

ISSN 2500-2082

Номер 4

Июль–Август 2023

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



$$Z_m^T(y, h) = P_m W(X_m(y, h))$$

$$F = -D \frac{dc}{dx} \approx -D \frac{c_2 - c_1}{l}$$

$$P = (m/n) \cdot x \cdot 100\%$$

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№ 4 ————— Июль-Август ————— 2023
July-August

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

© Российская академия наук, 2023
© «Вестник российской сельскохозяйственной науки», 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик РАН Н.К. Долгушкин

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
академики РАН

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

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

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР – С.Л. Сенина

Журнал в виде отдельной базы данных Russian Science Citation Index (RSCI) размещен на платформе Web of Science. Зарегистрирован в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) и в Международной информационной системе Agris, а также включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук, отнесен к первой категории (K1) журналов.

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

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 32 А,
Отделение сельскохозяйственных наук РАН, оф. 1023
Тел.: 8 (495) 938-17-51, 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 N.K. Dolgushkin

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), **Ivanov A.L.** (Soil Institute named after V. V. Dokuchayev), **Izmajlov A.Ju.** (Federal Scientific Agroengineering center RAS), **Karakotov S.D.** (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), **Kashevarov N.I.** (Siberian Federal Scientific center of Agrobiotechnology of RAS), **Kulik K.N.** (Federal Scientific center of Agroecology RAS), **J.D. van Mansvelt** (Netherlands), **Petrov A.N.** (All-Russian Research Institute of Canning Technology), **Popov V.D.** (Institute of Agroengineering and environmental problems of agricultural production), **Savchenko I.V.** (All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants), **Sinegovskaya V.T.** (All-Russian Research Institute of Soy), **Fisinin V.I.** (Federal Scientific Center “VNITIP” RAS), **Yakushev V.P.** (Agrophysical Research Institute)
Corresponding member of the RAS

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

EXECUTIVE EDITOR – S.L. Senina

The journal to a separate database of RSCI posted on the Web of Science platform. Registered in the Russian science citation index (RSCI) and the International information system Agris. It is Included into the list of the Russian Federation HAC editions recommended for the publication of works of candidates and doctoral students, and is classified in the first category (K1) of journals.

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

Address: 119334, Moscow, Leninsky prospekt, 32 A,
Department of Agricultural Sciences of the RAS, of. 1023
Tel.: +7 (495) 938 17-51, +7 (916) 504-79-50
E-mail: vrsn@vestnik-rsn.ru
Website: www.vestnik-rsn.ru

Содержание / Contents

● РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ / CROP PRODUCTION AND SELECTION

- 4** Рахаев Х.М., Баккуев Э.С., Энеева М.Н. и др. / *Rakhaev Kh.M., Bakkuev E.S., Eneeva M.N. et al.*
Ареал и поведение центра зернового подкомплекса России в 2000–2020 годах / Range and behavior of the Russian grain subcomplex center in 2000–2020
- 10** Баматов И.М. / *Vamatov I.M.*
Использование полимеров в организации новых систем питания растений / Polymers usage in new plant nutrition system organization
- 15** Левакова О.В., Жаркова Е.Д. / *Levakova O.V., Zharkova E.D.*
Связь структурных показателей озимой пшеницы с зерновой продуктивностью под влиянием контрастных метеорологических условий Центрального региона / Correlation of structural indicators of winter wheat with grain productivity influenced by contrasting meteorological conditions in the Central Region
- 20** Маржохова М.Х., Кашуков М.В. / *Marzhokhova M.Kh., Kashukoev M.V.*
Изучение азотфиксирующей активности растений сои при фолитарной обработке минеральными удобрениями / Investigation of nitrogen fixation activity soybeans plants by mineral fertilizers foliar treatment
- 25** Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Кашуков М.В. и др. / *Khanieva I.M., Boziev A.L., Kashukoev M.V. et al.*
Влияние отечественных жидких органоминеральных удобрений на урожайность и качественные показатели гибридов подсолнечника / Influence of domestic liquid organic and mineral fertilizers on yield and quality indicators of sunflower hybrids
- 29** Чуян Н.А., Брескина Г.М. / *Chuyan N.A., Breskina G.M.*
Оценка фитосанитарного состояния сельскохозяйственных посевов с использованием агробиотехнологии / Assessment of the phytosanitary state of agricultural seedings using agrobiotechnology
- 36** Бабаева М.А., Осипова С.В. / *Babaeva M.A., Osipova S.V.*
Трансформация почвенно-растительного покрова пастбищ со светло-каштановыми почвами в песчаные ландшафты Кочубейской биосферной станции / Transformation of soil and plant pastures cover of light chestnut soils in to sandy soils of Kochubey biosphere station
- 41** Джалалова М.И. / *Dzhalalova M.I.*
Динамика продуктивности степных ландшафтов предгорного Дагестана / Productivity dynamics of steppe landscapes of piedmont Dagestan
- 44** Овэс Е.В., Карданова И.С., Егдзаева К.Т., Гаитова Н.А. / *Oves E.V., Kardanova I.S., Etdzaeva K.T., Gaitova N.A.*
Применение различных схем посадки для выращивания мини-клубней картофеля в условиях Республики Северная Осетия-Алания / Usage of different planting schemes for mini-tubers potato growing under North Ossetia-Alania Republic conditions
- 50** Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В. / *Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V.*
Сорта яблони селекции ВНИИСПК в производстве / Apple trees varieties of VNIISPK selection in production
- 55** Петруша Е.Н., Русакова Е.А. / *Petrusha E.N., Rusakova E.A.*
Изучение элитных форм жимолости камчатской (*Lonicera kamtschatika*) для создания сорта с высоким уровнем хозяйственно ценных признаков / Study of elite forms of Kamchatka honeysuckle (*LONICERA KAMTSCHATIKA*) to create a variety with a high level of economically valuable traits
- 59** Смирнова Ю.Д., Фомичева Н.В., Кашкова А.А. / *Smirnova Yu.D., Fomicheva N.V., Kashkova A.A.*
Применение кремне-гуминовых препаратов при возделывании картофеля / The usage of silicon-humic preparations in the potato cultivation

- 63** Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Петров К.В. и др. / *Sviridenko D.G., Arysheva S.P., Petrov K.V. et al.*
Эффективность новых агромелиорантов при возделывании ячменя в условиях радиоактивного загрязнения почв /
Effectiveness of new agromeliorations under barley cultivation in radionuclide soil contamination

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ/ FARMING

- 68** Замятин С.А., Максимова Р.Б. / *Zamyatin S.A., Maksimova R.B.*
Влияние минеральных удобрений на почвенную микрофлору / Influence of mineral fertilizer on soil microflora

- 72** Дудкин И.В., Жиляков Д.И., Долгополова Н.В., Малышева Е.В. / *Dudkin I.V., Zhilyakov D.I., Dolgopolova N.V., Malyasheva E.V.*
Экологические проблемы почвоведения и земледелия / Ecological problems of soil science and farming

● ЗООТЕХНИЯ / ZOOTECHNICS

- 78** Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И. / *Gontov M.E., Koltsov D.N., Dmitrieva V.I.*
Объективный способ сохранения генов отечественных малочисленных пород скота / An objective way to preserve the genes of domestic small in number cattle breeds

- 82** Рязанцева К.В., Сизова Е.А., Нечитайло К.С. / *Ryazantseva K.V., Sizova E.A., Nechitaylo K.S.*
Продуктивность, метаболиты липидного обмена сыворотки крови и химический состав печени цыплят-бройлеров при скормливании эмульгаторов / Productivity, metabolites of blood serum lipid metabolism and chemical composition of the broiler chicken liver on the background of feeding emulsifiers

- 86** Оздемиров А.А., Акаева Р.А., Алиева Е.М. и др. / *Ozdemirov A.A., Akaeva R.A., Alieva E.M. et al.*
Анализ аллельных вариантов в генах, ассоциируемых с мясной продуктивностью у районированных пород мелко-го рогатого скота / Analysis of allelic variants in genes associated with meat productivity in regionalized small cattle breeds

- 90** Черкашина А.Г. / *Cherkashina A.G.*
Янтарная кислота в соболеводстве Республики Саха (Якутия) / Succinic acid in sable breeding of the Republic of Sakha (Yakutia)

- 93** Прожерин В.П., Селькова И.В. / *Prozherin V.P., Selkova I.V.*
Генетические аспекты в работе с *холмогорской* породой крупного рогатого скота в Архангельской области / Genetic aspects in working with the *Kholmogory* cattle breed in the Arkhangelsk region

● ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ / PROCESSES AND MACHINES OF AGROENGINEER SYSTEMS

- 101** Лачуга Ю.Ф., Зеников В.И. / *Lachuga Yu.F. Zenilov V.I.*
Новое направление в производстве органических удобрений / New direction in organic fertilizer production

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 05.08.2023. Дата выхода в свет 15.08.2023. Формат 60×88 1/8.
Усл. печ. л. 12,71. Уч.-изд. л. 13. Заказ № 22. Тираж 200 экз., в том числе 21 экз. бесплатно.

