сорта Московская 39 в зависимости от внекорневой обработки био- и гуминовыми препаратами / В.И. Каргин, Н.Н. Иванова, В.Е. Камалихин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1 (53). – С. 55–59.
- Кекало, А.Ю. Защита зерновых культур от болезней / А.Ю. Кекало, В.В. Немченко, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева. – Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2017. – С. 172.
- Клочков, А.В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А.В. Клочков, О.Б. Соломко, О.С. Клочкова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101–106.
- Попов, А.С. Влияние препарата агримитин на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области / А.С. Попов, Г.В. Овсянникова, А.А. Сухарев, Н.Г. Дуплий // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 3 (63). – С. 14–18.
- Экологический мониторинг и методы совершенствования защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: метод. реком. / под ред. В.И. Танского. – С-Пб.: ВИЗР, 2002. – 76 с.

LIST OF SOURCES

- Akimova, O.I. Osennij rost i razvitie ozimyh zernovyh / O.I. Akimova // Vestnik KrasGAU. – 2006. – № 11. – S. 77–80.
- Balashov, V.V. Vliyanie regulyatorov rosta i fungicidov na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v podzone svetlo-kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti / V.V. Balashov, A.K. Agafonov // Plodorodie. – 2013. – № 1. – S. 28–29.
- Vakulenko, V.V. Regulatory rosta rastenij povyshayut stressoustojchivost' kul'tur / V.V. Vakulenko // Zashchita i karantin rastenij. – 2015. – № 2. – S. 13–14.
- Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospikhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 352 s.
- Zavalin, A.A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov v poseve ozimoy pshenicy na svetlo-seroj lesnoj pochve / A.A. Zavalin, A.M. Nakaryakov // Zemledelie. – 2021. – № 1. – S. 27–30.
- Ivanchenko, T.V. Znachenie pesticidov v posevah ozimoy pshenicy i primeneniye ih v integrirovannoy sisteme zashchity rastenij v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya / T.V. Ivanchenko, G.I. Rezanova, I.C. Igol'nikova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 3 (43). – S. 72–78.
- Kargin, V.I. Struktura produktivnosti ozimoy pshenicy sorta Moskovskaya 39 v zavisimosti ot vnekornevoj obrabotki bio- i guminovymi preparatami / V.I. Kargin, N.N. Ivanova, V.E. Kamalihin // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2021. – № 1 (53). – S. 55–59.
- Kekalo, A.Yu. Zashchita zernovyh kul'tur ot boleznej / A.Yu. Kekalo, V.V. Nemchenko, N.Yu. Zargaryan, M.Yu. Cypysheva. – Kurtamysh: OOO «Kurtamyshskaya tipografiya», 2017. – S. 172.
- Klochkov, A.V. Vliyanie pogodnyh uslovij na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur / A.V. Klochkov, O.B. Solomko, O.S. Klochkova // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 2. – S. 101–106.
- Popov, A.S. Vliyanie preparata agrimitin na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti / A.S. Popov, G.V. Ovsyannikova, A.A. Suharev, N.G. Duplij // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2019. – № 3 (63). – S. 14–18.
- Ekologicheskij monitoring i metody sovershenstvovaniya zashchity zernovyh kul'tur ot vreditel'ej, boleznej i sornjakov: metod. rekom. / pod red. V.I. Tanskogo. – S-Pb.: VIZR, 2002. – 76 s.

В.А. Яковлева, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Ю.В. Цветкова, младший научный сотрудник
А.А. Кузнецова, старший научный сотрудник
 Всероссийский центр карантина растений
 РФ, 140150, Московская обл., г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32
 E-mail: yakovleva_va@mail.ru

УДК 632.4.01/08

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/60-64

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОКОЯЩИХСЯ ЗООСПОРАНГИЕВ *SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM* (SCHILB.) PERC. В ОБРАЗЦАХ ПОЧВЫ И ПРОВЕДЕНИЯ БИОПРОВЕРКИ ДЛЯ СНЯТИЯ КАРАНТИНА С ОЧАГОВ

В российских исследовательских лабораториях для проведения прямого тестирования почвенных образцов на присутствие зооспорангиев возбудителя рака картофеля *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. используют метод флотации в четыреххлористом углероде (высокотоксичный препарат). В работе представлены результаты по апробации и совершенствованию метода выделения зооспорангиев гриба из почвенных образцов с использованием суспензии каолина и 40%-го р-ра хлорида кальция. Данный метод рекомендован диагностическим протоколом Европейской организации по карантину и защите растений. Для снятия карантина с очагов рака картофеля наряду с прямым тестированием почвы необходимо проводить лабораторную биологическую проверку с использованием восприимчивого к раку сорта картофеля. Цель работы – апробация и совершенствование метода выделения зооспорангиев *S. endobioticum* из почвенных образцов с помощью нетоксичных для персонала веществ (суспензия каолина и 40%-й р-р хлорида кальция), а также элементов лабораторной биологической проверки почвы на отсутствие жизнеспособных спор гриба с использованием восприимчивого сорта картофеля. В статье представлены экспериментальные данные по отработке элементов биологической проверки для получения достоверных результатов. Применение усовершенствованного метода с каолином и хлоридом кальция позволило выделить значительное количество спор целевого организма во всех протестированных почвенных образцах, включая торфянистую почву. Проведена детализация, подробно описаны использованные в экспериментах элементы биологической проверки почвы на зараженность *S. endobioticum*, по результатам которой снимается карантин с очагов рака картофеля. Их применение позволит получать достоверные результаты зараженности почвы жизнеспособными зооспорангиями *S. endobioticum* (поражение более 50 % растений в положительном контроле), на основании этого они могут быть рекомендованы для использования в лабораторной практике.

Ключевые слова: карантин растений, рак картофеля, *Synchytrium endobioticum*, биологическая проверка.

V.A. Yakovleva, PhD in Biological sciences, Leading Researcher
Yu.V. Tsvetkova, Junior Researcher
A.A. Kuznetsova, Senior Researcher
 All-Russian Plant Quarantine Center
 RF, 140150, Moskovskaya obl., g. Ramenskoe, r.p. Bykovo, ul. Pogranichnaya, 32
 E-mail: yakovleva_va@mail.ru

RESULTS OF APPROBATION AND IMPROVEMENT OF METHODS FOR DETECTION OF RESTING *SYNCHYTRIUM ENDOBIOTICUM* (SCHILB.) PERC. ZOOSPORANGIA IN SOIL SAMPLES AND BIOTESTING TO REMOVE QUARANTINE FROM OUTBREAKS

In Russian research laboratories for direct testing of soil samples for the presence of zoosporangia of the causative agent of potato wart disease *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. use the flotation method in carbon tetrachloride (highly toxic preparation). The paper presents the results of approbation and improvement of the method for isolating fungus zoosporangia from soil samples using a suspension of kaolin and 40% calcium chloride solution. This method is recommended by the European Plant Protection Organization's diagnostic protocol. In order to remove the quarantine from the foci of potato wart disease, along with direct testing of the soil, it is necessary to conduct a laboratory biological test using a potato variety susceptible to scab. The purpose of the work is to test and improve the method for isolating *S. endobioticum* zoosporangia from soil samples using substances that are non-toxic for personnel (kaolin suspension and 40 % calcium chloride solution), as well as elements of a laboratory biological soil test for the absence of viable fungal spores using susceptible potato variety. The article presents experimental data on the development of elements of biological testing to obtain reliable results. Application of the improved method with kaolin and calcium chloride was resulted to allocate the significant amount of target organism spores organism in all soil samples tested, including peaty soil. Detailing was carried out, the elements used in the experiments of the soil biological testing for infestation with *S. endobioticum*, which were used in the experiments are described in detail, as a result of which quarantine is removed from the foci of potato wart disease. Their usage will allow obtaining reliable results about soil contamination with viable *S. endobioticum* zoosporangias (damage to more than 50 % of plants in positive control), on the basis of which they can be recommended for using in laboratory practice.

Keywords: plant quarantine, potato wart disease, *Synchytrium endobioticum*, bioassay.

К числу карантинных видов, связанных с картофелем, относится возбудитель рака — гриб *Synchytrium endobioticum*. Это заболевание распространено во многих странах мира, в том числе и на территории РФ. Несмотря на жесткие карантинные меры, применяемые на государственном уровне, проблема рака картофеля остается актуальной. Очаги *S. endobioticum*, среди них и вирулентные патотипы, выявлены в странах, почвенно-климатические условия которых считались неблагоприятными для его жизнедеятельности (Болгария, Греция, Грузия, Турция, Тунис). [1-3, 5-7]

Большой фитосанитарный риск связан с проникновением в РФ новых вирулентных патотипов *S. endobioticum* с импортируемыми партиями семенного и продовольственного картофеля, а также другого посадочного материала, выращенного в зараженной почве. Эти данные свидетельствуют об актуальности применения достоверных методов тестирования почвы на выявление спор гриба и определения их жизнеспособности.

В российских лабораториях для выявления зимних покоящихся зооспорангиев *S. endobioticum* в почвенных образцах используют метод флотации в четыреххлористом углероде. Он обладает высокой чувствительностью, не требует специального оборудования и позволяет получить результаты тестирования в короткое время. Однако данный метод не позволяет получать достоверные результаты при выделении спор из почв с большим количеством органики, например, из торфянистой почвы, в связи с флотацией большого количества органических частиц, что затрудняет просмотр препаратов при микроскопировании. Кроме того, четыреххлористый углерод как летучее высокотоксичное вещество, может быть опасным для персонала лабораторий.

На основании анализа методов прямого тестирования почвы на выявление спор гриба был выбран и апробирован наиболее перспективный для применения в лабораторной практике — метод экстракции зооспорангиев гриба с использованием каолина и хлорида кальция, рекомендованный диагностическим протоколом Европейской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР). [4]

Для снятия карантина с очагов рака картофеля должны быть получены данные об отсутствии жизнеспособных зооспорангиев гриба в почве с использованием метода прямого выделения спор патогена из почвы с последующим определением их жизнеспособности при микроскопировании в сочетании с методом биологического тестирования в контролируемых условиях с использованием восприимчивого к выявленному патотипу *S. endobioticum* сорта картофеля. [4] Это связано с тем, что не всегда микроскопирование позволяет определить жизнеспособность зооспорангиев из-за наличия у гриба переходных состояний протопласта — от зернистых, жизнеспособных до проросших, пустых. Проведение биологического тестирования с провокационной посадкой восприимчивой культуры картофеля — процесс длительный и трудоемкий, но позволяет получить надежные результаты при поражении патогеном не менее 50% клубней в положительном контроле.

Цель работы — апробация и совершенствование метода выделения зооспорангиев *S. endobioticum* из

почвенных образцов с помощью нетоксичных для персонала веществ (суспензия каолина и 40%-й р-р хлорида кальция), а также элементов лабораторной биологической проверки почвы на отсутствие жизнеспособных спор гриба с использованием восприимчивого сорта картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для апробации метода прямого тестирования почвы на присутствие спор гриба *S. endobioticum* с применением суспензии каолина и хлорида кальция использовали искусственно зараженную супесчаную почву в вариантах — 500, 5 000 и 20 000 зооспорангиев/100 г почвы. Искусственное заражение почвы проводили следующим образом: из инфекционного порошка, полученного путем растирания в фарфоровой ступке высушенных наростов рака и последующего просеивания через набор сит, получили фракцию, собранную с сита с диаметром отверстий 0,25 мкм, содержащую зимние зооспорангии гриба. Затем добавляли дистиллированную воду и рассчитывали концентрацию зооспорангиев в 1 мл полученной суспензии. Определенное количество суспензии с известной инфекционной нагрузкой смешивали с почвенной навеской.

Кроме того, совершенствование данного метода выделения зооспорангиев гриба проводили с использованием зараженного компоста, состоящего из перегнивших наростов рака картофеля, супесчаной и торфянистой почв, отобранных с очагов рака картофеля с неизвестной степенью зараженности.

Апробацию метода прямого тестирования почвы с каолином и 40%-м р-ом хлорида кальция (удельный вес 1,4) проводили в точном соответствии со стандартом ЕОКЗР. [4]

В ходе проведенных экспериментов метод усовершенствовали, при этом улучшились результаты по количеству выделяемых зооспорангиев в сочетании с уменьшением трудоемкости. Например, изменили первую часть метода — использовали сухое просеивание образцов почвы без промывания водой.

Воздушно-сухой образец почвы массой 100 г просеивали через два сита (75 и 25 мкм) и перемещали в колбы объемом 250 мл. Масса просеянной почвы может быть различна в зависимости от типа почвы. Рекомендуется каждые 10...15 г навески помещать в отдельную колбу. Таким образом, при навеске массой 50 г необходимо 4...5 колб. Предварительно в колбах растворяли 1 г каолина в 30 мл воды. Далее навеску почвы, смешанную с суспензией каолина, помещали на шейкер на 15 мин., после перемещали в центрифужные пробирки с завинчивающимися крышками. Остатки почвы вымывали из колбы водой, которую также сливали в пробирки, которые центрифугировали при 3000 об/мин. 5 мин. Супернатант удаляли и пробирки заполняли насыщенным раствором хлорида кальция (удельный вес 1,4). Пробирки тщательно встряхивали вручную, после этого центрифугировали при 3000 об/мин. 5 мин. Супернатант сливали в стеклянные стаканы и оставляли отстаиваться на ночь. Просматривали по 2 мл супернатанта, что составило примерно 14 стекол.

В качестве контрольного метода использовали метод выделения зооспорангиев *S. endobioticum*

с использованием четыреххлористого углерода, применяемого в настоящее время лабораториями для выявления зооспорангиев рака картофеля.