Учредитель: Российская академия наук

Издатель: Российская академия наук, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 14
Исполнитель по госконтракту № 4У-ЭА-130-22 ООО "Объединенная редакция",
109028, г. Москва, Подкопаевский пер., д. 5, каб. 6

Отпечатано ИП Ерхова И.М.

125267, Москва, Ленинградский пр-т, 47, тел. 8 495 799-48-85

АРЕАЛ И ПОВЕДЕНИЕ ЦЕНТРА ЗЕРНОВОГО ПОДКОМПЛЕКСА РОССИИ В 2000–2020 ГОДАХ

Хадис Магомедович Рахаев, доктор экономических наук, профессор
Эльдар Сафарович Баккуев, доктор экономических наук, профессор
Мадина Николаевна Энеева, доктор экономических наук, доцент
Тахир Хаятович Тогузаев, доктор экономических наук, доцент
Залина Муаедовна Иванова, кандидат экономических наук, доцент
Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия
E-mail: r3bizengin@mail.ru

Аннотация. В 2000-е годы в стране была сформирована новая модель аграрной экономики, в которой органически интегрированы крупные аграрные холдинги, коллективные и частные крестьянские-фермерские хозяйства, объединенные государственной поддержкой и регулированием. Эта модель проявила себя в функционировании зернового подкомплекса (росте посевных площадей и урожайности зерновых культур, повышении плодородия почв, формировании новых логистических и коммуникационных коридоров, цепочек ценностей), обеспечив лидирующее положение среди зернопроизводящих стран, сделав данный подкомплекс импортнезависимым. Как любой сельскохозяйственный объект, зерновой подкомплекс носит пространственный характер. При этом он отличается неоднородностью и нестатичностью: зоны высокой и низкой активности постоянно меняются, смещаются их ареалы, оказывая влияние на общую динамику всего подкомплекса. Цель работы – определить местоположение центра зернового подкомплекса России и рассчитать влияние его изменений на динамику валового сбора зерна. Методы – центрографический, корреляционный, графический, а также дескриптивный. Внесено уточнение в существующую методологию влияния географического фактора на динамику сельского хозяйства, в которую введено понятие географический центр. Методологическая новация апробирована на примере зернового подкомплекса России. Определен ареал зернового клина страны, рассчитан его географический центр, выявлены смещения по времени (направления – север-юг и восток-запад), проведена квантификация изменений центра посевных площадей зерновых культур на валовом сборе зерна. Установлено, что смещение центра посевных площадей в юго-западном направлении дает больший прирост валового сбора зерна, чем в северо-восточном. Выявлены причины и характер (цикличность) этих приростов (толчки), что в совокупности позволит осуществлять регулирование направлений развития комплекса с наибольшей эффективностью.

Ключевые слова: зерновой подкомплекс, центр зернопроизводства, центр посевных площадей зерновых культур, юго-западное и северо-восточное смещение, корреляция

RANGE AND BEHAVIOR OF THE RUSSIAN GRAIN SUBCOMPLEX CENTER IN 2000–2020

Kh.M. Rakhaev, *Grand PhD in Economic Sciences, Professor*
E.S. Bakkuiev, *Grand PhD in Economic Sciences, Professor*
M.N. Eneeva, *Grand PhD in Economic Sciences, Associate Professor*
T.Kh. Toguzayev, *Grand PhD in Economic Sciences, Associate Professor*
Z.M. Ivanova, *PhD in Economic Sciences, Associate Professor*

Kabardino-Balkar State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
E-mail: r3bizengin@mail.ru

Abstract. In the 2000s, a new model of the agrarian economy was formed in the country, in which large agricultural holdings, collective and private peasant farms were organically integrated, united by powerful state support and state regulation. This model has manifested itself to the greatest extent in the functioning of the grain subcomplex: the growth of acreage and yield of grain crops, increasing soil fertility, the formation of new logistics and communication corridors, value chains, ultimately providing the country with a leading position among grain-producing countries, making this subcomplex import-independent. Like any agricultural object, the grain subcomplex has a spatial character. At the same time, its space is heterogeneous and not static; the zones of high and low activity are constantly changing, their areas are shifting, affecting the overall dynamics of the entire subcomplex. The goal – determine the location of the center of the grain subcomplex of Russia and calculate the impact of its changes on the dynamics of gross grain harvest. Methods – centrographic, correlation, graphical, as well as descriptive. Scientific novelty – clarification has been made to the existing methodology of the influence of the geographical factor on the dynamics of agriculture, in which the concept of geographical center has been introduced. The methodological innovation is tested on the example of the grain subcomplex of Russia. Results – the area of the grain wedge of the country was determined, its geographical center was calculated, its time shifts in the north-south and east-west directions were revealed, the changes in the center of the sown areas of grain crops on the gross grain harvest were quantified, it was revealed that the shift of the center of the sown areas in the south-west direction gives a greater increase in the gross grain harvest, than in the north-east, the causes and nature (cyclicality) of these increases (shocks) have been clarified, which together will allow for the regulation of the directions of development of the complex in the direction of the greatest efficiency.

Keywords: grain subcomplex, center of grain production, center of sown areas of grain crops, south-western and north-eastern displacement, correlation

В сельском хозяйстве страны одна из важнейших подотраслей – зернопроизводство, которое последние годы показывает положительную динамику. Причина, на наш взгляд, в том, что в 2000-е годы был сформирован конкурентоспособный подкомплекс с оригинальной моделью, содержащей крупные агропродуктовые холдинги, с которыми интегрированы в единой производственно-технологической цепочке коллективные и частные крестьянские-фермерские хозяйства, при активном участии государства. Роль подотрасли выросла кратно в нынешних условиях санкций. В отличие от других подотраслей зернопроизводство менее зависит от импорта. Уровень импортнезависимости имеет наивысший показатель не только в семенах, но и технике, удобрениях и технологиях хранения, переработке и транспортировке. Темпы сбора зерна за последние три года впечатляют, но не стоит забывать рекордный 2017 год с его 135,5 млн т и 2018 провальный (спад составил почти 17%). Неустойчивость динамики наблюдалась и прежде. Провалы характерны для многих регионов страны. Причины изменяющейся динамики валовых сборов зерна кроются в технологическом и техническом элементах, а также природно-климатических и погодных условиях, логистике, транспортных коммуникациях, государственной поддержке и другом. В исследованиях отечественных ученых им уделяется большое внимание как с точки зрения выявления, так и организации. При этом в каждой работе акцент делается на «свой» фактор: техническое и технологическое оснащение зернопроизводящего процесса; климатические, погодные условия, техника и технология сбора; транспортировка и хранение зерна и многие другие технико-технологического, организационного и институционального характера. Агрегируя результаты частных факторов в единый (общий), обнаруживается расхождение фактического значения с расчетными. Неудовлетворенность таким результатом обязывает искать другие факторы, инструменты и методы расчета. Среди имеющихся инструментов заслуживает внимания центрографический метод. Причина обращения к нему (и направлению исследования в целом) связана с тем, что сельское хозяйство (зерновой подкомплекс) – пространственный объект. В сельском хозяйстве пространство понимается не как географическая плоскость, на которой производят продукцию, а как комплекс всего разнообразия климатических, погодных, атмосферных, литосферных, ландшафтных, рельефных и прочих неантропогенных факторов, но и антропогенных, связанных с техническими и технологическими объектами, органически входящими в географию сельского хозяйства. Динамика пространства часто независима от антропогенных факторов (техника, технологии и другое) из-за того, что существует большое число специфических трофических связей между признаками пространства, которые не поддаются их влиянию. Нами предпринята попытка рассчитать центры валовых сборов зерна и посевных площадей зерновых культур, оценить влияние смещений их в широтном и долготном направлениях на динамику.