Образцы воздушно-сухой почвы массой 100 г измельчали в фарфоровой ступке и просеивали через сито с отверстиями 75 мкм, тщательно перемешивали и отбирали навеску почвы 5 г, помещали в пробирки и заливали тремя объемами четыреххлористого углерода. Повторность — трехкратная. Далее пробирки закрывали резиновыми пробками, тщательно встряхивали вручную. Взвесь отстаивали 10...20 мин., всплывшую органику осторожно сливали на часовые стекла и оставляли до полного испарения четыреххлористого углерода. Все работы выполняли в вытяжном шкафу. Полученный осадок переносили на предметные стекла и просматривали в капле воды или смеси глицерина с водой под микроскопом при увеличении $\times 100...400$.

Для отработки метода биопроверки посадки клубней проводили 18 февраля и 19 марта. В первый срок посадки тестировали супесчаную почву с очага рака картофеля, во второй — супесчаную почву с этого же очага и зараженную *S. endobioticum* торфянистую почву из лизиметра карантинного участка ФГБУ ВНИИКР. Сажали клубни сорта *Лорх* в пластиковые ящики — по 8 шт. в каждый для тестирования почвы. Повторность — трехкратная.

На дно ящиков насыпали слой чистого песка — 3...4 см, на него помещали клубни картофеля с пророщенными в темноте глазками, размер ростков — не более 3 мм. Затем клубни засыпали тестируемой почвой. Таким же образом высаживали клубни в ящики с положительным и отрицательным контролем. Толщина слоя почвы над клубнями — не менее 5 см. В ящики, предназначенные для положительного контроля, насыпали чистый увлажненный песок, сверху супесчаную незараженную почву, в которую погружали клубни таким образом, чтобы верхушка оставалась над поверхностью почвы на 1...2 см. На верхушку каждого клубня с пророщенными глазками помещали инфекционный компост. Его готовили следующим образом — измельченные свежесобранные раковые наросты смешивали с речным песком (1:3) и хранили несколько месяцев в увлажненном состоянии, затем в сухом.

Инфекционная нагрузка — 15 г зараженного компоста на один клубень. Перед использованием компост увлажняли. Клубни засыпали почвой, стараясь не перемещать компост с верхушек клубней, толщина слоя почвы над клубнями — не менее 5 см.

Клубни отбирали небольшого размера (4...5 см) без признаков проявления заболеваний, с несколькими проклюнувшимися ростками.

С момента посадки и до уборки почву регулярно опрыскивали в первые три недели, затем поливали, направляя воду вдоль стенок ящиков, не допуская переувлажнения. В помещении фиксировали температуру и влажность. Для получения достоверных результатов биопроверки следили, чтобы температура воздуха в первые 30 дн. не превышала 16...19°C, далее до уборки — 20...22°C. Во время вегетации рас-

тений стебли несколько раз подрезали на высоту 25...30 см от поверхности почвы.

При уборке подсчитывали количество зараженных растений и степень поражения в баллах в зависимости от величины сформированных наростов: 1 — величина наростов до 1 см, 2 — 1...3, 3 — более 3 см. С помощью лупы исследовали обнаруженные подозрительные изменения на поверхности клубней, стеблях или столонах. Для выявления патогена такие участки растений изучали под микроскопом на наличие сорусов с летними и/или зимними спорами гриба.

Учет первого срока посадки проведен через 100 дн., второго — через 70 дн.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные методом прямого тестирования почвы для выявления *S. endobioticum* с помощью промывания образцов через два сита и использования каолина и 40%-го р-ра хлорида кальция представлены в таблице 1.

Проведенные эксперименты показали низкую эффективность методов прямого тестирования почвы. Наибольшее количество зооспорангиев выделено в контрольном методе с использованием четыреххлористого углерода. Однако и в этом методе количество выделенных зооспорангиев составило: 4,2 % (вариант 3), 9,9 (2) и 36,2 % (вариант 1). Возможно, это связано с большими потерями спор на разных стадиях: частицы образца остаются на поверхности сит, пробирок, пробок. При работе с торфянистыми почвами данный метод практически неприменим, так как на часовом стекле оказывается много субстратных частиц почвы, что при просмотре сильно затрудняет поиск зооспорангиев, а также значительно увеличивает временные затраты на просмотр препаратов.

Для лабораторной практики необходим альтернативный метод, в котором не используют токсичные вещества. Кроме того, для работы с четыреххлористым углеродом требуется отдельное помещение, специальные условия хранения и утилизации.

В методе тестирования с применением каолина и раствора хлорида кальция целевой организм выявлен во всех зараженных почвенных образцах, включая торфянистую почву, но в значительно

Таблица 1.
Сравнительное испытание методов тестирования почвенных образцов на присутствие зооспорангиев *S. endobioticum*

Образец	Количество выделенных спор <i>S. endobioticum</i> из 100 г почвы	
	четырёххлористый углерод	каолин и хлорид кальция
Вариант 1 (500 спор/100 г)	180,87±44,9*	9,03 ±2,40**
Вариант 2 (5000 спор/100 г)	492,64±53,66	2,1 ±0,82
Вариант 3 (20 000 спор/100 г)	849,45±54,52	9,43 ±2,52
Торфянистая почва с очага	Не проводилось	2,7 ±1,15
Супесчаная почва с очага	230,2±44,7	3,16 ±0,85
Отрицательный контроль	0	0

Примечание. Среднее значение находили путем просмотра: * часового стекла в каждой повторности; ** 10 предметных стекол-каждой повторности.

меньшем количестве, чем в контроле. Учитывая преимущества данного метода (отсутствие токсичных веществ, доступность реактивов), нами проанализированы возможные потери спор гриба в процессе их выделения и проведены эксперименты по совершенствованию метода. В частности, промывание образца было заменено на сухое просеивание. Поиск зооспорангиев проводили не только в каплях, отобранных с поверхности солевого раствора (согласно диагностическому протоколу ЕОКЗР), но и из толщи раствора и со дна. Это связано с тем, что единичные зооспорангии имеют меньший удельный вес, чем раствор, и всплывают на поверхность. Однако в пробе имеются кусочки растительной ткани с сорусами, обладающие большим удельным весом, поэтому они могут находиться в толще раствора или оседают на дно. Результаты эксперимента с применением усовершенствованного метода (промывание образца заменено на сухое просеивание) показаны в таблице 2.

При применении усовершенствованного метода во всех протестированных почвенных образцах выделено значительное количество спор целевого организма.

Сравнительный эксперимент показал, что контрольный метод с четыреххлористым углеродом более чувствительный при тестировании песчаных почв, метод с применением каолина позволяет обнаруживать целевой объект во всех типах почв, а при тестировании торфянистой почвы превосходит контрольный.

Учитывая, что методы прямого тестирования почвы могут не всегда давать точные результаты по ее

зараженности *S. endobioticum* и определять жизнеспособность спор, для снятия карантина с очагов рака картофеля в осенне-зимний период проводится биологическая проверка отобранных почвенных образцов.

В экспериментах обрабатывали различные элементы метода биопроверки, позволяющие получить достоверные результаты, как описано в методической части — подбор и подготовка клубней к посадке, особенности посадки и инфицирования клубней в положительном контроле, полив растений и уход за ними в процессе вегетации, температурный режим, сроки посадки, длительность опыта, особенности и учет результатов.

При наблюдении за опытными растениями во время их вегетации и при уборке отмечено типичное проявление заболевания — формирование наростов над поверхностью почвы — зеленого цвета, под землей — белого (см. рисунок, 2-я стр. обл.).

Результаты биологической проверки считаются достоверными при поражении не менее 50 % клубней картофеля в положительном контроле. При посадке 19 марта и уборке через 70 дн. был получен высокий результат заражения контрольных растений — 86 %, а 18 февраля и уборке через 100 дн. — 64 % (табл. 3).

В соответствии с полученными результатами, использованные в опыте детализированные элементы проведения биопроверки позволили получить достоверные результаты зараженности почвы жизнеспособными зооспорангиями *S. endobioticum* и могут быть рекомендованы для практического применения. Учет биопроверки через 70 дн. следует считать минимальным сроком учета, необходимым для формирования хорошо заметных наростов, а срок учета 100 дн. — максимальным. Превышение данного срока может привести к началу гниения наростов и клубней.

Таблица 2.

Выявление зооспорангиев рака картофеля усовершенствованным методом флотации с каолином и хлоридом кальция

Образец	Количество выделенных зооспорангиев, шт.*			
	поверхность	средняя часть	дно	всего
Песчаная почва с очага	123	27	36	186
Торфянистая почва с очага	161	79	63	303
Компост	251	53	162	466

Примечание. * Результаты анализа 10 микропрепаратов.

Таблица 3.

Результаты биологического тестирования почвы в лабораторных условиях

Образец	Учет через, дн.			
	70		100	
	Количество, %			
	пораженных растений	растений с наростами 2 и 3 балла	пораженных растений	растений с наростами 2 и 3 балла
Супесчаная почва	61	29	61	57
Торфянистая почва	43	67	Не тестировали	—
Положительный контроль	86	58	64	56
Отрицательный контроль	0	0	0	0

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Çakir, E. A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: pathotype 2/ E. Çakir, F. Demirci // Bitki Koruma Bülteni. — 2017. — № 57(4). — P. 415–422.
2. Dimitrova, L. Occurrence of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in Bulgaria: identification of pathotype(s) present/ L. Dimitrova, M. Laginova, A. Becheva, van Leeuwen GCM // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. — 2011. — № 41(2). — P. 195–202.
3. EPPO Global Database. *Synchytrium endobioticum* [Electronic source]. URL.: <https://gd.eppo.int/taxon/SYN-CEN/distribution>.
4. EPPO Standard PM 7/28 (2) *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin. — 2017. — № 47. — P. 420–440. [Electronic source] URL.: <https://gd.eppo.int/standards/PM7>.
5. Ghogoberidze, S. Occurrence of the pathotype 38 of *Synchytrium endobioticum* in Khulo municipality of Georgia/ S. Ghogoberidze, Z. Sikharulidze, T. Tsetskhladze et al. // Bulletin of the Georgian national academy of sciences. — 2020. — № 14(1). — P. 114–119.
6. Laginova, M. Initial studies of potato varieties resistance to *Synchytrium endobioticum* in Bulgaria/ M. Laginova, L. Dimitrova // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. — 2009. — № 39(1). — P. 72.
7. Vloutoglou, I. First report of potato wart disease caused by *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Greece: de-

tection, impacts and pathotype identification/ I. Vloutoglou, van Leeuwen GCM, H. Eleftheriadis et al. // Abstract of a paper presented at the 16th Hellenic Phytopathological Congress (Thessaloniki, GR, 2012-10-16/18). Hellenic Plant Protection Journal. – 2015. – P. 9.

LIST OF SOURCES

1. Çakir, E. A new pathotype of *Synchytrium endobioticum* in Turkey: pathotype 2/ E. Çakir, F. Demirci // *Bitki Koruma Bülteni*. – 2017. – № 57(4). – P. 415–422.
2. Dimitrova, L. Occurrence of potato wart disease (*Synchytrium endobioticum*) in Bulgaria: identification of pathotype(s) present/ L. Dimitrova, M. Laginova, A. Becheva, van Leeuwen GCM // *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. – 2011. – № 41(2). – P. 195–202.
3. EPPO Global Database. *Synchytrium endobioticum* [Electronic source]. URL.: <https://gd.eppo.int/taxon/SYN-CEN/distribution>.
4. EPPO Standard PM 7/28 (2) *Synchytrium endobioticum*. EPPO Bulletin. – 2017. – № 47. – P. 420–440. [Electronic source] URL.: <https://gd.eppo.int/standards/PM7>.
5. Ghoghoberidze, S. Occurrence of the pathotype 38 of *Synchytrium endobioticum* in Khulo municipality of Georgia/ S. Ghoghoberidze, Z. Sikharulidze, T. Tsetskhladze et al. // *Bulletin of the Georgian national academy of sciences*. – 2020. – № 14(1). – P. 114–119.
6. Laginova, M. Initial studies of potato varieties resistant to *Synchytrium endobioticum* in Bulgaria/ M. Laginova, L. Dimitrova // *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. – 2009. – № 39(1). – P. 72.
7. Vloutoglou, I. First report of potato wart disease caused by *Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Perc. in Greece: detection, impacts and pathotype identification/ I. Vloutoglou, van Leeuwen GCM, H. Eleftheriadis et al. // Abstract of a paper presented at the 16th Hellenic Phytopathological Congress (Thessaloniki, GR, 2012-10-16/18). Hellenic Plant Protection Journal. – 2015. – P. 9.

А.А. Завалин, академик РАН
Н.А. Кирпичников, доктор сельскохозяйственных наук
С.П. Бижан, кандидат сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
РФ, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а
E-mail: kzuek@yandex.ru

УДК 631.445.24:631.85:631.821.1

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/65-68

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯЧМЕНЬ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Приведены результаты действия минеральных удобрений и биопрепарата бисолбифит на яровой ячмень. Применение азотного и калийного удобрений в длительном полевом опыте на сильнокислой дерново-подзолистой почве с содержанием подвижного алюминия 130 мг/кг не оказало существенного влияния на урожайность ячменя. Использование микробного препарата бисолбифит в качестве модификатора удобрений в этих условиях неэффективно. Урожайность ярового ячменя с полным минеральным удобрением в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ на известкованной почве при слабокислой реакции почвенной среды — 35,3–40,4 ц/га при 19,3 ц/га на контроле без известкования. При внесении биомодифицированных минеральных удобрений препаратом бисолбифит на этой почве урожайность зерна повышается на 12–14 %, достигая 45,4 ц/га. Использование биомодифицированных минеральных удобрений на оптимальном фоне рН почвы повышает окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая зерна на 3,2 кг. Рост урожайности ярового ячменя происходит из-за увеличения количества зерен в колосе и массы 1000 зерен, при этом возрастает потребление азота, фосфора и калия растениями в среднем на 9 %. Внесение полного минерального удобрения в сочетании с микробным препаратом на известкованной почве формирует зерно с максимальным содержанием белка (12,9 %) при уровне в контроле 11,8 %.

Ключевые слова: минеральные удобрения, препарат бисолбифит, урожай, качество, яровой ячмень.

A.A. Zavalin, Academician of the RAS
N.A. Kirpichnikov, Grand PhD in Agricultural sciences
S.P. Bizhan, PhD in Agricultural sciences
D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry
RF, 127434, g. Moskva, ul. Pryanishnikova, 31a
E-mail: kzuek@yandex.ru

EFFICIENCY OF BIOMODIFIED MINERAL FERTILIZERS APPLICATION FOR BARLEY UNDER DIFFERENT SOIL ACIDITY OF SODDY-PODZOLIC SOIL

The results of the action of mineral fertilizers and bisolbifit biologics on barley on sod-podzolic, heavily loamy soil with different pH values are presented. The use of nitrogen and potash fertilizers in a long-term field experiment on strongly acidic sod-podzolic soil with a mobile aluminum content of 130 mg/kg did not significantly affect the yield of spring barley. The use of the microbial preparation bisolbifit as a fertilizer modifier in these conditions is ineffective. The use of a complete mineral fertilizer in doses of $N_{60}P_{60}K_{60}$ on calcified soil with a weakly acidic reaction of the soil medium, the yield of spring barley grain reaches 35.3–40.4 c/ha at 19.3 c/ha under control without liming. The introduction of biomodified mineral fertilizers with bisolbifit preparation on this soil leads to an increase in grain yield by 12–14 %, reaching 45.4 c/ha. The use of biomodified mineral fertilizers on an optimal background of soil pH increases the payback of 1 kg of NRK by an increase in grain yield by 3.2 kg. The increase in the yield of spring barley grain occurs due to an increase in the number of grains in the ear and the mass of 1000 grains, while the consumption of nitrogen, phosphorus and potassium by plants increases by an average of 9 %. The application of a complete mineral fertilizer in combination with a microbial preparation on calcified soil forms a grain with a maximum protein content (12.9 %) at a control level of 11.8 %.

Keywords: mineral fertilizers, bisolbifit preparation, yield, quality, spring barley.

Один из способов повышения эффективности минеральных удобрений — применение биопрепаратов. [4, 6] Они стимулируют рост растений, обладают фунгицидной и бактерицидной активностью. Микробный препарат бисолбифит, разработанный во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* штамм Ч-13, применяют для биологической модификации различных видов минеральных удобрений путем нанесения его на гранулы. [4, 5] Полезная микрофлора способна активизировать содержащиеся в них питательные вещества, переводить в доступную форму почвенные запасы азота, фосфора и калия. Повышается также использование элементов питания растениями из удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур. [1, 2]

Однако результатов исследований по эффективному применению препарата бисолбифит при внесении минеральных удобрений под яровой ячмень на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах с различной кислотностью недостаточно.

Цель работы — изучить в длительном полевом опыте эффективность действия обычных и биомодифицированных препаратом бисолбифит минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с различной кислотностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Длительный полевой опыт СШ-27 заложен в 1966 году на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой по-

чве Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии (Московская область). Исходная почва – слабокультурная: $pH_{KCl} - 3,9...4,2$; сумма оснований – $7,5...8,2$; гидролитическая кислотность – $4,9...5,2$; обменная кислотность – $0,55...0,57$ ммоль-экв/100 г; степень насыщенности основаниями – $57...63$ %. Содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) соответственно $30...70$ и $112...115$ мг/кг.

Севооборот: озимая пшеница *Московская 39*; яровой ячмень *Нур* с подсевом клевера; клевер двух лет пользования (11-я и 12-я ротации – один год). Эффективность минеральных удобрений изучали на фоне извести в дозе 1,5 Нг (по 0,5 Нг в первых трех ротациях – в сумме 11,5 т/га) и 2,5 Нг (по 1,0 Нг в первой и третьей и 0,5 Нг в восьмой ротациях – в сумме 17,0 т/га), а также без извести.

Минеральные удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ вносили вручную под предпосевную культивацию в форме аммиачной селитры (N – 34 %), аммофоса (N – 12 %, P – 52 %), хлористого калия (K_2O – 60 %), микробный препарат бисолбифит (Бф) наносили на гранулы – 5 кг/т удобрений. [5] В качестве фона применяли гербициды и фунгициды в соответствии с технологической картой. Общая площадь делянок – 100 м², учетная – 28 м², повторность – трехкратная. Агротехника возделывания ячменя сорта *Нур* принятая в Московской области. Метеоусловия в годы проведения опыта различались. В июне-июле 2019 года выпало избыточное количество осадков (194 и 224 мм) при среднемноголетней норме 63 и 78 мм соответственно. За весенне-летний период этого года резко изменялась температура воздуха, в конце мая и начале июня она доходила до $30...33^{\circ}C$. В некоторых декадах апреля и июля 2020 года количество атмосферных осадков превышало среднемноголетнюю норму в $2,5...3,5$ раза. Неблагоприятные условия вегетационного периода отрицательно повлияли на урожайность ярового ячменя.

Согласно ГОСТам определяли: содержание общего азота в зерне и соломе по Кьельдалю – ГОСТ 13996.4-93, фосфора – ГОСТ 26657-97, калия – ГОСТ 30504-97; белка в зерне – ГОСТ 10846-91; натурную массу зерна – ГОСТ 10840-64; массу 1000 зерен – ГОСТ 10842-89; сумму поглощенных оснований (по Каппену) – ГОСТ Р 50682-94; обменную кислотность – ГОСТ Р 58594-2019; pH_{KCl} – ГОСТ 26423-85; гидролитическую кислотность – методом Каппена в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91; подвижный фосфор и калий (по Кирсанову) – ГОСТ 54650-2011; подвижный алюминий – ГОСТ 26485-86. Данные статистически обрабатывали дисперсионным методом по программе Stat VIUA.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После периодического известкования и систематического применения минеральных удобрений за 1966–2017 годы изменились агрохимические свойства дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы (табл. 1)

При систематическом внесении физиологически кислых азотных и калийных удобрений (фон НК) достоверно снижалась степень насыщенности основаниями, несколько уменьшалась реакция почвенной среды. Существенно повысилось (почти

в три раза) по сравнению с контролем содержание подвижного алюминия в почве.

Периодическое известкование значительно улучшило физико-химические свойства почвы. Степень насыщенности основаниями в варианте с внесением извести по 2,5 Нг достигала почти 80 %, почва из сильнокислых перешла в группу слабокислых. Содержание подвижного алюминия в почве при известковании (1,5 Нг) снизилось в 12-й ротации почти в четыре раза. Применение фосфорных удобрений значительно повысило количество подвижного фосфора.

Накопление сухой фитомассы ярового ячменя зависело от применения биомодифицированных удобрений (табл. 2).

Минимальная величина сухой фитомассы сформировалась в контрольном варианте и при внесении азотно-калийного удобрения. Использование биомодифицированных удобрений повышало массу растений на сильнокислой почве ($pH_{KCl} - 4,0$) при $N_{60}K_{60}$ на 15 г/м², $N_{60}P_{60}K_{60} - 45$ г/м².

На среднекислой почве ($pH_{KCl} - 4,7$) действие биопрепарата усилилось и прибавка фитомассы составила

Таблица 1.
Влияние длительного применения удобрений и известкования на агрохимические показатели дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы (12-я ротация)

Вариант	pH_{KCl}	Нг, ммоль-экв/100 г	V, %	Содержание подвижных форм, мг/кг			Гумус, %
				$P_{2,5}$	K_2O	Al	
Без удобрений	4,0	5,32	53	30,1	105,4	45,6	1,25
НК	3,8	6,77	40	28,0	171,0	130,1	1,26
НК+P	4,0	6,42	43	85,2	142,0	102,5	1,39
НК+известь 1,5 Нг	4,7	5,00	60	27,5	135,0	34,6	1,27
НК+известь 1,5 Нг+P	4,8	4,10	67	87,5	128,0	32,0	1,30
НК+известь 2,5 Нг	5,3	3,60	70	40,5	125,0	14,2	1,26
НК+известь 2,5 Нг+P	5,5	3,50	80	93,0	119,2	10,0	1,39
НСР ₀₅	0,3	1,10	6,2	13,1	14,6	19,0	0,05

Таблица 2.
Фитомасса ярового ячменя и содержание элементов питания в фазе цветения, 2019 год

Вариант	Сухая фитомасса, г/м ²	Содержание, %		
		N	$P_{2,5}$	K_2O
$pH_{KCl} 4,0$ (без извести)				
Без удобрений	530	–	0,40	–
$N_{60}K_{60}$	550	1,34	0,37	2,00
$N_{60}P_{60} + Бф$	565	1,44	0,40	1,92
$N_{60}P_{60}K_{60}$	830	1,26	0,39	1,87
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	875	1,38		1,93
$pH_{KCl} 4,7$ (известь по 1,5 Нг)				
$N_{60}P_{60}K_{60}$	950	1,26	0,40	1,90
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	1030	1,29	0,41	1,92
$pH_{KCl} 5,4$ (известь по 2,5 Нг)				
$N_{60}P_{60}K_{60}$	1120	1,40	0,39	1,89
$N_{60}P_{60}K_{60} + Бф$	1240	1,55	0,40	1,91

80 г/м², слабокислой (рН_{ксл} – 5,4) – 120 г/м² или 11 %. Наблюдалась тенденция к повышению содержания азота и калия в растениях при внесении биомодифицированных удобрений.

Условия минерального питания существенно влияли на урожайность зерна ярового ячменя (табл. 3). Применение азотно-калийного удобрения (фон N₆₀K₆₀) без известкования не привело к повышению урожайности ярового ячменя по сравнению с вариантом без удобрений, что связано с увеличением содержания токсичного для растений подвижного алюминия в почве с 45 до 131 мг/кг при систематическом использовании физиологически кислых минеральных удобрений в форме аммиачной селитры и хлористого калия. Внесение фосфорных удобрений существенно повысило урожайность в 2019 и 2020 годах на 42 и 70 % соответственно.

Известкование почвы в дозе по 1,5 Нг на фоне полного минерального удобрения при реакции почвенной среды 4,7 обеспечило повышение средней урожайности на 13 %. Значительно больший сбор зерна (40,4 ц/га в среднем за два года) получен при внесении минеральных удобрений и известковании почвы (2,5 Нг), прибавка урожая – около 30 %.

Влияние биомодифицированного азотно-калийного удобрения в условиях сильнокислой почвы с высоким содержанием алюминия было несущественным. Достоверное увеличение урожайности зерна ячменя (3,4 ц/га) от применения под ячмень биомодифицированного полного минерального удобрения (НРК) получено на неизвесткованной почве только в благоприятном 2019 году. В среднем за два года оно достигло 3,0 ц/га или 9,7 %. Наибольший эффект от препарата бисолбифит достигнут при внесении полного минерального удобрения (N₆₀P₆₀K₆₀) на известкованной почве (урожайность при различных дозах извести повысилась на 5,0 и 4,8 ц/га или 14 и 11,4 %). Максимальная средняя урожайность ярового ячменя (45,4 ц/га) получена при использовании минеральных удобрений, обработанных биопрепаратом, на известкованной почве (2,5 Нг), что выше уровня контроля в 2,4 раза.

Применение биомодифицированных минеральных удобрений положительно отразилось на их окупаемости прибавкой урожайности зерна (табл. 3).

Урожай зерна ярового ячменя зависит от изменений отдельных элементов его структуры (табл. 4). Применение фосфорных удобрений на неизвесткованной почве увеличило количество зерен в колосе за два года на 32 %, при обработке их микробным препаратом – 35 %. В большей мере этот показатель возрастал при использовании препарата с полным удобрением на известкованной почве (2,5 Нг), по сравнению с контролем он повысился в среднем на 62 %.

Масса 1000 зерен изменялась с 38 до 49 г, наблюдалась тенденция к повышению этого показателя после обработки удобрений микробным препаратом. Такая же закономерность в действии удобрений и препарата бисолбифит отмечена в отношении хозяйственного коэффициента урожайности (K_{хоз}), что свидетельствует о положительном их влиянии в большей степени на основную часть урожая (зерно), чем на побочную (солома).

Вынос элементов питания с урожаем ячменя зависел от удобрений и метеорологических условий

Таблица 3.
Урожайность ярового ячменя при использовании минеральных удобрений и биопрепарата бисолбифит по годам

Вариант	Урожайность, ц/га		Среднее за два года	Прибавка от Бф, ц/га	Окупаемость удобрений, кг/кг
	2019	2020			
рН _{ксл} 4,0 (без извести)					
Без удобрений	23,9	14,6	19,3	–	–
N ₆₀ K ₆₀	26,2	14,2	20,2	–	0,8
N ₆₀ P ₆₀ + Бф	28,4	16,5	22,5	2,3	2,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	37,3	25,0	31,2	–	6,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	40,7	28,6	34,2	3,0	8,3
рН _{ксл} 4,7 (известь по 1,5 Нг)					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	38,0	32,6	35,3	–	8,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	43,9	36,3	40,1	4,8	11,5
рН _{ксл} 5,4 (известь по 2,5 Нг)					
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	43,0	37,8	40,4	–	11,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	48,5	42,2	45,4	5,0	14,2
НСР ₀₅	3,3	2,7	3,0	–	–

Таблица 4.
Показатели структуры урожая ярового ячменя по годам

Вариант	Количество зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г		K _{хоз}	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
рН _{ксл} 4,0 (без извести)						
Без удобрений	13,9	15,0	42,6	34,6	0,49	0,45
N ₆₀ K ₆₀	12,9	14,9	42,0	34,0	0,48	0,44
N ₆₀ P ₆₀ + Бф	13,1	15,0	42,3	34,4	0,50	0,46
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18,7	18,1	43,6	40,7	0,54	0,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	18,9	18,4	44,6	41,4	0,55	0,51
рН _{ксл} 4,7 (известь по 1,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,5	19,0	46,9	44,5	0,54	0,53
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	23,0	19,6	47,4	45,2	0,56	0,56
рН _{ксл} 5,4 (известь по 2,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,2	20,5	49,5	46,3	0,55	0,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Бф	24,0	21,4	50,4	47,5	0,57	0,58

вегетационного периода (табл. 5). В благоприятном 2019 году он достигал больших величин, чем в 2020. Однако в 2020 году действие удобрений на вынос НРК и урожайность было более высоким.