Цель работы – определить местоположение центра зернового подкомплекса России и рассчитать влияние его изменений на динамику валового сбора зерна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологическая база положения о центрографическом методе исследования динамики развития национального хозяйства и его отраслей представлена в работах авторов прошлого [6, 10, 11] и нынешнего [7, 8, 12, 13, 15] века. На основе теоретических и методологических положений были адаптированы предмет и объект изучения. Впервые расчет и оценка поведения центра проведена на примере одной из подотраслей национального сельского хозяйства. Прежде такие работы в стране и за рубежом не проводили.

Предложены новые методики, связанные с калибровкой и выбраковкой объекта исследования.

1. Убраны территории, на которых не ведется земледельческая деятельность. Для этого использовали критерий наличия субъекта земель сельскохозяйственного назначения или сельскохозяйственных угодий. Таких территорий в России не оказалось. Даже в Москве площадь земель сельскохозяйственного назначения составляла в 2010 году 1,4 тыс. га, 2020 – 46,8 тыс. га, что больше, чем в Санкт-Петербурге, Севастополе и во всей Чукотке. [9]

2. К расчетам были допущены лишь те субъекты, доля сельскохозяйственных угодий в общей площади, которых была не ниже 30%. Число регионов, удовлетворяющих данному условию на 2020 год – 35.

3. Учтены регионы, в которых доля посевных площадей под зерновыми и зернобобовыми культурами не ниже 20% (пятая часть) общей площади сельскохозяйственных угодий. На основании предложенных критериев был сформирован пул регионов, определяющий основные тренды в развитии зернового хозяйства страны, и с которым продолжились дальнейшие расчеты по определению центра для выращивания зерна. Это регионы: Алтайский (доля посевной площади под зерновыми культурами в общей площади сельхозугодий в среднем за 2000–2020 годы – свыше 30%), Краснодарский (около 50) и Ставропольский (около 40) края; Белгородская (около 35), Волгоградская (свыше 20), Воронежская (свыше 35), Курганская (около 25), Курская (около 40), Липецкая (около 40), Омская (около 30), Оренбургская (свыше 25), Орловская (свыше 40), Пензенская (около 25), Ростовская (около 40), Рязанская (свыше 20), Самарская (свыше 25), Саратовская (свыше 25), Тамбовская (свыше 35), Тульская (около 30), Ульяновская (свыше 25), Челябинская (свыше 25) области; Республики – Адыгея (свыше 35), Башкортостан (около 25), Кабардино-Балкарская (около 30), Мордовия (свыше 25), Северная Осетия – Алания (свыше 30), Татарстан (около 35), Удмуртская (свыше 20), Чувашская (свыше 25%). Их посевная площадь под зерновыми культурами в среднем за 2000–2020 годы – 35,8 млн га, что составляет 80% общей посевной площади под зерновыми культурами страны. Общая площадь территории указанных субъектов в общей площади России – 10,3%. Объем производимого ими зерна

в 2000 году – 50,8 млн т (77,8% общероссийского объема), 2005 – 64,2 (82,5), 2010 – 48,2 (79,0), 2015 – 87,1 (83,2), 2020 – 111,7 млн т (83,7), а в среднем за указанный период почти 82%.

4. Проведено двойное картографирование. Были наложены друг на друга две карты: одна выражает географию посевных площадей зерновых и зернобобовых культур, другая – географию валового сбора зерна с окраской объема сбора (рис. 1, 2, 4-я стр. обл.).

Для исследования использовали научные аналитические (индексный, графический, корреляционного и вариационного исчисления и другое) и дескриптивные (сопоставления, логической непротиворечивости) методы. Статистические материалы адаптированы к работе на ПК в типовых программах Microsoft Office Excel 2007 и других. Полученные результаты проверяли на степень корректности согласно научным критериям верификации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выявлен ареал зернового клина России, в который вошли 29 субъектов с посевной площадью зерновых культур в среднем за 2000–2020 годы – 36,552 млн га. Географически он расположен между 56,5 (верхняя граница – Удмуртская Республика) и 43,01 (нижняя – Республика Северная Осетия-Алания) градусами северной широты, с севера на юг растянулся почти на 14 градусов, что составляет почти 1,5 тыс. км, 83,46 (восточная граница – Алтайский край) и 36,06 (западная – Орловская область) градусами восточной долготы, с запада на восток пояс занимает почти 47 градусов (более чем 3,3 тыс. км).

В целом по стране значение коэффициента корреляции за 2000–2020 годы – 0,858, по зерновому клину – 0,945.

В 2000 году центр располагался в Саратовской области, в 2005 сместился на 18 мин. южнее и на 7 мин. западнее к границе Саратовской и Волгоградской областей. В 2010 году центр сдвигается еще на 6 мин. на юг и 35 мин. на запад. В 2015 смещение на юг уже на 14 мин., запад – 12 мин. В 2020 – на юг 3 мин., запад – 63 мин. Общий градиент смещения на юг за двадцать лет – 43 мин., запад – 117 мин.

Расчислили корреляцию между смещениями центра зернопроизводства и валовым сбором зерна. Между валовым сбором зерна и широтами коэффициент корреляции – 0,341, а долготами – 0,530, что может быть интерпретировано как то, что общий градиент расширения зернового клина на север оказывает позитивный импульс на динамику валовых сборов зерна, тогда как аналогичный индикатор в западное направление имеет отрицательное влияние, более сильный, чем предыдущий.

Провели сопоставление динамики двух центров – валового сбора (аналог производства) зерна и посевных площадей зерновых культур, которое позволяет отметить, что, во-первых, общий вектор у обоих центров идентичен, хотя с разным значением – у валового сбора общее смещение центра с севера на юг – 21 мин., у посевных площадей – 43 мин., а смещение на запад у центра валовых сборов зерна – 4 градуса 2 мин., тогда как у центра

посевных площадей – 1 градус 57 мин. Во-вторых, по посевным площадям центр устойчиво смещается на юг и запад, причем на юг более ускорено, центр валового сбора проявлял изменчивость в направлении и темпах: в 2000–2010 годах – ускорение, которое в 2010–2015 годах обрывается на обратное направление, продолжающееся также и в 2015–2020 годах, но уже с замедлением в четыре раза.

Благодаря созданной в 2000-е годы новой экономической модели, в которой органически интегрированы крупные агропродовольственные холдинги, коллективные и частные крестьянские-фермерские хозяйства при государственной поддержке и регулировании, в стране был сформирован мощный зерновой подкомплекс, обеспечивший в 2022 году рекордное производство зерна. Россия становится мировой зерновой державой, определяющей основные средне- и долгосрочные тренды в развитии мировой продовольственной системы. [2, 5] Признания сформировавшегося зернового подкомплекса: устойчивое, не зависящее от сезонности и от конъюнктуры производство зерновых культур, обеспечение независимости производственных процессов от посадочного материала (семена), удобрений, воды и до транспортировки и хранения, создание, находящихся в национальной юрисдикции логистики и транспортных коммуникаций, влияние на формирование внешних (мировые и региональные) цен, независимость в установлении внутренних цен и другое.

Зерновой подкомплекс страны – это совокупность региональных зерновых подкомплексов, объединенных единством общегосударственных национальных целей и задач. [1–3] Для него характерно наличие единого воспроизводственного контура, осуществляющего обмен и потребление ресурсов: материальные (почва, вода, минеральные и органические удобрения, техника и прочее), трудовые (рабочая сила), институциональные технологии. [2, 5] Он пространственный, географический представляет собой совокупность природно-климатических, погодных и прочих условий. [1, 2] Поэтому при слабом элиминировании наблюдается цикличность в развитии сельского хозяйства, комплектирующая цикличность природно-климатических и погодных условий. Влияние географического фактора на сельское хозяйство может быть с положительным и отрицательным знаком. Речь идет об адаптации сельского хозяйства к внешним природно-климатическим условиям и игнорировании их. Для пространственности подкомплекса характерны неравномерность, наличие зон высокой концентрации с зонами низкой, а также ядра и периферии, между которыми идет постоянный обмен ресурсами. С другой стороны, сами географические (пространственные) контуры подкомплекса изменяются, не только расширяются, но и сжимаются. При этом важно оценить пульсирующий или мигрирующий характер активности тех или иных зон и областей подкомплекса в пространстве, так как от них зависит общая и частная динамика основных параметров зернового подкомплекса страны и входящих в него регионов. Важность данной задачи заключается в объективном характере географии подкомплекса, а также пульсирующего характера его

зон, что связано с глобальными климатическими, погодными условиями.

В соответствии с предложенными методическими положениями была рассчитана площадь зернового клина России за 2000–2020 годы, которая составляла в 2000 – 34,219 млн га, 2020 – 38,641 млн га. Прирост зернового клина в 2020 году по сравнению с 2000 – 4,422 млн га (112,9%, среднегодовой – 100,6%). Среднее значение зернового клина России за 2000–2020 годы – 36,552 млн га, коэффициент вариации – 1,29%. Доля зернового клина в общей посевной площади зерновых культур в среднем – 80,2%. При общем приросте площади клина, внутри него в разрезе регионов наблюдается снижение. В Алтайском крае и Курганской области посевная площадь зерновых культур в 2020 году оказалась ниже, чем в 2000 почти на 4%, в Оренбургской – более чем на 12%, Республике Башкортостан и Саратовской области – 10%, Самарской – более 6%, в Удмуртии – 40%. Снижение, хотя и менее процента наблюдается в Чувашии и Ульяновской области. Таким образом, общий недобор по указанным регионам составляет 1,346 млн га (3,5% посевной площади зерновых культур). Но был и прирост. Наибольший – в Ростовской, Тамбовской, Воронежской, Липецкой областях, РСО-Алания, Адыгее (163...145%), самый низкий – в Татарстане, Пензенской области, Мордовии (чуть более 100%). Общий прирост – 5,561 млн га (14,4% посевной площади зерновых 2020 года). Эти приросты и сокращения посевного клина, имевшие место внутри периода, формировали архитектуру географического ареала зернового клина страны и определяли общую динамику валовых сборов зерновых и зернобобовых культур. Корреляция между посевной площадью и валовым сбором зерновых культур по стране составляла в исследуемый период 0,858, а по зерновому клину – 0,945. Последнее указывает на значимость пространственного фактора (географическое место-

положение) по влиянию на динамику валовых сборов зерна и требует более глубокого исследования.

С помощью центрографического метода были рассчитаны центры посевной площади и валового сбора зерновых культур (см. таблицу).

В среднем за двадцать лет (2000–2020) центр зернопроизводства России располагался на северо-востоке Волгоградской области в районе г. Камышин. Но за обозначенный период наблюдается его миграция в южном и западном направлениях. Если в 2000 году он был на территории Саратовской области, то в 2005 – на границе Волгоградской области. Смещение на юг составило почти 1 градус, запад – 1,3 градуса. За этот период производство зерна в зерновом клине страны выросло на 126,1%. В 2010 году центр зернопроизводства страны находился на территории Волгоградской области. По сравнению с 2005 произошло его смещение на юг почти на полтора градуса (по сравнению с 2000 годом почти на два с половиной), но с креном на 5 мин. восточнее. Валовой объем зерна упал почти на четверть по сравнению с 2005 годом, объем производства зерна снизился почти во всех субъектах зернового клина России (исключение: Алтайский, Ставропольский и Краснодарский края, Кабардино-Балкария, Адыгея, РСО-Алания, Ростовская и Тульская области). Резкий обвал произошел в Белгородской, Волгоградской, Воронежской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской, Челябинской областях, Башкортостане, Мордовии, Татарстане, Чувашии. В 2015 году зерновой центр сместился на север на полтора градуса и почти настолько же на запад, расположился на территории Волгоградской области. Объем валового сбора зерна вырос более чем на 180% по сравнению с 2010 годом. Положительную динамику обеспечили Белгородская, Воронежская, Волгоградская, Курская, Курганская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская, Челябинская

Координаты центра валового сбора зерна и его сопоставление с центром посевных площадей зерновых культур, 2000–2020 годы

Показатель		2000	2005	2010	2015	2020	Среднее/суммарное	Дисперсия	Темпы роста (2020 к 2000), %	Среднегодовые темпы роста
Темпы роста валового сбора зерна (в весе после доработки в хозяйствах всех категорий), %	Всего по России	100,0	119,0	78,4	171,6	127,5	119,3	1212,9	204,1	103,6
	В том числе по выборочной совокупности регионов	100,0	126,1	75,1	180,9	128,2	127,6	1866,4	219,6	104,0
Валовой сбор зерна (в весе после доработки) в хозяйствах всех категорий, тыс. т	Северная широта, о'	51,26	50,37	49,08	50,38	51,05	50,2	0,7		
	Изменение, +, –		-0,49	-1,29	1,30	0,27	-0,21	1,2		
	Восточная долгота (по Гринвичу), о'	49,05	47,30	47,35	46,09	45,03	46,4	1,2		
	Изменение, +, –		-1,35	0,05	-1,26	-1,06	-4,02	0,4		
Темпы изменения посевной площади зерновых и зернобобовых культур, %	Всего по России	100	95,6	99,1	107,9	102,8	101,1	21,0	105,1	100,2
	В том числе по исследуемой группе регионов	100	99,7	101,4	108,3	103,0	102,5	13,9	112,9	100,6
Посевные площади зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах всех категорий, тыс. га	Северная широта, о'	52,12	51,53	51,47	51,33	51,29	51,47	0,03	98,1	125,8
	Изменение, +, –		-0,19	-0,06	-0,14	-0,04	-0,43	0,005		
	Восточная долгота (по Гринвичу), о'	52,08	52,01	51,26	51,14	50,11	51,09	0,639	94,9	125,6
	Изменение, +, –		-0,07	-0,35	-0,12	-1,03	-1,57	0,196		

Примечание. Таблица рассчитана по данным: Сельское хозяйство в России. Стат.сб./Росстат, Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. Стат.сб./Росстат, Регионы России. Социально-экономические показатели. Стат. сб./Росстат за соответствующие годы.

области, которые нарастили объемы почти в два раза, а Башкортостан, Татарстан, Чувашия, а также Тамбовская область в три и более раза по сравнению с 2010. В других зерноводческих субъектах России также наблюдали рост, Алтайский край продемонстрировал спад. В 2020 году прирост валового сбора зерна в России составил 128,2%. Положительную динамику показали все зернопроизводящие регионы (наивысший у Саратовской области – более чем в два раза), за исключением Краснодарского и Ставропольского краев, Курганской, Омской и Челябинской областей. Центр зернопроизводства остается на территории Волгоградской области, но смещается на север почти на полградуса, запад – более чем на градус.

Расчеты показали, что, во-первых, среднегодовое значение координат центров посевной площади и валовых сборов зерновых не совпадают. Если относительно координаты широты различия составляют 1 градус 45 мин. в «пользу» северного размещения среднего центра посевных площадей, то по долготе центр посевных площадей почти на 4,5 градуса оказывается восточнее центра валовых сборов зерна. Это расхождение при очень высокой корреляции между параметрами площади и валовых сборов вызывает дополнительный интерес. Во-вторых, наблюдается общая тенденция смещения центра к югу и западу у обоих параметров, хотя и с разной скоростью и устойчивостью. За 2000–2020 годы центр посевных площадей сместился на юг на 43 мин. (тенденция устойчивая, но неравномерная внутри периода: ускоренно за 2000–2005 и 2010–2015 годы, замедляется в 2005–2010 и 2015–2020), на запад почти на два градуса (тенденция устойчивая, с разными темпами: максимум 2015–2020 и 2005–2010 годы, по динамике смещение на запад происходило в противофазу смещению на юг). Общее смещение валовых сборов на 21 мин. южнее (тенденция меняется: нарастает вначале периода, достигая максимума в 2005–2010 годах – 89 мин., но за 2010–2015 резко (на 90 мин.) смещается на север, которое хотя и с замедлением до 27 мин. сохраняется в 2015–2020 годах). В-третьих, между собой широтные и долготные координаты обоих параметров коррелировали неодинаково, но тождественно. Северные широты коррелировали со значением коэффициента корреляции +0,379, долготы – +0,889. По долготе оба параметра коррелировали сильнее более чем в два раза, чем по широте. У посевной площади значение коэффициента корреляции – 0,728, у валовых сборов – 0,01. Значит, если у посевных площадей она значима, то у показателя валовых сборов ничтожна. Полагаем, что отмеченная разнотемпная динамика в параметрах координат определяет различия в пропорциях динамики валовых сборов и посевных площадей зерновых культур.