Применение биопрепарата при внесении минеральных удобрений на фоне известкования почвы по 1,5 Нг повышало вынос элементов питания на 9 %, 2,5 Нг – 8 %.

На качество зерна влияют многие факторы, в том числе удобрения и сорт. [3] Сорт ярового ячменя *Нур* относится к зернофуражному типу. [7] Содержание белка в зерне изменялось по годам: 2019 – 12,3...13,2 %, 2020 – 11,5...12,7 %. Оно достоверно повышалось в вариантах с полным минеральным удобрением на максимально известкованной почве. Присутствие бисолбифита не оказало существенного воздействия на белковость зерна, поскольку он увеличивал урожайность, а имеющихся в почве доступных соединений азота было недостаточно для повышения содержания белка в зерне ярового ячменя. [2]

Экстрактивность зерна (по формуле Бишопа) изменялась в среднем за два года с 67,1 % (контроль)

Таблица 5.
Вынос азота, фосфора и калия с урожаем (зерно+солома)
ярового ячменя по годам

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
pH _{кд} 4,0 (без известки)						
Без удобрений	68,0	40,9	24,6	15,2	56,9	34,2
N ₆₀ K ₆₀	67,4	39,6	23,8	14,2	59,2	36,4
N ₆₀ P ₆₀ +Бф	72,5	43,4	28,4	16,5	59,6	36,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	98,9	66,9	29,0	27,0	69,0	46,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	100,6	70,2	36,2	31,0	74,5	47,8
pH _{кд} 4,7 (известь по 1,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	120,0	103,4	50,4	40,5	92,0	83,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	130,8	110,6	54,2	45,4	98,8	90,3
pH _{кд} 5,4 (известь по 2,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	133,0	117,5	58,0	51,2	110,4	98,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	142,4	126,3	63,1	56,0	118,0	106,9

Таблица 6.
Показатели качества зерна ярового ячменя
на фоне удобрений и биопрепарата бисолбифит по годам

Вариант	Содержание белка, %		P ₂ O ₅ , %		K ₂ O, %	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
pH _{кд} 4,0 (без известки)						
Без удобрений	12,3	11,5	0,90	0,81	0,70	0,54
N ₆₀ K ₆₀	12,0	11,4	0,85	0,80	0,69	0,59
N ₆₀ P ₆₀ +Бф	11,9	11,3	0,85	0,82	0,67	0,59
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,8	12,2	1,04	0,91	0,67	0,56
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	12,5	12,0	1,05	0,94	0,70	0,60
pH _{кд} 4,7 (известь по 1,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,9	12,3	0,90	0,95	0,64	0,55
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	13,2	12,5	0,91	0,97	0,64	0,60
pH _{кд} 5,4 (известь по 2,5 Нг)						
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,9	12,5	1,00	0,97	0,70	0,54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бф	13,1	12,7	1,07	1,00	0,72	0,59
НСР ₀₅	0,35	0,44	—	—	—	—

до 64,6 % в варианте с применением удобрений на известкованной почве и микробного препарата. Отмечено повышение количества фосфора в зерне под влиянием удобрений, содержание калия по вариантам опыта не изменялось (табл. 6).

Таким образом, применение только азотного и калийного удобрений в длительном полевом опыте на сильнокислой дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве с содержанием подвижного алюминия 130 мг/кг не оказывает существенного влияния на урожайность ярового ячменя по сравнению с контролем. Использование микробного препарата бисолбифит в качестве модификатора удобрений в этих условиях неэффективно.

Полное минеральное удобрение (N₆₀P₆₀K₆₀) на известкованной почве при среднеслабкокислой реакции почвенной среды обеспечивает урожайность ярового ячменя — 35,3...40,4 ц/га, контроль — 19,3 ц/га. Модификация удобрений препаратом бисолбифит в данном случае приводит к дальнейшему повышению урожайности до 45,4 ц/га. Использование биомодифицированных минеральных удобрений на оптимальном фоне pH почвы повышает окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая зерна на 3,2 кг.

Внесение полного минерального удобрения в сочетании с микробным препаратом на известкованной почве формирует зерно с максимальным содержанием белка (12,9 %), в контроле 11,8 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Завалин, А.А. Эффективность применения под яровую пшеницу аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом/ А.А. Завалин, А.Л. Тарасов, В.К. Чеботарь, А.Е. Казаков // Вестник РАСХН. — 2008. — № 1. — С. 64–66.
2. Завалин, А.А. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом бисолбифит на урожай ярового ячменя/А.А. Завалин, Л.С. Чернова, А.Ю. Гаврилова, В.К. Чеботарь // Агрохимия. — 2015. — № 4. — С. 21–33.
3. Пасынков, А.В. Статистические зависимости основных показателей качества зерновых культур /А.В. Пасынков, Е.Н. Пасынкова // Агрохимия. — 2011. — № 2. — С. 24–40.
4. Петров, В.Б. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспективы/ В.Б. Петров, В.К. Чеботарь // Рынок АПК. — 2009. — № 7. — С. 16–18.
5. Петров, В.Б. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России / В.Б. Петров, В.К. Чеботарь, А.Е. Казаков // Достижения науки и техники АПК. — 2002. — № 10. — С. 16–20.
6. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве / И.А. Тихонович, Л.Н. Кожемяков, В.К. Чеботарь // Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. — М.: РАСХН, 2005. — 154 с.
7. Ториков, В.В. Урожайность зерна ярового ячменя в зависимости от условий возделывания/В.В. Ториков // Агрохимический вестник. — 2011. — № 3. — С. 34–35.

LIST OF SOURCES

1. Zavalin, A.A. Effektivnost' primeneniya pod yarovuyu pshenicu ammiachnoj selitry, obrabotannoj biopreparatom/ A.A. Zavalin, A.L. Tarasov, V.K. Chebotar', A.E. Kazakov // Vestnik RASKHN. — 2008. — № 1. — S. 64–66.
2. Zavalin, A.A. Vliyanie mineral'nyh udobrenij, biomodifirovannyh mikrobnyim preparatom bisolbifit na urozhaj yarovogo yachmenya/ A.A. Zavalin, L.S. Chernova, A.Yu. Gavrilova, V.K. Chebotar' // Agrohimiya. — 2015. — № 4. — S. 21–33.
3. Pasyнков, A.V. Statisticheskie zavisimosti osnovnyh pokazatelej kachestva zernovyh kul'tur /A.V. Pasyнков, E.N. Pasynkova // Agrohimiya. — 2011. — № 2. — S. 24–40.
4. Petrov, V.B. Mikrobiologicheskie preparaty v prakticheskom rastenievodstve Rossii: funkicii, effektivnost', perspektivy/ V.B. Petrov, V.K. Chebotar' // Rynok APK. — 2009. — № 7. — S. 16–18.
5. Petrov, V.B. Mikrobiologicheskie preparaty v biologizacii zemledeliya Rossii / V.B. Petrov, V.K. Chebotar', A.E. Kazakov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. — 2002. — № 10. — S. 16–20.
6. Tihonovich, I.A. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve /I.A. Tihonovich, L.N. Kozhemyakov, V.K. Chebotar' // Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve. — M.: RASKHN, 2005. — 154 s.
7. Torikov, V.V. Urozhajnost' zerna yarovogo yachmenya v zavisimosti ot uslovij vozdelvaniya/ V.V. Torikov // Agrohimicheskij vestnik. — 2011. — № 3. — S. 34–35.

С.М. Хамурзаев, кандидат сельскохозяйственных наук
Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
РФ, 366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1
Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова
РФ, 364024, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. А. Шерипова, 32
А.А. Мадаев, младший научный сотрудник
Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
E-mail: salman-x1959@mail.ru

УДК 634.1:15

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/69-71

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ СОДЕРЖАНИЯ ПОЧВЫ

Важную роль в повышении плодородия в садах играют эффективные системы содержания почвы. Они способствуют равномерному распределению органического вещества по всему почвенному профилю. При этом улучшается эффективное и потенциальное плодородие почвы. Наблюдения и учеты вели с 2015 года в плодоносящем яблоневом саду п. Джалка Гудермесского района Чеченской Республики на сортах *Голден Делишес* и *Гранни Смит*, привитых на слаборослом подвое М-9. Схема посадки 3,5×2,5 м, форма кроны – свободно растущая пальметта. Изучали дерново-перегнойную систему с посевом смеси злаковых трав (костер безостый, овсяница луговая, райграс многоукосный, ежа сборная) и люцерны, а также паросидеральную с фацелией и горчицей. Контроль – черный пар. Все варианты испытаны на фоне опыта по выявлению действия азотных удобрений, которые вносили весной в дозах N_{120} и N_{180} . Контроль – без удобрений. Повторность – трехкратная, в каждом по 30 учетных деревьев. Проведенные исследования показали, что в садах яблони интенсивного типа наиболее эффективная система – дерново-перегнойная или паросидеральная.

Ключевые слова: яблоня, сорт, Чеченская Республика, удобрение, плодородие, черный пар, дерново-перегнойная, паросидеральная системы.

S.M. Khamurzaev, PhD in Agricultural sciences
Chechen Research Institute of Agriculture
RF, 366021, Chechenskaya Respublika, g. Groznyj, ul. Lilovaya, 1
Kadyrov Chechen State University
RF, 364024, g. Groznyj, ul. A. Sheripova, 32
A.A. Madaev, Junior Researcher
Chechen Research Institute of Agriculture
E-mail: salman-x1959@mail.ru

PRODUCTIVITY OF APPLE VARIETIES DEPENDS ON SOIL MANAGEMENT SYSTEM

Efficient soil management systems play an important role in improving orchard fertility. They contribute to the equal distribution of organic matter throughout the soil profile. This improves the effective and potential soil fertility. The observations and records have been carried out since 2015 in the fruit-bearing apple orchard of the Dzhalka village Gudermes district of the Chechen Republic, on the varieties *Golden Delicious* and *Granny Smith* grafted on M-9. The planting scheme is 3.5 × 2.5 m, the crown shape is a growing effortlessly palmette. We studied the sod-humus system with the cereal grasses mixture sowing (smooth brome grass, meadow fescue, Australian rye-grass, cocksfoot) and alfalfa, as well as the black fallow and green manure system with the phacelia and mustard sowing. The control is black steam. All options were tested against the background of an experiment to identify the effect of nitrogen fertilizers, which were applied in the spring at doses of N_{120} and N_{180} . The control had no fertilizer. Three times repetition with 30 accounting trees in each were used. The conducted studies have shown that in intensive type apple orchards the most effective system is sod-humus or black fallow and green manure system.

Keywords: apple, variety, Chechenskaya Respublika, fertilizer, fertile, black couples, sod-mulch, procedurally system.

Основная задача системы содержания почвы в садах – обеспечить хороший рост деревьев, раннее и обильное их плодоношение. Наиболее рекомендуемый способ, особенно в крупных промышленных садах, – почва в междурядьях и приствольных полосах сада поддерживается в рыхлом и чистом от сорняков состоянии (черный пар) в первые три-четыре года после посадки. [7] Такое содержание почвы позволяет эффективно бороться с сорняками, сохраняет влагу и способствует проникновению воздуха в нижние слои почвы. При этом создаются благоприятные условия для активации микроорганизмов, превращающих питательные вещества в более усваиваемые формы.

Однако при продолжительном применении черного пара начинаются процессы ухудшения водно-физических и химических свойств почвы. [4, 5] Почвообрабатывающие орудия и механизмы (фреза) разрушают структуру почвы, из-за чего снижается ее плодородие, усиливается эрозия. Частые осадки весной затрудняют своевременное проведение мер борьбы с вредителями и болезнями плодовых культур. Снизить степень разрушения почвы и частично компенсировать недостаток органических удобрений можно регулярным посевом в междурядья сада сидеральных культур или задернением. [1, 6]

Цель работы – определить лучшую систему содержания почвы в интенсивном саду предгорной Чечни.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты выполняли согласно программе и методике проведения исследований в садоводстве. [2] Наблюдения и учеты вели с 2015 года в плодоносящем яблоневом саду п. Джалка Гудермесского района Чеченской Республики на сортах *Голден Делишес* и *Гранни Смит*, привитых на слаборослом подвое М-9.

Схема посадки – 3,5×2,5 м, форма кроны – свободно растущая пальметта. Изучали дерново-перегнойную систему с посевом смеси злаковых трав (костер безостый, овсяница луговая, райграс многоукосный, ежа сборная) и люцерны, а также паросидеральную с фацелией и горчицей. Контроль – черный пар.

Все варианты испытаны на фоне опыта по выявлению действия азотных удобрений, которые вносили весной в дозах N_{120} и N_{180} . Контроль – без удобрений. Повторность – трехкратная, в каждом по 30 учетных деревьев.

Травы высевали во II-й декаде апреля, норма злаковых трав – 20...30 кг/га, люцерны – 12...15, горчицы – 10...15, фацелии – 10...15 кг/га. Почва – чернозем южный легкосуглинистый. Обеспеченность азотом низкая, калием и фосфором – средняя. Содержание подвижного азота – 2,04 мг, фосфорной кислоты – 3,66 мг, подвижного калия – 27,22 мг/100 г абс. сух. почвы. Реакция почвенного раствора слабощелочная и щелочная по всему профилю – рН 8,2...8,3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лучшие условия для роста и развития деревьев на участках с задернением и посевом сидератов: влажность почвы – 74...80 % НВ (контроль – 77 %), температура на глубине до 50 см ниже по сравнению с контролем в опытах с дерново-перегнойной системой на 1,78°C, паросидеральной – 1,51°C.

Содержание основных элементов питания (азот, фосфор, калий) значительно увеличилось в вариантах с внесением азотных удобрений (оптимальная доза N_{120} при задернении и посеве сидератов). Эти агроприемы увеличили площадь листовой поверхности, урожайность, особенно у сорта *Голден Делишес*. Слабее реагировал на изменение системы содержания почвы и внесение удобрений *Гранни Смит* (см. таблицу).

У сортов отмечен более интенсивный прирост диаметра штамба по сравнению с контролем (черный пар без удобрений): *Голден Делишес* – на 34,4 %, *Гранни Смит* – 12...17 %.

В яблоках сорта *Голден Делишес*, собранных на участке с посевом сидератов, возросло содержание витамина С до 12,59 мг %, в контроле – 11,37 мг %, у *Гранни Смит* показатель был примерно одинаковый во всех вариантах.

При внесении азотных удобрений у сортов увеличился средний вес плодов, изменилась их кислотность. Плоды с задерненных участков лучше окрашены, имеют высокую лежкость.

Влияние системы содержания почвы и азотных удобрений на рост и продуктивность яблони по годам (средние значения)

Вариант	Урожайность, ц/га	Количество плодов высшего и первого сорта, %	Площадь листовой поверхности дерева, м ²	Средняя длина побегов продолжения, см
	2015...2019	2015...2017		
<i>Голден Делишес</i>				
Без удобрений				
Черный пар	184,2	79,5	9,2	24,8
Злаковые травы	181,9	77,6	8,4	23,8
Люцерна	178,9	82,1	10,9	23,7
Горчица	194,8	83,6	11,4	22,3
Фацелия	204,4	82,0	12,1	24,9
N_{120}				
Черный пар	209,9	76,2	12,6	27,6
Злаковые травы	211,2	80,2	14,4	23,6
Люцерна	210,0	83,1	12,0	26,2
Горчица	206,4	78,6	12,6	22,8
Фацелия	222,2	84,4	10,8	24,5
N_{180}				
Черный пар	195,3	76,3	14,8	29,5
Злаковые травы	200,8	74,5	–	–
Люцерна	207,3	78,3	–	–
Горчица	196,1	80,2	–	–
Фацелия	209,0	73,1	–	–
$НСР_{05}$				
А	12,8	–	0,8	1,6
В	18,1	–	1,3	2,1
<i>Гранни Смит</i>				
Без удобрений				
Черный пар	88,3	90,0	5,5	12,2
Злаковые травы	79,8	96,0	5,7	12,6
Люцерна	82,1	77,6	4,7	10,7
Горчица	75,2	70,2	5,7	10,0
Фацелия	82,5	91,1	6,3	9,9
N_{120}				
Черный пар	71,8	92,4	5,4	12,3
Злаковые травы	87,0	95,9	6,5	13,0
Люцерна	85,5	89,4	5,3	10,8
Горчица	89,2	88,3	5,4	10,9
Фацелия	87,4	79,1	6,3	11,7
N_{180}				
Черный пар	77,2	87,4	6,3	11,5
Злаковые травы	81,0	91,4	7,4	10,6
Люцерна	77,8	87,0	5,7	11,0
Горчица	72,3	77,7	5,6	11,7
Фацелия	84,5	79,8	7,4	12,1
$НСР_{05}$				
А	5,9	–	0,8	1,6
В	8,4	–	1,3	2,1

Примечание. Факторы: А – содержание почвы; В – азотные удобрения.

В Чеченской Республике в плодоносящих интенсивных яблоневых садах наиболее эффективная система содержания почвы – дерново-перегнойная или паросидеральная с обработкой приствольных полос по методу гербицидного пара.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Василенко, Н.А. Паросидеральная система содержания почвы / Н.А. Василенко // Садоводство и виноградарство. – 2006. – № 3. – С. 12–16.
2. Волков, Ф.А. Методика исследований в садоводстве / Ф.А. Волков. – М.: ВСТИСП, 2005. – 94 с.
3. Игнатенко, Б.Е. Влияние системы содержания почвы и азотных удобрений на продуктивность яблони / Б.Е. Игнатенко // Садоводство и виноградарство. – 2014. – № 3. – С. 18–21.
4. Кудрявцев, Р.П. Плодовые культуры / Р.П. Кудрявцев. – М.: «Колос», 1991. – 368 с.
5. Маслов, С.А. Залужение садов / С.А. Маслов, Н.И. Халекова // Садоводство и виноградарство. – 1998. – № 2. – С. 7–9.
6. Осадчая, О.Е. Залужение садов / О.Е. Осадчая. – Орел, 2001. – 102 с.
7. Хамурзаев, С.М. Основные элементы содержания почвы в плодовом саду / С.М. Хамурзаев, Ш.Н. Абасов, М.Ш. Абасов // 4-я ежегодная конференция ППС Чеченского государственного университета. – Грозный, 2015. – С. 175–180.

LIST OF SOURCES

1. Vasilenko, N.A. Parosideral'naya sistema sodержaniya pochvy / N.A. Vasilenko // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 2006. – № 3. – S. 12–16.
2. Volkov, F.A. Metodika issledovaniy v sadovodstve / F.A. Volkov. – M.: VSTISP, 2005. – 94 s.
3. Ignatenko, B.E. Vliyanie sistemy sodержaniya pochvy i azotnyh udobrenij na produktivnost' yabloni / B.E. Ignatenko // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 2014. – № 3. – S. 18–21.
4. Kudryavcev, R.P. Plodovye kul'tury / R.P. Kudryavcev. – M.: «Kolos», 1991. – 368 s.
5. Maslov, S.A. Zaluzhenie sadov / S.A. Maslov, N.I. Halekova // Sadovodstvo i vinogradarstvo. – 1998. – № 2. – S. 7–9.
6. Osadchaya, O.E. Zaluzhenie sadov / O.E. Osadchaya. – Orel, 2001. – 102 s.
7. Hamurzaev, S.M. Osnovnye elementy sodержaniya pochvy v plodovom sadu / S.M. Hamurzaev, Sh.N. Abasov, M.Sh. Abasov // 4-ya ezhegodnaya konferenciya PPS Chchenskogo gosudarstvennogo universiteta. – Groznyj, 2015. – S. 175–180.

В.О. Артамонов, председатель Ассоциации форелеводов Карелии

Ассоциация форелеводов Карелии
РФ, 185031, г. Петрозаводск, ул. Заводская, 18
Н.В. Ильмаст, доктор биологических наук
О.П. Стерлигова, доктор биологических наук
Я.А. Кучко, старший научный сотрудник
Е.С. Савосин, научный сотрудник
Н.П. Милянчук, младший научный сотрудник
Д.С. Савосин, научный сотрудник

Институт биологии Карельского научного центра РАН
РФ, 186910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
E-mail: ilmast@mail.ru

УДК 63.639.3.05

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/72-76

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ВЕДЕНИЯ РЫБОВОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ*

Представлены результаты исследований гидрологического, гидрохимического и гидробиологического состояния Кондопожской губы Онежского озера в условиях выращивания товарной форели в садках (объем производства 5540 т/год в семи рыболовных хозяйствах). По гидрологическим показателям (площадь – 243 км², средняя глубина – 21 м, максимальная – 82 м, условный водообмен – 0,45) Кондопожская губа Онежского озера отвечает требованиям для выращивания форели. По гидрохимическим показателям (содержание кислорода, биогенов, взвешенных веществ) губа принадлежит к олиго-мезотрофному типу, качество воды соответствует требованиям к гидрохимическому составу и предельно-допустимым концентрациям (ПДК) при производстве форели. По уровню развития количественного зоопланктона водные массы в исследованной акватории – олиготрофные. По величине индексов сапробности (1,79–1,81) воды оцениваются как β-мезосапробные, третий класс качества (умеренно загрязненные). По развитию бентосной фауны и особенностям ее видового состава (шкала трофности) губа соответствует олиго-мезотрофному типу, показателю сапробности (Пантле-Букк-3,05) – мезосапробному. Приведен расчет биогенной нагрузки от форелевой фермы и уточнен объем выращивания форели в губе. Отмечено, что при длительной эксплуатации рыболовных хозяйств с большим объемом выращивания форели необходим контроль состояния губы один раз в три года.
Ключевые слова: водная экосистема, Кондопожская губа Онежского озера, форелевая ферма, биогены, зоопланктон, зообентос, оценка влияния, объем выращивания рыбы, Республика Карелия.

V.O. Artamonov, Chairman of the Association of Trout Breeders of Karelia

Association of Trout Breeders of Karelia
RF, 185031, g. Petrozavodsk, ul. Zavodskaya, 18
N.V. Il'mast, Grand PhD in Biological sciences
O.P. Sterligova, Grand PhD in Biological sciences
Ya.A. Kuchko, Senior Researcher
E.S. Savosin, Researcher
N.P. Milyanchuk, Junior Researcher
D.S. Savosin, Researcher
Institute of Biology KRC RAS
RF, 186910, g. Petrozavodsk, ul. Pushkinsakaya, 11
E-mail: ilmast@karelia.ru

MONITORING STUDIES OF THE KONDOPOZHSKAYA GUBA OF ONEZHSKOE LAKE STATE IN THE CONDITIONS OF FISH FARMING

The results of the study of the hydrological, hydrochemical and hydrobiological state of Kondopoga Bay of Lake Onega affected by commercial trout pond farming (production rate is 5540 t/year in 7 nursery ponds) are reported. The hydrological indices of Kondopoga Bay of Lake Onega (area 243 km², average depth 21 m, maximum depth 82 m, arbitrary water exchange 0.45, etc.) meet trout pond farming requirements. Its hydrochemical indices (percentages of oxygen, nutrients, suspended particles, etc.) show that the bay is of mesotrophic type, in which water quality meets the hydrochemical composition and maximum allowable concentration (MAC) requirements for trout production. The development level of quantitative zooplankton shows that the water masses in the water zone studied are oligotrophic. The water is characterized as β-mesosaprobic, based on its saprobity index of 1.79-1.81, which is consistent with quality class 3 (mildly polluted water). The bay corresponds to an oligo-mesotrophic type on a nutrient content scale, as indicated by the development and species composition of benthic fauna, and a mesosaprobic type, as indicated by the saprobity index (Pantle-Bukk-3.05). The nutrient load exerted by the trout farm is estimated and the scope of trout farming in the bay is recalculated. It is noted that the long-term management of fish farms, which produce great amounts of trout, requires monitoring of the bay once in three years.
Keywords: aquatic ecosystem, Kondopoga Bay of Lake Onega, trout farm, nutrients, zooplankton, zoobenthos, assessment of influence, fish production rate, Republic of Karelia.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Ассоциации форелеводов Карелии, по Госзаданию ИБ КарНЦ РАН / The work was carried out with the financial support of the Karelian Trout Breeders Association under the state task of the Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS.

Сокращение промысла ценных видов рыб привело к интенсификации работ, направленных на интродукцию промысловых объектов и разработку биотехники их культивирования. За последние 40 лет в рыбохозяйственной отрасли большое значение приобрела аквакультура, которая обеспечивает в мире почти половину потребляемых людьми гидробионтов. В Республике Карелия основное направление в рыбоводстве – садковое выращивание радужной форели (*Parasalmo mykiss*), как одно из самых перспективных и рентабельных производств. Успешному развитию форелеводства в республике способствуют благоприятные климатические условия региона (длительный световой период, оптимальная температура, большие запасы чистой воды), наличие транспортных сетей и квалифицированных кадров. В Карелии товарным выращиванием радужной форели в садках стали заниматься с 1980-х годов. С тех пор объемы ее производства значительно выросли, особенно за последние пять лет (2015 год – 23, 2020 – 36,2 тыс. т). Карелия – лидер по производству форели (80 %) в Российской Федерации.

Известно, что по силе загрязнения естественных водоемов постройка каждой фермы равносильна вводу в действие маленькой фабрики или завода, поэтому увеличение промышленного разведения форели в северном регионе может привести к быстрому эвтрофированию водоемов.

Цель работы – проведение мониторинговых исследований состояния Кондопожской губы Онежского озера в районе размещения рыбодных хозяйств по выращиванию радужной форели, уточнение предельных объемов ее производства без ущерба для экосистемы водоема.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2021 году оценивали гидрологический режим губы, отбирали пробы на гидрохимический и гидробиологический (зоопланктон, макрозообентос) анализы непосредственно около садков и на удалении 300...500 м. Химический состав воды определяли в ООО «Северная аналитическая лаборатория» (лиц. № РОСС. RU.0001.21AY63). В настоящее время в Кондопожской губе функционируют пять форелевых хозяйств разной мощности (табл. 1).