Выводы. Сельскохозяйственное производство размещается по стране неравномерно как в широтном, так и в долготном измерении. На востоке два своеобразных «острова» – Алтайский край и Омская область, которые не связаны между собой и с общим клином, но при этом имеют высокий удельный вес посевных площадей зерновых культур в общей площади сельхозугодий (свыше 30%). Чем

дальше на запад, тем больше наблюдается крен на юг и расширение своеобразного пространственного клина, увеличение зернового клина России. На юго-западе и востоке высокий удельный вес посевных площадей зерновых культур в общей площади сельхозугодий (свыше 30%, а в Краснодарском крае более 50%). В обоих направлениях (север-юг и запад-восток) развивается зерновое производство, но территории не выдерживают конкуренции с участками зернового клина. Возможно, такая ситуация носит временный характер. По мере развития технологий, сортов, изменения погодных, климатических условий можно ожидать расширения зернового клина на север и восток, а также сжатия его в традиционных координатах.

Практика 2000-х годов показала, что Россия – зерновая держава мира. [1, 2, 5] Но при этом у зернового подкомплекса страны имеются огромные потенциальные возможности, которые могут обеспечить устойчивое преимущество на мировом рынке. Как показали расчеты у 29 регионов России, сформировавших «зерновой клин», лишь 10% общей территории страны и не более сельхозугодий, и только 80% общей посевной площади зерновых культур. Расширение зернового клина на запад (в том числе «новыми историческими территориями» и при более активном включении регионов Центральной России, Юга, Северного Кавказа, Поволжья и Урала), север, восток, замыкание, образовавшихся «перемычек» на востоке, (между Алтайским краем и Омской областью, где достаточные условия имеются в Новосибирской и Свердловской областях) и западе (Центральная Россия – южнее Москвы, Подмосковье) позволит увеличить даже в нынешних условиях валовой сбор зерна.

Основные коммуникации и логистика были сформированы с учетом западного направления. Поэтому порты на Азовском, Черном, Каспийском (юго-запад) морях и на Балтике были определяющими в вывозе и ввозе зерновой продукции. С указанной транспортной коммуникацией формировалась вся зерновая логистика России (система страхования, фрахта и другое). В настоящее время зерновой клин «вытягивается» в северо-восточном направлении с акцентом на Тихоокеанские коммуникации. Необходимо развивать «восточную» логистику, связанную с работой на восточно-азиатских рынках. Для зернового подкомплекса как и в целом для национального сельского хозяйства решение данной проблемы будет легче и эффективнее, если его соединить с оборонным, ресурсным, технологическим и другими комплексами и их продукцией. [4, 14]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктового подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 146–152.
2. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 10 августа 2019 г. № 1796-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGF1cXEQ142yAx.pdf> (дата обращения 10.12.2022).

3. Карпенко Г.Г., Антонцев А.А. Основные тенденции развития производства и рынка зерновых культур в России и мировом пространстве // Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск № 69. Август 2018. Электронный ресурс: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2018/vipusk__69._avgust_2018_g./kommunikazionnii_menedjment_i_strategiticheskaja_kommunikazija_v_gosudarstvennom_upravlenii/karpenko_antontsev.pdf (Дата обращения 6.02.2023).
4. Кушхова Б.А., Иванова З.М., Таусолтанов Х.М. Состояние и перспективы экспортного потенциала сельского хозяйства Северного Кавказа //Аграрный Вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 80–91.
5. Международный совет по зерну / [Электронный ресурс] URL: <http://www.igc.int/ru> (Дата обращения 6.02.2023).
6. Менделеев Д.И. О центре России. В кн. «К познанию России». М.: Айрис-пресс. 2002. С. 159–179.
7. Рахаев Б.М., Энеева М.Н., Алибий Ф.М. Где находится экономический центр России и каким было его поведение в 2005–2015 гг.? //Известия РГО. 2019. Т. 151. № 5. С. 67–78.
8. Рахаев Х.М., Тогузаев Т.Х., Шахмурзова А.В. Некоторые методические аспекты определения экономического центра страны //Управленец. 2018. Т. 9. № 3. С. 45–50.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. Стат. сб. / Росстат. М., 2021. С. 433–434.
10. Святловский Е.Е. О центрографическом методе, как основном методе в экономической географии // Известия РГО. 1930. Т. 62. Вып. 3. С. 293–319; Электронный ресурс: <https://yadi.sk/i/-JXsIe73e86gT> (Дата обращения: 12.12.2022).
11. Центрографический метод в экономической географии. Сб. науч. трудов. Отв. ред. Б. Лавров, Б. Родоман. Л.: Изд-во ГО СССР. 1989. 150 с.
12. Gazaeva M., Bakkuev E., Gjatov A. Where is and where is shifting the economic center of Northern Caucasus // European Proceedings of Socialand Behavioural Sciences. 2019. № 1.
13. Nikitin A., Kuzichena N., Karsmnova N. Establishing efficient conditions for agriculture development // International journal of resent technology and engineering. 2019. Vol. 8. № 2. PP. 1–6.
14. Toguzaeв T., Rakhaev Kh., Modebadze N. The Second “Green Revolution”: Fundamentals and Results of the New Integration and Cooperation in Agriculture // Cite as: AIP Conference Proceedings 2661, 020007 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0109842> Published Online: 03 October 2022.
15. Xiao F.U., Yuan Shen, Rencai Dong et al. Analysis of Urbanization Based on Center-of-gravity Movement and Characteristics in Songhua River Basin of China and its Southern Source Sub-basin between 1990 and 2010 //Chinese Geographical Science. 2016. Vol. 26. No. 1. P. 117–128.
2. Dolgosrochnaya strategiya razvitiya zernovogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2035 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 10 avgusta 2019 g. № 1796-r. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://static.government.ru/media/files/y1IpA0ZfzdMCfATNBKGff1cXEQ142yAx.pdf> (data obrashcheniya 10.12.2022).
3. Karpenko G.G., Antoncev A.A. Osnovnye tendencii razvitiya proizvodstva i rynka zernovykh kul'tur v Rossii i mirovom prostranstve // Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik. Vypusk № 69. Avgust 2018. Elektronnyj resurs: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2018/vipusk__69._avgust_2018_g./kommunikazionnii_menedjment_i_strategiticheskaja_kommunikazija_v_gosudarstvennom_upravlenii/karpenko_antontsev.pdf (Data obrashcheniya 6.02.2023).
4. Kushkhova B.A., Ivanova Z.M., Tausoltanov H.M. Sostoyanie i perspektivy eksportnogo potentsiala sel'skogo hozyajstva Severnogo Kavkaza //Agrarnyj Vestnik Urala. 2019. № 11 (190). S. 80–91.
5. Mezhdunarodnyj sovet po zernu / [Elektronnyj resurs] URL: <http://www.igc.int/ru> (Data obrashcheniya 6.02.2023).
6. Mendeleev D.I. O centre Rossii. V kn. «K poznaniyu Rossii». M.: Ajris-press. 2002. S. 159–179.
7. Rahaev B.M., Eneeva M.N., Alibij F.M. Gde nahoditsya ekonomicheskij centr Rossii i kakim bylo ego povedenie v 2005–2015 gg.? //Izvestiya RGO. 2019. T. 151. № 5. S. 67–78.
8. Rahaev H.M., Toguzaeв T.H., Shahmurzova A.V. Nekotorye metodicheskie aspekty opredeleniya ekonomicheskogo centra strany //Upravlenec. 2018. T. 9. № 3. S. 45–50.
9. Regiony Rossii. Social'no-ekonomicheskie pokazateli. Stat. sb. / Rosstat. M., 2021. S. 433–434.
10. Svyatlovskij E.E. O centrograficheskom metode, kak osnovnom metode v ekonomicheskoy geografii //Izvestiya RGO. 1930. T. 62. Vyp. 3. S. 293–319; Elektronnyj resurs: <https://yadi.sk/i/-JXsIe73e86gT> (Data obrashcheniya: 12.12.2022).
11. Centrograficheskij metod v ekonomicheskoy geografii. Sb. nauch. trudov. Отв. ред. B.Lavrov, B.Rodoman. L.: Izd-vo GO SSSR. 1989. 150 s.
12. Gazaeva M., Bakkuev E., Gjatov A. Where is and where is shifting the economic center of Northern Caucasus // European Proceedings of Socialand Behavioural Sciences. 2019. № 1.
13. Nikitin A., Kuzichena N., Karsmnova N. Establishing efficient conditions for agriculture development // International journal of resent technology and engineering. 2019. Vol. 8. № 2. PP. 1–6.
14. Toguzaeв T., Rakhaev Kh., Modebadze N. The Second “Green Revolution”: Fundamentals and Results of the New Integration and Cooperation in Agriculture // Cite as: AIP Conference Proceedings 2661, 020007 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0109842> Published Online: 03 October 2022.
15. Xiao F.U., Yuan Shen, Rencai Dong et al. Analysis of Urbanization Based on Center-of-gravity Movement and Characteristics in Songhua River Basin of China and its Southern Source Sub-basin between 1990 and 2010 //Chinese Geographical Science. 2016. Vol. 26. No. 1. R. 117–128.