Пробы зоопланктона отбирали с помощью батометра Рутнера объемом 2 л из всех слоев воды (поверхность – дно) с интервалом 1 м. Зоопланктон оценивали по видовому составу, численности, биомассе, индексу видового разнообразия Шеннона. Расчет степени органического загрязнения воды проводили с использованием выявленных индикаторных организмов с учетом рекомендаций по определению сапробности. [4] Трофический статус водоема устанавливали по С.П. Китаеву. [1]

Для сбора количественных проб макрозообентоса использовали дночерпатель ДАК-250 (модификация Экмана–Берджа с площадью захвата 1/40 м²). Идентифицировали организмы по определителям. [5] Данные количественных проб проанализированы при помощи пакета программ автоматизированной системы обработки гидро-

биологических данных. [11] Расчеты биогенной нагрузки выполнены с применением стандартных методик. [8]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Гидрологические показатели

Онежское озеро – уникальный водоем, который содержит стратегический запас пресной воды высокого качества. Важно оценивать и прогнозировать состояние его экосистемы в условиях антропогенной нагрузки и климатических изменений. Кондопожская губа – один из крупнейших и глубоководных заливов Онежского озера. Площадь ее акватории составляет 243 км², объем водной массы – 5,1 км³, средняя глубина – 21 м, максимальная – 82 м. [2] Площадь водосбора – 8250 км². Показатель условного водообмена (отношение объема годового стока к объему водной массы) равен 0,45, то есть водные массы губы заменяются водой с водосбора один раз в два года. За счет водообмена с открытой частью озера этот показатель значительно выше. В Кондопожской губе преобладают плотностные и ветровые течения. Хорошо выражены в вершинной части губы при весеннем паводке и осенних дождях стоковые течения. В безледоставный период доминируют ветровые течения со средней скоростью 4,0 м/с. Так как губа ориентирована с северо-запада на юго-восток, то ветры первого направления создают сгонные течения, а второго – нагонные. На рыбодных участках постоянно, даже в штилевую погоду, существуют течения. При средней глубине губы – 21 м, средней скорости течения – 6 см/с и расходе дрейфового течения – 480 м³/с вся толща воды движется в одном направлении, что очень важно при садковом выращивании рыбы.

Гидрохимические показатели

Онежское озеро характеризуется хорошо выраженной лимнической гетерогенностью, обусловленной его большими размерами, геологическим строением котловины, а также неравномерным распределением приточности и различной степенью антропогенной нагрузки. Основная часть озерной котловины заполнена чистыми олиготрофными водами, однако некоторые заливы загрязнены из-за промцентров. [9] Химический состав воды Онежского озера формируется речным, подземным и антропогенным стоками, а также атмосферными осадками, Кондопожская губа – один из загрязненных заливов Онежского озера. В его вершинную часть поступают воды реки Суна (до 90% общего объема). Главный источник загрязнения – сточные воды предприятия целлюлозно-бумажного производства

Таблица 1.
Деятельность предприятий аквакультуры в Кондопожской губе Онежского озера за 2020 год

№	Предприятие	Выращено рыбы, т
1.	ИП Апроду Л.Г.	290
2.	ИП Гутьро Г.Д.	500
3.	ИП Федоренко Н.В.	3600
4.	ООО «Парад плюс»	1000
5.	ООО «СтройФасад»	150

АО «Кондопога». [7] Сток реки Суна улучшает качество воды в устье залива, одновременно усиливая перенос загрязняющих веществ в открытую часть озера. При этом увеличение количества рыбоводных хозяйств и объемов производства форели в Кондопожском заливе, как и в Онежском озере в целом, может быть причиной появления локальных зон эвтрофикации и, как следствие, ухудшения качества воды. [13] Результаты анализов химического состава вод с использованием кинетической модели трансформации лабильных веществ в озерных экосистемах свидетельствуют, что современное состояние Онежского озера приблизилось к допустимой фосфорной нагрузке. [3]

Вода в Кондопожской губе малоцветная, мало-минерализованная, слабощелочная, по химическому составу относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу, с минерализацией 52...73 мг/л. Оптимальная концентрация кислорода для выращивания форели должна составлять не менее 9,0 мг/л, в губе она – 9,2...9,7 мгО₂/л. Величина рН в озере – 5,7...7,1, ее критическая величина ниже 4,5 и выше 9,0. Перманганатная окисляемость в пределах нормы – 7,4...11,2 мгО₂/л. Аммонийный азот в воде летом менее 0,5 мг/л, нитратный – 0,2 мг/л (осенью – 0,25...0,32). Доля фосфатов не превышает 0,02 мг/л, взвешенных веществ – 1,4...2,1 как летом, так и осенью. Согласно требованиям (ОСТ 15.372–87) к водоемам рыбохозяйственных категорий в Кондопожской губе предельно допустимые концентрации (ПДК) не превышают их величин при выращивании форели. Анализ показателей воды показал, что содержание биогенов (фосфор и азот) характерно для мезо-олиготрофных водоемов. [1] В целом вода отвечает всем требованиям для выращивания товарной форели в садках.

Гидробиологические показатели

В условиях антропогенного загрязнения динамика гидробиологических показателей играет существенную роль при мониторинге водных объектов. Важную роль изучения сообществ гидробионтов (планктон, бентос) определяется их способностью ассимилировать органическое вещество, производимое в водоеме и приносимое извне, и преобразовывать его для потребления организмами более высоких трофических уровней. Они играют значительную роль в процессах биологического самоочищения водоемов.

Зоопланктон. Список организмов, отмеченных нами на всех форелевых участках Кондопожской губы в летний период 2021 года, насчитывал 36 видов: коловратки Rotifera – 9, ветвистоусые ракообразные Cladocera – 18, веслоногие ракообразные – 9 (из них *Calaniformes* – 4 и *Cyclopiformes* – 5). Среди коловраток Rotifera доминируют *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Polyarthra dolychoptera* – типичные представители северного планктонного комплекса, относящиеся к группе массовых видов центрального плеса Онега. Из группы ракообразных наиболее многочисленны виды северной фауны (*Eudiaptomus gracilis*, *Thermocyclops oithonoides*, *Daphnia cristata*, *Holopedium gibberum*, *Bosmina coregoni*, *B. longispina*), а также ряд организмов, встречающихся в различных биотопах – *Mesocyclops leuckarti*, *Chydorus sphaericus*, *B. longirostris*.

Видовой состав и доминирующий комплекс зоопланктона в районе рыбоводных участков –

типичный для пелагической части Кондопожской губы, имеет сходство с таковым в центральном плесе Онежского озера. В летний период на всех станциях до 56 % биомассы создается ветвистоусыми ракообразными Cladocera, в основном *pp. Bosmina*, *Daphnia* и *Limnosedra frontosa*. К группе субдоминантов можно отнести веслоногих ракообразных отряда Calaniformes, их средний удельный вес составляет 32 % за счет развития *E. gracilis*. На долю циклопид (*M. leuckarti*, *Th. oithonoides*, *C. strenuus*) и коловраток (*A. priodonta*, *K. longispina*) приходится 12 и 1 % соответственно. По численности доминируют ветвистоусые и веслоногие ракообразные. Средний индекс видового разнообразия по станциям – 2,1 бит/экз., сапробности Пантле-Букк – 1,81. По уровню количественного развития планктонной фауны в летний период 2021 года исследуемый район относится к олиготрофному типу с общей биомассой до 1,0 г/м³. [1] Ранней осенью (последняя декада сентября) при сохранении достаточно высокой температуры воды, характерной для периода гидробиологического лета (10,8°C) было отмечено незначительное обеднение видового состава (до 20 видов) и некоторое снижение количественных показателей зоопланктона. В первую очередь из планктона выпадает большинство видов Cladocera, на долю которых приходится 41 % биомассы. Удельный вес веслоногих ракообразных Сороперода (каляниды, циклопиды и их науплии) возрастает до 57 %. Средний индекс видового разнообразия в осенние месяцы снижается до 1,7 бит/экз. Осенью сообщество зоопланктона не изменилось. Это согласуется с основными климатическими особенностями в исследуемый период (теплое лето, высокие температуры воды и воздуха, позднее наступление похолодания).

Наши результаты подтверждают стабильность видового состава, количественных показателей и структурных особенностей сообщества зоопланктона в Кондопожской губе Онежского озера на протяжении последних 40-50 лет. Доминирующий комплекс в пелагиали губы представлен видами-индикаторами олиго-бета-мезосапробных условий. По уровню количественного развития зоопланктона, численность которого в летний период – 17,0...34,0 тыс. экз./м³, биомасса – 0,4...1,0 г/м³, в осенний – 7,6...11,2 тыс. экз./м³ и 0,3...0,4 г/м³ соответственно, водные массы можно охарактеризовать как олиготрофные. По величине индексов сапробности (1,79...1,81), воды оцениваются как β-мезосапробные, что соответствует третьему классу качества – умеренно загрязненные. Достоверных различий в основных показателях сообщества зоопланктона в зоне рыбоводных участков и на удалении до 1 км не выявлено. Организмы-индикаторы повышенной сапробности в пробах зоопланктона отсутствовали.

Зообентос. Донные отложения в местах постановки садков в районе Кондопожской губы были представлены глинистыми и илесто-песчаными грунтами. Общий список бентосных организмов, обнаруженных в летне-осенний период, насчитывал 65 таксонов, из них Oligochaeta – 10, Chironomidae – 36, прочие – 9. Преобладающий комплекс зообентоса формируют личинки хиро-

номид подсемейства Chironominae (*Chironomus* sp., *Stictochironomus* sp.), Orthoclaadiinae (*Zalutschia* sp.) и олигохеты семейства Tubificidae (*Limnodrilus hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex*). Также отмечены представители моллюсков (Gastropoda, Bivalvia), ручейников (*Molanna angustata* sp.) на песчаных биотопах литорали и профундали. Более 50% таксонов макробеспозвоночных представлено насекомыми (Diptera, Trichoptera).

Показатели средней численности зообентоса губы в летний период 2021 года – 325...852 экз./м², средней биомассы – 1,2...1,6 г/м². Осенью в бентоценозах доминировали те же основные группы, что и летом. Доля Chironomidae по биомассе в пробе – 10...88,6, численности – 16,7...33 %. Литоральная зона в пределах расположения форелевого хозяйства практически отсутствует. Средняя численность зообентоса в летне-осенний период – 361...1122 экз./м², биомасса – 1,2...5,3 г/м².

По значению индекса сапробности Пантле–Букк (3,05...3,53), полученного с использованием девяти таксонов макрозообентоса (виды-индикаторы), данный район относится к полисапробному типу вод. Хиرونимидный индекс по разным форелевым хозяйствам – 1,62...2,21, что позволяет отнести исследованные районы к умеренно-загрязненным водным объектам. По олигохетному индексу Гуднайта–Уитлея (ОИ – 16...36 %), основанному на соотношении численности олигохет и всех организмов макрозообентоса водоем относится к 1–2 классу качества вод. Исключение составляет РВУ ИП Г.Д. Гутыро (РВУ № 1), ОИ = 63,8 %, что соответствует 3–4 классу. В непосредственной близости к садкам значения ОИ достигали максимума (94,3 %). Этот участок закрыт в 2020 году. Акватория Кондопожской губы Онежского озера принадлежит к олиго-мезотрофному типу по количественным показателям зоопланктона и макрозообентоса.

Расчеты биогенной нагрузки

Определение экологически допустимых объемов выращивания форели без ущерба для водной среды – основа для организации рыбоводных комплексов. Расчеты, выполненные разными способами и методами, дали близкие результаты. Учитывались гидрологические, гидрохимические, гидробиологические показатели, качество корма и технология кормления. При выращивании радужной форели в садках на кормах фирмы BioMag с максимальными кормовыми коэффициентами 1,0...1,2 предполагается выделение следующего количества биогенов: фосфора на 1 т продукции форели – 6,0, азота – 65 кг, соответственно.

Большое практическое значение при рыбоводстве имеет определение критической концентрации общего фосфора, превышение которой создает реальные угрозы для водных экосистем. [8, 12] Большинство исследователей определяют минимальную концентрацию общего фосфора в водоемах – 0,020 мг/л, а при 0,035 мг/л озера переходят из одного трофического уровня в другой, что приводит к их деградации. Определяя критическую концентрацию общего фосфора, учитывая значимость показателя, следует руководствоваться принципом выбора наиболее жестких значений па-

раметров в наименее благоприятных режимах. [6] Исходя из этого принципа, предлагается принять в качестве критической концентрации общего фосфора в водоемах величину, не превышающую 0,020 мг/л. [1, 10]

При выращивании форели в садках в окружающей среде выделяются органические вещества, включая биогенные элементы. Растворимость фосфора, содержащегося в рыбных кормах, составляет обычно 40...60 %, то есть около половины выходит наружу вместе с фекалиями. Растворимость азотных соединений намного выше фосфорных – 85...90 %. Основная часть азотной нагрузки состоит из выделяемого через ткани рыбы аммонийного азота. Для расчета объема выращивания товарной форели на качественных кормах разных фирм использовали нормативные кормовые коэффициенты (1,1...1,3), применяли выделение биогенов – фосфора на 1 т товарной рыбы не более 6, азота – 55 кг соответственно, на 1 кг рыбы – 1,35 кг корма.

При выращивании 500 т товарной форели (участки 1, 2, 3) сопоставление фосфорной и азотной нагрузки с природной и от форелевой фермы (средняя глубина установки садков – 18 м) показывает, что суммарная нагрузка по фосфору (0,13 г/м²) и азоту (1,80 г/м²) не превышает допустимых величин (табл. 2).

При выращивании 150 т товарной форели (участок 4) на средней глубине установки садков – 12 м суммарная нагрузка по фосфору (0,11 г/м²) и азоту (1,50 г/м²) не превышает допустимых величин.

При производстве 300 т товарной форели (участок 6) и средней глубине установки садков – 15 м суммарная нагрузка по фосфору (0,11 г/м²) и азоту (1,70 г/м²) не превышает допустимых величин.

При объеме выращивания 3600 т товарной форели (участок 5) на средней глубине установки садков – 20 м суммарная нагрузка по фосфору (0,14 г/м²) и азоту (2,00 г/м²) не превышает допустимых величин. В этом форелевом хозяйстве объем производства не надо увеличивать.

На всех исследованных участках Кондопожской губы объемы выращивания форели близки к допустимым. Опасных последствий в водной экосистеме от интенсивного выращивания рыбы пока помогает избежать высокая проточность озера в районах расположения садков и ветровое течение воды, так как биогены и другие вещества из форелевых садков частично выносятся в открытые участки водоема.

Выводы. Несмотря на сложную экономическую ситуацию в РФ, Кондопожский муниципальный

Таблица 2.