REFERENCES

1. Altuhov A.I. Strategiya razvitiya zernoproduktovogo podkompleksa – osnova razrabotki skhemy razmeshcheniya i specializacii zernovogo proizvodstva v strane // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 5. S. 146–152.

Поступила в редакцию 24.03.2023

Принята к публикации 07.04.2023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ОРГАНИЗАЦИИ НОВЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ*

Ибрагим Мусаевич Баматов, кандидат биологических наук
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Аннотация. Устойчивое развитие сельскохозяйственного сектора при прогнозируемом росте спроса на продовольствие предполагает поиск и внедрение инновационных технологий. Наряду с повышением эффективности использования ресурсов актуальным остается снижение антропогенного загрязнения и сохранение окружающей среды. Сельхозпроизводители все чаще обращают внимание на внедрение прогрессивных технологий контролируемого или пролонгированного высвобождения элементов питания для оптимизации доставки питательных веществ (с применением полимера) к растениям или химических средств борьбы с сорняками, вредителями и болезнями растений (гербициды, инсектициды, фунгициды). В статье рассмотрена возможность внедрения инновационных систем земледелия, где производители, кроме экономических приоритетов (повышение выхода урожайной продукции и приемлемой рентабельности), преследуют цели экологического характера (уменьшение почвенных и атмосферных загрязнений, сохранение и повышение почвенного плодородия, включая восполнение запасов элементов минерального питания в почве).

Ключевые слова: системы питания растений, удобрения пролонгированного действия, оптимизация элементов питания, повышение урожайности, полимер

POLYMERS USAGE IN NEW PLANT NUTRITION SYSTEM ORGANIZATION

I.M. Bamatov, PhD in Biological Sciences
FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia
E-mail: ibragim-1991@mail.ru

Abstract. The agricultural sector is constantly looking for new technologies (methods) to increase the efficiency of inputs (agrochemicals) and minimize possible anthropogenic impact on the environment. Accordingly, producers are proposing the use of controlled or slow-release fertilizers (technologies) to optimize the delivery of nutrients (using a polymer) to plants or chemicals to more effectively control weeds, pests and diseases (herbicides, insecticides and fungicides). This article considers the possibility of introducing innovative farming systems, where, in addition, agrarian producers, in addition to the goal of increasing yields, must maintain and increase soil fertility, including replenishment of nutrient reserves in the soil.

Keywords: plant nutrition systems, long-acting fertilizers, nutrient optimization, yield increase, polymer, soil fertility

Прогноз ФАО (продовольственная и сельскохозяйственная организация при ООН) показывает, что рост населения Земли неизбежен и достигнет 9 млрд человек уже к 2050 году. Это важнейший вызов глобальной экономике в области производства сельскохозяйственной продукции. [10] Повышение урожайности во всем мире необходимо для удовлетворения растущего потребления (рис. 1, 3-я стр. обл.). Сельскохозяйственная отрасль зависит от климата и его прогрессирующие изменения в последние десятилетия не всегда благоприятны. В первую очередь, это засухи на ранее благополучных агроландшафтах с усилением процессов аридизации земель. Рост объемов применяемых минеральных удобрений не сопровождается внедрением технологий их эффективного использования, что порождает экологические проблемы (деградация почв, загрязнение атмосферы парниковыми газами, эвтрофикация водоемов, истощение земель из-за несбалансированного выноса питательных веществ). [6, 10, 13]

В почвах России отрицательный баланс питательных веществ для агробиоценозов уже превысил

140 млн т действующего вещества. Дефицит азота – 56,3 млн т, фосфора – 12,3, калия – 75,9 млн т. Значительная часть урожая формируется из почвенных запасов, что приводит к падению плодородия почв. Следовательно, на отечественном и глобальном уровне производство сельскохозяйственных культур необходимо увеличить, модернизировать и защитить, чтобы избежать дефицита предложения, учитывая тенденции роста населения. [4, 12]

Рост сельскохозяйственной деятельности наносит ущерб окружающей среде (изменение климата, истощение ресурсов и энергии). При чрезмерном внесении удобрений наблюдается значительное падение их эффективности и негативные экологические последствия. Продолжительное применение традиционных форм удобрений приводит к большим потерям из-за проблем с выщелачиванием (до 60...70%), что очень болезненно для развивающихся стран, где сельскохозяйственный сектор самый основной в экономике.

При нехватке воды и деградации земель возрастают экологические стрессы. Две трети земной поверхности подвержены сильному или среднему воздействию изменения климата. [5, 7]

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

Для увеличения урожайности требуется внедрить улучшенные и гибридные версии минеральных удобрений, которые своевременно, поэтапно и адресно доставляют питательные вещества растениям. Разработаны удобрения (Control Release Fertilizer-CRF и Slow Release Fertilizer-SRF), в которых питательные вещества могут высвобождаться постепенно (пролонгировано), удовлетворяя конкретную потребность растений во время роста (рис. 2, 3-я стр. обл.).

Система контролируемого высвобождения (CRF) соответствует одиночному непрерывному выбросу элементов питания в почву (зеленый цвет), но сам выход питательных элементов можно контролировать для определенного времени, коррелируется при помощи толщины покрываемой пленки. Черным цветом выделено «обычное высвобождение» – традиционные удобрения, красным – «медленное», показывает разные пики высвобождения зависимости от внешних факторов.

Термины «удобрение с контролируемым высвобождением» (CRF) и «удобрение с медленным высвобождением» (SRF) обычно считаются аналогичными. Идеальное удобрение с контролируемым или медленным высвобождением – покрытое экологически безопасным натуральным или полунатуральным макромолекулярным материалом (полимер), который замедляет высвобождение питательных веществ до такой низкой скорости, что однократное внесение в почву может удовлетворить потребности растений в питательных веществах для роста модельной культуры. Принципиальные различия между CRF и SRF приведены в таблице 1.

Таким образом, продукты SRF и CRF перспективны для повышения эффективности применения удобрений, экономии затрат на рабочую силу и решений агроэкологических проблем, которые могут быть вызваны некачественным обращением с удобрениями. [15, 19]

Как правило, CRF получают путем нанесения покрытия или инкапсулирования гранул удобрений органическими или неорганическими материалами с гидрофобными характеристиками, которые играют роль диффузионного барьера или стенки. SRF – методом смешивания гранул удобрений с органическими или неорганическими материалами, которые медленно растворяются в воде и пролонгируют высвобождение минеральных элементов (рис. 3, 3-я стр. обл.).

Производство SRF/CRF дороже по сравнению с традиционными удобрениями. Проводимые исследования направлены на поиск и разработку более экономически выгодных и экологически безопасных технологий. До сих пор не существует стандартизированных методов для определения скорости высвобождения питательных веществ CRF и SRF, отсутствует корреляция между данными, полученными в результате лабораторных исследований, и достоверной фактической скоростью в открытой среде (естественный ареал), которые могут быть представлены потребителям. [8]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одна из важнейших задач для получения SRF и CRF – правильный подбор и техника нанесения материала, выполняющего роль отсрочки высвобождения питательных веществ. Основным принципом создания удобрений пролонгированного и медленного высвобождения – покрытие традиционных растворимых форм удобрений специальной защитной пленкой или равномерное распределение материала и минеральных основ, осуществляющих отсрочку (пролонгация) высвобождения питательных элементов на основе различных органических (термопласты, эластомерные композиции) и неорганических (сера, парафины) веществ. Такие модификации помогают контролировать скорость

Таблица 1.