Нагрузка фосфора и азота на водоемы в зависимости от глубины, г/м² год [14]

Средняя глубина, м	Допустимая		Опасная, свыше	
	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот
5	0,07	1,0	0,10	2,0
7,5	0,08	1,30	0,17	2,50
10	0,10	1,50	0,20	3,00
15	0,13	1,80	0,25	3,8
20 м	0,15	2,3	0,30	4,5

район остается одним из крупных промышленных центров Республики Карелия, хозяйственная деятельность предприятий которого активно развивается. В 2020 году в семи форелевых хозяйствах было выращено 5540 т форели. Дальнейшее увеличение объема производства форели, при значительном техногенном и рекреационном загрязнении, может привести к деградации губы. Поэтому руководителям предприятий необходимо соблюдать все правила эксплуатации хозяйств и не превышать объем производства, строго регулировать режим кормления, вовремя проводить перемещение садков и утилизировать отходы производства в соответствии с требованиями законодательства. На всех форелевых фермах требуется проводить экологическую экспертизу один раз в три года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Китаев, С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С.П. Китаев. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. — 395 с.
2. Литинская, К.Д. Режим уровней воды озер и водохранилищ Карелии / К.Д. Литинская. — Л.: Наука, 1976. — 146 с.
3. Лозовик, П.А. Оценка ассимиляционной способности водоемов к фосфорной и органической нагрузке и нормирование допустимого антропогенного воздействия по кинетической и гидрохимической модели / П.А. Лозовик // Крупнейшие озера и водохранилища Европейской территории России. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. — С. 88–95.
4. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. — Т. 1. — 495 с.
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зообентос. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. — Т. 2. — 457 с.
6. Правила охраны поверхностных вод. — М.: Госкомприрода, 1991. — 34 с.
7. Сабылина, А.В. Химический состав губ Онежского озера, подверженных антропогенному загрязнению / А.В. Сабылина // Крупнейшие озера водохранилища европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2015. — С. 77–88.
8. Стерлигова, О.П. Состояние пресноводных водоемов Карелии с товарным выращиванием радужной форели в садках / О.П. Стерлигова, Н.В. Ильмаст, Я.А. Кучко и др. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. — 127 с.
9. Филатов, Н.Н. Онежское озеро. Экологические проблемы / Н.Н. Филатов. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. — 293 с.
10. Фрумин, Г.Т. Методы расчета допустимых фосфорных нагрузок на озера / Г.Т. Фрумин, А.В. Кулинкович, А.Ю. Горельшев // Труды Карельского научного центра РАН, 2021. — Вып. 4. — С. 163–168.
11. Хазов, А.Р. Анализ гидробиологических данных и его программная реализация / А.Р. Хазов. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. — 154 с.
12. Beveridge, M. Cage aquaculture / M. Beveridge. — London, 1996. — 346 p.
13. Galakhina, N. Current chemistry of Lake Onego and its spatial and temporal changes for the last three decades with special reference to nutrient concentrations / N. Galakhina, M. Zobkov, M. Zobkova // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100619>.
14. Vollenweider, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication / R.A. Vollenweider // DESD Techn. Rep. 1968. — Vol. 68. — № 27. — P. 1–182.

LIST OF SOURCES

1. Kitaev, S.P. Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtologov / S.P. Kitaev. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2007. — 395 s.
2. Litinskaya, K.D. Rezhim urovnej vody ozer i vodohranilishch Karelii / K.D. Litinskaya. — L.: Nauka, 1976. — 146 s.
3. Lozovik, P.A. Ocenka assimilyacionnoj sposobnosti vodoemov k fosfornoj i organicheskoj nagruzke i normirovanie dopustimogo antropogennogo vozdejstviya po kineticheskoj i gidrohimičeskoj modeli / P.A. Lozovik // Krupnejšie ozera i vodohranilishcha Evropejskoj territorii Rossii. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2015. — S. 88–95.
4. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii. Zooplankton. — M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2010. — T. 1. — 495 s.
5. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii. Zoobentos. — M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2016. — T. 2. — 457 s.
6. Pravila ohrany poverhnostnyh vod. — M.: Goskompriroda, 1991. — 34 s.
7. Sabylina, A.V. Himicheskiy sostav gub Onezhskogo ozera, podverzhennyh antropogennomu zagryazneniyu / A.V. Sabylina // Krupnejšie ozera vodohranilishcha evropejskoj territorii Rossii: sovremennoe sostoyanie i izmeneniya ekosistem pri klimatičeskih i antropogennyh vozdejstviyah. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2015. — S. 77–88.
8. Sterligova, O.P. Sostoyanie presnovodnyh vodoemov Karelii s tovarnym vyrashchivaniem raduzhnoj foreli v sadkah / O.P. Sterligova, N.V. Il'mast, Ya.A. Kuchko i dr. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2018. — 127 s.
9. Filatov, N.N. Onezhskoe ozero. Ekologičeskie problemy / N.N. Filatov. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 1999. — 293 s.
10. Frumin, G.T. Metody rasčeta dopustimyh fosfornyh nagruzok na ozera / G.T. Frumin, A.V. Kulinkovich, A.Yu. Gorelyshev // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN, 2021. — Vyp. 4. — S. 163–168.
11. Hazov, A.R. Analiz gidrobiologičeskih dannyh i ego programnaya realizaciya / A.R. Hazov. — Petrozavodsk: KarNC RAN, 2000. — 154 s.
12. Beveridge, M. Cage aquaculture / M. Beveridge. — London, 1996. — 346 p.
13. Galakhina, N. Current chemistry of Lake Onego and its spatial and temporal changes for the last three decades with special reference to nutrient concentrations / N. Galakhina, M. Zobkov, M. Zobkova // Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100619>.
14. Vollenweider, R.A. Scientific fundamentals of the eutrophication of lake and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutrophication / R.A. Vollenweider // DESD Techn. Rep. 1968. — Vol. 68. — № 27. — P. 1–182.

Е.В. Дубина-Чехович, младший научный сотрудник
О.Н. Бахмет, член-корреспондент РАН
Л.П. Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук
А.Н. Солодовников, кандидат биологических наук
ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
РФ, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11
E-mail: d-chehovich@yandex.ru

УДК 631.4

DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/77-80

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТА С ИНТЕНСИВНЫМ АЭРОТЕХНОГЕННЫМ ВЛИЯНИЕМ

При биотестировании с использованием тест-культур овса посевного (*Avena sativa* L.) и гороха посевного (*Pisum sativum* L.) проведена интегральная оценка техногенного воздействия на почву с разным расстоянием от источника загрязнения. Цель работы – дать характеристику фитотоксичности почв агроландшафта с интенсивным уровнем аэротехногенной нагрузки в условиях Карелии. Объект изучения – торфяные почвы на залежных мелиорированных сельскохозяйственных угодьях в зоне влияния промышленного горнодобывающего производства щебня из габбро-диабазов. В ходе исследований установлено, что при очень высоком уровне среднесуточной пылевой нагрузки (100 м – 2101,9 мг/(м² сут.); 200 – 1787,4; 300 – 1187,1 мг/(м² сут.)) происходит трансформация свойств почв осушенного агроландшафта вблизи горнодобывающего карьера. Высокое содержание элементов питания, слабкокислая реакция почвенного раствора при умеренно опасном суммарном уровне загрязнения почвы обусловила стимуляцию роста тест-культур при биотестировании (горох – на 58 %, овес – 41 %). Ингибирование развития проростков для исследованных проб выражено слабо. По мере удаления от карьера, несмотря на статистически значимое снижение массы пыли, пространственный градиент изменения анализируемых показателей гороха и овса по пробным площадям не обнаружен, что подтверждает ранее выявленный, одинаковый уровень аэротехногенного воздействия на почвенный покров. **Ключевые слова:** биотестирование, фитотоксичность, метод проростков, почвы, сельскохозяйственные угодья, загрязнение, горнодобывающая компания, Карелия.

E.V. Dubina-Chekhovich, Junior Researcher
O.N. Bakhmet, Corresponding member of the RAS
L.P. Evstratova, Grand PhD in Agricultural sciences
A.N. Solodovnikov, PhD in Biological sciences
FRC “Karelian Research Centre RAS”
RF, 185910, Respublika Kareliya, g. Petrozavodsk, ul. Pushkinskaya, 11
E-mail: d-chehovich@yandex.ru

BIOTESTING OF AGRICULTURAL LANDSCAPE SOILS WITH INTENSIVE AEROTECHNOGENIC INFLUENCE

On the basis of biotesting using test cultures of oats (*Avena sativa* L.) and peas (*Pisum sativum* L.), an integral assessment of the anthropogenic impact on the soil at different distances from the source of pollution was carried out. The aim is to characterize the phytotoxicity of soils of the agricultural landscape with an intensive level of aerotechnogenic load in Karelia. The object of the study was peat soils on fallow reclaimed agricultural lands in the zone of influence of industrial mining production of crushed stone from gabbro-diabases. In the course of research, it was found that at a very high level of average daily dust load (100 m – 2101.9 mg/(m²*day.); 200 – 1787.4; 300 – 1187.1 mg (m²*day)) there is a transformation of soil properties of the drained agricultural landscape near the mining quarry. The high content of nutrients, the slightly acidic reaction of the soil solution with a moderately dangerous total level of soil contamination caused the stimulation of the growth of test crops during biotesting (peas – by 58 % and oats – by 41 %). Inhibition of the development of seedlings for the studied samples is weakly expressed. As we move away from the quarry, despite a statistically significant decrease in the dust mass, the spatial gradient of changes in the analyzed indicators of peas and oats in the sample areas was not detected, which confirms the previously identified, the same level of aerotechnogenic impact on the soil cover.

Keywords: biotesting, phytotoxicity, method of seedlings, soils, agricultural land, pollution, mining company, Karelia.

Почва с неоднородностью ее органо-минеральной матрицы, сложным комплексом гуминовых веществ – непростой объект экологической оценки. [6] Комплексное влияние на почвенный покров физических, химических и других факторов при их комбинировании может ослабляться или усиливаться.

Химические анализы показывают лишь наличие «маркеров» – определенных концентраций поллютантов, что имеет крайне ограниченное значение для прогноза и оценки состояния живых организмов, сообществ, экосистемы в целом. [1, 6] Кроме того, существует ряд современных молекулярно-

биологических тестов состояния почвы, но в силу высокой технологической сложности и стоимости их применение ограничено. [8, 10]

Биотестирование по результатам исследования во многом приближается к химическим методам, но, в отличие от последних, оно экономически доступно, легко воспроизводимо и может реально оценить свойства среды, обусловленные наличием совокупности загрязняющих химических веществ. Определение токсичности загрязненных почв и степени воздействия изучаемого фактора на агрофитоценозы происходит с привлечением метода проростков, который показыва-

ет реакцию тест-культуры на наличие в почве загрязняющих веществ и позволяет выявить ингибирующее или стимулирующее влияние.

Цель работы – дать оценку фитотоксичности почв агроландшафта с интенсивным уровнем аэротехногенной нагрузки в условиях Карелии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в южной агроклиматической зоне Республики Карелия. Объект изучения – торфяные почвы на залежных мелиорированных сельскохозяйственных угодьях (228,5 га), где присутствует влияние промышленного горнодобывающего производства шебня из габбро-диабазов. В карьере, разрабатываемом с 2008 года площадью 160 га, расположены открытые участки дробления горной породы и посева ее на фракции, ведутся погрузочно-разгрузочные работы. Воздушными потоками пылью распространяется от мест ее образования на большую часть водосборной площади сельскохозяйственных угодий.

Для оценки воздействия поллютантов отобраны образцы верхнего горизонта почвы ($A_{\text{пах}}$) на глубине 0...20 см с пробных площадей на разном удалении от источника загрязнения (100, 200 и 300 м). Учитывали среднесуточный уровень пылевой нагрузки [11], который был установлен более ранними исследованиями, как очень высокий с постепенным снижением массы загрязняющих выбросов: 100 м от источника загрязнения – 2101,9 мг/(м²·сут.); 200 – 1787,4; 300 – 1187,1. [7] Выявлено, что накопление в почвах Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr выше региональных значений в 1,5...13 раз, суммарный уровень загрязнения – умеренно опасный. [11]

Контроль – почва с тех же сельскохозяйственных угодий, но расположенных вдали от антропогенного влияния (1500 м), где значение показателей среднесуточной пылевой нагрузки приближено к нулю. Загрязненные и фоновые участки подобраны по принципу единообразия типа почв, растительности, сельскохозяйственному использованию и способу осушения.

На каждой пробной площади заложены полнопрофильные почвенные разрезы и отобраны образцы для определения агрохимических показателей (рН_{сод}, зольность, содержание углерода и основных элементов питания растений). [3, 4] Строение профиля и морфологические горизонты изучали с помощью морфогенетического метода.

Фитотоксичность почв выявляли методом проростков семян овса посевного (*Avena sativa* L.) и гороха посевного (*Pisum sativum* L.). Равные по массе образцы почвы в трехкратной повторности помещали в чашки Петри. Первая серия опыта – в каждую чашку закладывали по 20 семян гороха посевного, вторая – по 30 семян овса посевного. Учет проводили на третий и седьмой день (энергия прорастания, общая всхожесть, длина надземной части и корней, масса растений) с расчетом среднего значения индекса токсичности почв (ИТФ) для каждой пробной площади. Выявляли токсичность загрязненной почвы по морфологическим признакам растений.

Всхожесть и энергию прорастания семян тест-растений определяли по общепринятым методикам. [5] Измерения длины подземной и надземной частей растений проводили с помощью линейки (с

точностью до 1 мм), взвешивание – на аналитических весах II-го высокого класса точности «ВЛТЭ – 150» (ГО 01 039). Энергию прорастания семян (процент проросших семян за определенный срок) рассчитывали по формуле: $V = a/v \times 100$ (%), где a – число проросших семян; v – общее число семян, взятых для опыта. Всхожесть – количество нормально проросших семян (имеют корешок не менее длины семени и росток не менее половины длины семени), выраженное в процентах к пробе, взятой для анализа.

Индекс токсичности оцениваемого фактора почв (энергия прорастания, всхожесть, длина побегов и корней, масса проростков) определяли по каждой тест-культуре для получения сопоставимых результатов, затем рассчитывали по формуле: $ИТФ = TФ_0 / TФ_k$, где $TФ_0$ – среднее значение показателя в опыте; $TФ_k$ – среднее значение показателя в контроле.

Класс токсичности исследуемых почв оценивали по шкале токсичности (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Мелиорированные сельскохозяйственные угодья, расположенные вблизи источника загрязнения (горнодобывающий и перерабатывающий карьер), представлены низинными болотными почвами. Мощность корнеобитаемого слоя (T_0, T_1, T_2) колеблется от 25 до 35 см. Верхняя часть пахотного горизонта очень сухая, имеет серый цвет из-за минеральной пыли антропогенного характера, структура рыхлая, пронизана большим количеством корней растущих и полуразложившихся многолетних кормовых растений и их надземной части. Мощность горизонтов T_3, T_4 – 25(35)...70 см. Торфяная толща хорошо разложившаяся, состоит из комбинации светлых и бурых фрагментов, встречаются крупные трещины, по которым стекают поверхностные воды.

Представленный в исследовании темно-гумусовый торфяной горизонт от 70 см и ниже – влажный, перегнойно-торфяной с вкраплениями неразложившейся коры деревьев и древесины, погребенных при мероприятиях по осушению болотного массива. В связи с сезонной гипертрофией водного режима, границы перехода нижележащих горизонтов размыты.

Длительное техногенное воздействие (более 13 лет) способствует накоплению поллютантов в почве, вызывает изменения ее агрохимических характеристик. Учитывая, что в Карелии торфяники характеризуются кислой реакцией среды, на фоне аэротехногенного загрязнения меняются их кислотно-щелочные показате-

Таблица 1.
Шкала токсичности почв [1]

Величина ИТФ	Класс токсичности
>1,10	VI (стимуляция)
0,91...1,10	V – норма
0,71...0,90	IV – низкая токсичность
0,50...0,70	III – средняя токсичность
<0,50	II – высокая токсичность
Среда не пригодна для жизни	I – сверхвысокая токсичность, вызывающая гибель

Таблица 2.
Агрохимическая характеристика пахотного горизонта торфяной низинной почвы вблизи горнодобывающего карьера

Расстояние от карьера, м	Зольность, %	Подвижное соединение, мг/кг		N, мг/кг	С, %	N/C	Среднее значение pH _{кд}
		P ₂ O ₅	K ₂ O				
100	27,2	114,6	384,9	1,8	37,9	21,0	5,3
200	19,3	175,6	343,0	1,7	39,8	23,4	4,7
300	21,7	207,2	342,7	1,7	38,5	22,6	4,6
1500	12,4	128,3	244,8	1,7	30,5	17,0	4,5

Таблица 3.
Энергия прорастания и всхожесть семян гороха и овса на разных расстояниях от карьера

Вариант (число проростков)	Показатель	Единица измерения	Расстояние от горного карьера, м				НСР ₀₅
			100	200	300	1500*	
Горох	энергия прорастания	шт.	13,3	13,0	14,0	11,7	3,7
		%	66,5	64,8	70,3	58,3	
Горох	всхожесть	шт.	15,3	11,8	12,5	12,0	3,2
		%	76,7	58,8	62,5	60,0	
Овес	энергия прорастания	шт.	27,0	28,0	25,2	25,2	3,3
		%	89,8	93,3	84,0	83,9	
Овес	всхожесть	шт.	26,8	26,9	28,6	23,9	3,9
		%	89,3	89,7	95,3	79,7	

Примечание. * – расстояние до фоновой площадки; НСР₀₅ – наименьшая существенная разница.

тели. Интенсивные пылевые выбросы СаО подщелачивают торфяную почву (табл. 2).

О повышении содержания минеральной габбро-диабазальтовой пыли в торфяной почве сельскохозяйственных угодий может свидетельствовать максимальное значение зольности непосредственно около карьера по сравнению с пробными площадями, удаленными от него на 200 и 300 м.

На первой пробной площади (100 м) уровень рН изменяется от 4,5 до 6,5, второй (200) – от 4,2

до 5,6, третьей (300 м) – от 4,0 до 5,6. Слабокислая реакция торфяной почвы благоприятная для роста и развития большинства многолетних кормовых трав.

По результатам лабораторного исследования энергия прорастания семян *P. sativum* и *A. sativa* на 4...19 % выше в вариантах с загрязнением почв, чем в контроле (табл. 3). Аналогичная тенденция установлена и по всхожести семян, которая в вариантах загрязнения почв превышала фоновый показатель на 4...27 %.

Статистически значимых различий по энергии прорастания обеих тест-культур не выявлено (НСР₀₅=3,7), а по всхожести семян гороха отмечены различия между образцами, отобранными на расстоянии: 100 и 200 м от карьера, 100 и 1500 м (НСР₀₅=3,2). Отсутствуют достоверные различия по всхожести семян овса.

Масса зародышевых корней гороха на загрязненных и фоновых почвах больше ростков на 23...61 % (табл. 4). Усиленное формирование корневой системы в условиях загрязнения происходит из-за сокращения биомассы надземных органов и рассматривается, как вынужденная потребность организма увеличить поверхность корней и сохранить в надземной части растения нетоксичные концентрации загрязняющих веществ. [9, 12] В отличие от проростков гороха, линейные показатели корней овса на загрязненных почвах меньше длины стеблей на 12...27 %, а масса надземной части овса, наоборот, на 27...59 % больше корней.

При расчете индекса токсичности (ИТФ) выявлено, что более 58 % зародышевых корешков и ростков растений гороха, как по линейным показателям, так и по массе, испытывало стимулирующее воздействие (VI класс токсичности). Особенно проявилась реакция на расстоянии 100 м от карьера (81 % образцов), активизирующее влияние в 25 и 50 % отмечено на расстоянии 200 и 300 м, соответственно. Для роста и развития растений гороха наиболее благоприятны почвы близкие по реакции к нейтральным, с хорошей обеспеченностью гумусом, известью, фосфором, калием и марганцем. [2] Почвенные условия с высоким со-

Таблица 4.
Длина и масса корневой и надземной частей тест-культур на разных расстояниях от карьера

Расстояние от горного карьера, м	Горох				Овес			
	корни	ИТФ	стебли	ИТФ	корни	ИТФ	стебли	ИТФ
Длина, см								
Фон (контроль)	4,6±0,8	–	2,4±0,3	–	7,5±0,7	–	7,2±0,7	–
100	7,8±0,5*	С**	7,8±0,2*	С	7,2±0,7	Н	8,7±0,9	С
200	5,0±0,6	Н	3,1±0,2	С	6,7±0,6	НТ	8,9±0,6	С
300	5,9±0,7	С	2,0±0,3	НТ	9,2±0,2*	С	10,5±0,4*	С
НСР ₀₅		1,83		0,6		1,6		1,3
Масса, мг								
Фон (контроль)	101,4±14,5		81,3±5,4		66,1±8,7		64,5±10,0	
100	146,5±6,0*	С	118,7±5,0*	С	46,4±4,3*	СТ	75,7±7,9	С
200	118,6±13,5	С	73,6±7,7*	НТ	69,0±5,1	Н	94,5±5,5*	С
300	136,5±13,2*	С	92,9±3,4	С	60,8±3,9	Н	93,9±5,2*	С
НСР ₀₅		33,5		24,0		17,9		20,2

Примечание. * достоверное различие с фоновыми почвами; ** С – стимулирующее влияние; Н – норма; НТ – низкая токсичность; СТ – средняя токсичность.

держанием CaO и Mn (1,5...2 раза больше ПДК), слабокислой реакцией почвенной среды ($pH_{\text{сол}} = 5,3$), высокой обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и калия оказали стимулирующий эффект на ростовые показатели тест-культуры.

К IV классу (низкая токсичность) относится 21 % образцов растений гороха, остальные распределены равнозначно (по 12 %) по двум классам средней токсичности.

Наибольшее количество проростков овса (46 %) испытывают стимулирующее влияние, 33 % образцов принадлежат к классу нормы, а 17 и 4 % – низкой и средней токсичности. По сравнению с фоновой, на загрязненных площадках, отмечена стимуляция (длина, масса) вегетативной части растений на 20...46 %. Интенсивное ингибирующее воздействие на массу зародышевых корешков овса посевого отмечено на расстоянии 100 м от карьера.

Анализ тест-функций гороха и овса при оценке фитотоксичности почвы показал высокую вариабельность всех параметров. В целом в тестовой группе растений показатели длины и массы больше, чем в фоновой. При умеренной степени загрязнения и превышении макро- и микроэлементов в 1,5...2,0 раза больше ПДК происходит стимуляция ростовых показателей культуры.

Для большинства почвенных образцов по обоим объектам установлен VI класс фитотоксичности, для которого характерно стимулирующее воздействие. Пространственный градиент изменения анализируемых показателей гороха и овса по пробным площадям не обнаружен, что подтверждает ранее выявленный, одинаковый уровень аэротехногенного воздействия на почвенный покров в сложившихся условиях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие / Под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. – М.: «Академия», 2008. – 288 с.
2. Галаутина, Г.Г. Технология производства продукции растениеводства / Г.Г. Галаутина, М.Г. Объектов, В.Е. Долгодворов // Под ред. проф. Галаутиной Г.Г. – М.: Колос, 1995. – 448 с.
3. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнений. – М.: Стандартинформ, 2008.
4. ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – М.: Издательство стандартов, 1992.
5. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности. Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.
6. Добровольский, Г.В. Биодиагностика в экологической оценке почв и сопредельных сред / Г.В. Добровольский, В.А. Терехова, Ю.Ю. Дгебуадзе // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 365–367.
7. Дубина-Чехович, Е.В. Природные воды и почвы агроландшафта под воздействием аэротехногенного загрязнения / Е.В. Дубина-Чехович, О.Н. Бахмет, А.В. Мингалеев // Мелиорация и водное хозяйство. – № 1. – 2020. – С. 32–39.
8. Заболотских, В.В. Экспресс-диагностика токсичности почв, загрязненных нефтепродуктами / В.В. Заболотских, А.В. Васильев, С.Н. Танких // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Т. 14. – № 1(3). – 2012. – С. 734–738.
9. Ильина, В.Б. Тяжелые металлы – защитные возможности почв и растений – урожай / В.Б. Ильина, М.Д. Степановой // Химические элементы в системе почва-растение – урожай. – Новосибирск: Наука. – С. 73–92.
10. Пробоподготовка в экологическом анализе: практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Бином. Лаб. знаний, 2009. – с. 855.
11. Саэт, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М: Недра, 1990. – 335 с.
12. Шунелько, Е.В., Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования / Е.В. Шунелько, А.И. Федорова // Вестник Воронежского государственного университета. География. Геоэкология. – 2002. – № 1. – С. 93–104.

LIST OF SOURCES

1. Biologicheskij kontrol' okruzhayushchej sredy: bioindikaciya i biotestirovanie: ucheb. posobie / Pod red. O.P. Melekhovoj i E.I. Sarapul'cevoj. – M.: «Akademiya», 2008. – 288 s.
2. Galautina, G.G. Tekhnologiya proizvodstva produkcii rastenievodstva / G.G. Galautina, M.G. Ob'ektov, V.E. Dolgodvorov // Pod red. prof. Galautinoj G.G. – M.: Kolos, 1995. – 448 s.
3. GOST 17.4.1.02-83 Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikaciya himicheskix veshchestv dlya kontrolya zagryaznenij. – M.: Standartinform, 2008.
4. GOST 26207-91 Pochvy. Opredelenie podviznyh soedinenij fosfora i kaliya po metodu Kirsanova v modifikacii CINAO. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1992.
5. GOST 12038-84 Semena sel'skoxozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya zhiznesposobnosti. Sb. GOSTov. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2004.
6. Dobrovolskij, G.V. Biodiagnostika v ekologicheskoj ocenke pochv i sopredel'nyh sred / G.V. Dobrovolskij, V.A. Terekhova, Yu.Yu. Dgebuadze // Povolzhskij ekologicheskij zhurnal. – 2013. – № 4. – S. 365–367.
7. Dubina-Chekhovich, E.V. Prirodnye vody i pochvy agrolandschafta pod vozdejstviem aerotekhnogennogo zagryazneniya / E.V. Dubina-Chekhovich, O.N. Bahmet, A.V. Mingaleev // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – № 1. – 2020. – S. 32–39.
8. Zabolotskih, V.V. Ekspress-diagnostika toksichnosti pochv, zagryaznennyh nefteproduktami / V.V. Zabolotskih, A.V. Vasil'ev, S.N. Tankih // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – T. 14. – № 1(3). – 2012. – S. 734–738.
9. Il'ina, V.B. Tyazhelye metally – zashchitnye vozmozhnosti pochv i rastenij – urozhaj / V.B. Il'ina, M.D. Stepanovoj // Himicheskie elementy v sisteme pochva-rastenie – urozhaj. – Novosibirsk: Nauka. – S. 73–92.
10. Probopodgotovka v ekologicheskom analize: prakticheskoe rukovodstvo / Yu.S. Drugov, A.A. Rodin. – 3-e izd., dop. i pererab. – M.: Binom. Lab. znaniy, 2009. – s. 855.
11. Saet, Yu.E. Geohimiya okruzhayushchej sredy / Yu.E. Saet, B.A. Revich, E.P. Yanin i dr. – M: Nedra, 1990. – 335 s.
12. Shunel'ko, E.V., Ekologicheskaya ocenka gorodskih pochv i vyyavlenie urovnya toksichnosti tyazhelyh metallov metodom biotestirovaniya / E.V. Shunel'ko, A.I. Fedorova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geoekologiya. – 2002. – № 1. – S. 93–104.