Инновационные удобрения с контролируемым и медленным высвобождением в области системы питания растений

Удобрение	Технология	Материал	Максимальная длительность высвобождения	Источник
С контролируемым высвобождением	Композиты, обработанные расплавом.	Поли(гексамети–ленсукцинат).	30 дн.	9
	Процесс растворения перекристаллизации с последующей модификацией поверхности на водной основе.	Полууретан на основе касторового масла.	30 дн.	10
С медленным высвобождением	Желатинизация пленки.	Нанопласти из слоистых двойных гидроксидов.	150 мин.	11
	Гидрогели с двойной сеткой, созданные с помощью ионного сшивания.	Биокомпозит из крахмала и багассы маниоки.		
	Планетарные или кольцевые методы фрезерования.	Полимеризуемый β–циклодекстрин, диметакрилат полиэтиленгликоль, акриламид и акриловая кислота с галлуазитом, содержащим мочевины.	25 дн.	12
	Покрытие с помощью вращающегося гранулятора.	Порошкообразные глины и карбамидная смесь с механо–активацией.	3...6 мес.	13
	Привитая сополимеризация акриламида в присутствии аттапульгита.	Жидкое хитозановое покрытие.	20 ч	
	Двойное покрытие.	Жом сахарного тростника g–поли(акриламид)/ аттапульгит супервпитывающие композиты. Ядро (мочевина), этилцеллюлоза в качестве внутреннего покрытия и сверхабсорбирующий полимер на основе целлюлозы, адсорбирующий биохимические ингибиторы дициандиамида и тиомочевину в качестве внешнего покрытия	До 1 мес.	14

высвобождения минеральных веществ, организовывать своевременную доставку для растений. При получении SRF и CRF ученым (производители) необходимо выбрать «правильный» биоразлагаемый материал, обеспечивающий отсрочку высвобождения, так как многие полимеры не подвержены биологическому разложению после внесения в почву. Соответственно, законодательно вводят дополнительные требования к биоразлагаемым материалам, используемым в системе питания растений, где главное условие полимера — его биодеструктивное разложение — 60...90% в течение 6...12 мес. [1–3]

На процесс разложения полимера влияют многочисленные факторы (структурная особенность, конфигурация, химический состав, молекулярная масса и другое). Несмотря на большое количество отечественных и зарубежных публикаций, остаются вопросы по покрытию, равномерному распределению минеральных веществ (удобрений) в соотношении с полимером (включая технологическую часть, различные реакторы), контролю скорости высвобождения питательных веществ в зависимости от требования культуры и фенологической фазы, полезности (эффективность) разлагаемых макро- и микроцепей для растений, скорости биодеструкции применяемого полимера, «связки» минерального удобрения с полимером.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Краткое описание техники нанесения покровного материала на гранулы минеральных удобрений приведены в таблице 2.

Выводы. Покрытие макроэлементных форм удобрений необходимо чтобы избежать потери азота в результате выщелачивания, улетучивания и процесса денитрификации, связывания фосфора с железом, медью и перехода фосфора в недоступную форму для растений. Также удобрения служат для высвобождения азота в режиме, со-

вместимом с метаболическими потребностями (фенологические фазы) растений. Многие технологии покрытия минеральных удобрений не могут использоваться для производства CRF и SRF из-за их аморфной природы. Поэтому герметики, связывающие вещества, пластификаторы и защищенные агенты применяют для борьбы с эффектом мгновенного взрыва, что увеличивает сложность и стоимость процесса. CRF и SRF на основе полимерных материалов обладают потенциалом с точки зрения пролонгированного и контролируемого высвобождения минеральных элементов питания, но сложность обработки препятствует производству в промышленных масштабах.

Материалы покрытия следует выбирать с учетом его сходства с модифицируемым удобрением, способности проникать в воду и раствор NPK, препятствовать быстрому выходу NPK с поверхности покрытия и высвобождать макро- и микроэлементы в соответствии с метаболическими потребностями сельскохозяйственных культур в течение определенного периода времени. Важно, чтобы материал покрытия был дешевым и биоразлагаемым.

Процесс нанесения покрытий должен обеспечивать возможность промышленного производства CRF и SRF без изменения сферической геометрии гранул удобрений. Для этого можно использовать установку нанесения покрытий с псевдосжиженным слоем, лотковую установку с вращающимся барабаном.

При нанесении покрывного слоя хорошо себя зарекомендовал химический реактор непрерывного, многостадийного смешивания типа V-star. Покрытие полимерной пленкой минеральных гранул в V-star происходит с высокими качественными показателями, что позволяет рекомендовать процесс к внедрению в промышленных масштабах, но материалы покрытия должны быть водорастворимыми для транспортировки раствора между стадиями.

Таблица 2.

Краткое описание технологий нанесения покровного слоя на ядро

Технология покрытия	Преимущество	Недостаток
Физический метод		
Вращающийся барабан	Непрерывный процесс, низкие эксплуатационные расходы, легко масштабируемые	Требуется большое количество материала для достижения равномерного покрытия
Пан покрытие	Непрерывный процесс, низкие эксплуатационные расходы, легко масштабируемые	Высокая температура воздуха для сушки, плохое поддержание уровня влажности приводит к детективной структуре
Псевдооживленный слой	Непрерывный процесс, низкие эксплуатационные расходы, легко масштабируемые, равномерное покрытие, широкий выбор материалов	Дорогое оборудование, длительное время пребывания, склонен к блокировке фильтров, большая вероятность взрыва раствора, более низкая производительность при больших размерах гранул
Плавление и экструзия	Без растворителей	Участвуют горячие расплавы, дорогое оборудование
Химический метод		
Полимеризация в растворе	Растворители снижают вязкость, что облегчает обработку. Плотность сшивки можно контролировать, варьируя содержание мономера, инициатора и сшивающего агента	Более низкая скорость реакции приводит к возможной потере соединений, трудно восстановить растворитель из его конечной формы
Обратная полимеризация	Плотность сшивки можно контролировать, варьируя содержание мономера, инициатора и сшивающего агента. Более высокая эффективность из-за высокой скорости. Растворитель может быть восстановлен, что снижает стоимость	Склонность к загрязнению суспензией, требуется выполнить разделение для очистки полимера
Микроволновое излучение	Простота и низкое энергопотребление	Не широко применяется при подготовке CRF и SRF

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баматов И.М., Васильева Н.А., Владимиров А.А. и др. Влияние полимерной модификации комплексного удобрения на эффективность использования фосфора и калия озимой пшеницей на южном черноземе // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2022. № 113. С. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109. EDN: XNIVIC.
2. Баматов И.М., Перевертин К.А., Абасов Ш.М., Хамурзаев С.М. Влияние биополимерной модификации минеральных удобрений на продуктивность зерна озимой пшеницы и основные элементы плодородия почвы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43. EDN: KDUHLR.
3. Перевертин К.А., Баматов И.М. Адаптация земледельцев России в современных условиях беспрецедентных вызовов (пример удобрений пролонгированного действия) // Воспроизводство плодородия почв и создание устойчивых агробиоценозов: Мат. Межд. науч.-практ. конф. «110 лет Длительному полевому стационарному опыту РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, 30 июня 2022 года. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 139–142. EDN: MLUANU.
4. Эдельгериев Р.-С.Х. (ред.) Глобальный климат и почвенный покров России // Национальный доклад. М., 2021. Т. 3.
5. Adamchuk V., Hummel J., Morgan M., Upadhyaya S. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2004. No. 44, PP. 71–91. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2004.03.002>.
6. Ahmad A.H., Wahid A., Khalid F. et al. Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.), *Cercetari Agronomicei n Moldova*, 2011. No. 3. P. 147.
7. Ain N.U., Naveed M., Hussain A. et al. Impact of Coating of Urea with Bacillus-Augmented Zinc Oxide on Wheat Grown under Salinity Stress. *Plants*. 2020. No. 9. P. 1375.
8. Azeem B., KuShaari K., Man Z.B. et al. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *J. Control. Release*. 2014. No. 181. PP. 11–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.02.020>.
9. Bi S., Barinelli V., Sobkowicz M.J. Degradable controlled release fertilizer composite prepared via extrusion: fabrication, characterization, and release mechanisms, *Polymers* 12, 2020. p. 301.
10. FAO, 2050: A third more mouth to feed, 2009.
11. Gumelar M.D., Hamzah M., Hidayat A.S., Saputra D.A. Utilization of chitosan as coating material in making NPK slow release fertilizer, in: Wiley Online Library, 2020.
12. Hangs R.D., Knight J.D., Van Rees K.C.J. Nitrogen accumulation by conifer seedlings and competitor species from 15nitrogen-labeled controlled-release fertilizer, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2003. No. 67. PP. 300–308.
13. Lawrenci D., Wong S.K., Low D.Y.S. et al. Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants*. 2021. No. 10. p. 238. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>.
14. Lu H. Tian, Zhang M., Liu Z. et al. Water polishing improved controlled-release characteristics and fertilizer efficiency of castor oil-based polyurethane coated diammonium phosphate, *Sci. Rep.* 2020. No. 10. PP. 1–10.
15. Qiao D., Liu H., Yu L. et al. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer, *Carbohydr. Polym.* 2016. No. 147. PP. 146–154.
16. Schmidt H.P., Pandit B.H., Martinsen V. et al. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil, *Agriculture*. 2015. No. 5. PP. 723–741.
17. Seggiani M., Cinelli P., Elnaby H., Azaam M.M. Swelling capacity of sugarcane bagasse-g-poly (acrylamide)/attapulgit superabsorbent composites and their application as slow release fertilizer, *Eur. Polym. J.*, 2020.
18. Vejan P., Khadiran T., Abdullah R., Ahmad N. Controlled release fertilizer: A review on developments, applications and potential in agriculture. *J Control Release*. 2021. No. 339. PP. 321–334.
19. Wu L., Liu M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention, *Carbohydr. Polym.* 2008. No. 72. PP. 240–247.
20. Zhang M., Yang J. Preparation and characterization of multifunctional slow release fertilizer coated with cellulose derivatives, *Int. J. Polym. Mater. Polym. Biomater.* 2020. PP. 1–8.

REFERENCES

1. Bamatov I. M., Vasil'eva N.A., Vladimirov A.A. i dr. Vliyanie polimernoj modifikacii kompleksnogo udobreniya na effektivnost' ispol'zovaniya fosfora i kaliya ozimoy pshenicej na yuzhnom chernozeme // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2022. № 113. S. 90–109. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-113-90-109. EDN: XNIVIC.
2. Bamatov I.M., Perevertin K.A., Abasov Sh.M., Hamurzaev S.M. Vliyanie biopolimernoj modifikacii mineral'nyh udobrenij na produktivnost' zerna ozimoy pshenicy i osnovnye elementy plodorodiya pochvy // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 6. S. 39–43. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/6/39-43. EDN: KDUHLR.
3. Perevertin K.A., Bamatov I.M. Adaptaciya zemlepol'zovaniya Rossii v sovremennyh usloviyah besprecedentnyh vyzovov (primer udobrenij prolongirovannogo dejstviya) // Vosproizvodstvo plodorodiya pochv i sozdanie ustojchivyh agrobiocенозов: Mat. Mezhd. nauch.-prakt. конф. «110 let Dliitel'nomu polevomu stacionarnomu opytu RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva», Moskva, 30 iyunya 2022 goda. M.: Rossijskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet – MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2022. S. 139–142. EDN: MLUANU.
4. Edel'geriev R.-S.H. (red.) Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii // Nacional'nyj доклад. M., 2021. T. 3.
5. Adamchuk V., Hummel J., Morgan M., Upadhyaya S. On-the-go soil sensors for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2004. No. 44, PP. 71–91. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2004.03.002>.
6. Ahmad A.H., Wahid A., Khalid F. et al. Impact of organic and inorganic sources of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of forage oat (*Avena sativa* L.), *Cercetari Agronomicei n Moldova*, 2011. No. 3. P. 147.
7. Ain N.U., Naveed M., Hussain A. et al. Impact of Coating of Urea with Bacillus-Augmented Zinc Oxide on Wheat Grown under Salinity Stress. *Plants*. 2020. No. 9. P. 1375.
8. Azeem B., KuShaari K., Man Z.B. et al. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *J. Control. Release*. 2014. No. 181. PP. 11–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.02.020>.
9. Bi S., Barinelli V., Sobkowicz M.J. Degradable controlled release fertilizer composite prepared via extrusion: fabrication, characterization, and release mechanisms, *Polymers* 12, 2020. p. 301.

10. FAO, 2050: A third more mouth to feed, 2009.
11. Gumelar M.D., Hamzah M., Hidayat A.S., Saputra D.A. Utilization of chitosan as coating material in making NPK slow release fertilizer, in: Wiley Online Library, 2020.
12. Hanks R.D., Knight J.D., Van Rees K.C.J. Nitrogen accumulation by conifer seedlings and competitor species from ¹⁵nitrogen-labeled controlled-release fertilizer, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2003. No. 67. PP. 300–308.
13. Lawrenca D., Wong S.K., Low D.Y.S. et al. Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants*. 2021. No. 10. p. 238. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>.
14. Lu H. Tian, Zhang M., Liu Z. et al. Water polishing improved controlled-release characteristics and fertilizer efficiency of castor oil- based polyurethane coated diammonium phosphate, *Sci. Rep.* 2020. No. 10. PP. 1–10.
15. Qiao D., Liu H., Yu L. et al. Preparation and characterization of slow-release fertilizer encapsulated by starch-based superabsorbent polymer, *Carbohydr. Polym.* 2016. No. 147. PP. 146–154.
16. Schmidt H.P., Pandit B.H., Martinsen V. et al. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil, *Agriculture*. 2015. No. 5. PP. 723–741.
17. Seggiani M., Cinelli P., Elnaby H., Azaam M.M. Swelling capacity of sugarcane bagasse-g-poly (acrylamide)/attapulgate superabsorbent composites and their application as slow release fertilizer, *Eur. Polym. J.*, 2020.
18. Vejan P., Khadiran T., Abdullah R., Ahmad N. Controlled release fertilizer: A review on developments, applications and potential in agriculture. *J Control Release*. 2021. No. 339. PP. 321–334.
19. Wu L., Liu M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention, *Carbohydr. Polym.* 2008. No. 72. PP. 240–247.
20. Zhang M., Yang J. Preparation and characterization of multifunctional slow release fertilizer coated with cellulose derivatives, *Int. J. Polym. Mater. Polym. Biomater*, 2020. PP. 1–8.

Поступила в редакцию 14.03.2023

Принята к публикации 28.03.2023

СВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОНТРАСТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА

Ольга Викторовна Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук

Евгения Дмитриевна Жаркова, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий –

филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», с. Подвязье, Рязанская обл., Россия

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. Полевые исследования проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2018–2022 годах на селекционных полях ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ Рязанской области. Объект изучения – гидротермические условия региона, структурные элементы продуктивности лучших сортов собственной селекции (Виола, Фелиция, Галатея, Анфиса, Боярка, Ивита, Вимица (ГСИ), Адарка (ГСИ)) и три перспективные линии, имеющие стабильно высокую урожайность. Выявленные взаимосвязи между урожайностью и обуславливающими ее элементами продуктивности в непрерывно изменяющихся внешних условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ позволили установить, что количество растений перед уборкой – $r = +0,887$, масса 1000 зерен – $r = +0,806$, количество продуктивных стеблей – $r = +0,613$ и высота растений – $r = +0,494$ оказывают основное воздействие на формирование продуктивности выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы. Фактор, лимитирующий продуктивность зерновых культур в зоне проведения исследований, – дефицит атмосферного увлажнения. Сумма осадков и ГТК вегетационного периода значительно влияют на высоту растений ($r = +0,761...+0,863$), количество продуктивных стеблей ($r = +0,556...+0,687$), длину колоса ($r = +0,598...+0,684$), коэффициент продуктивной кустистости ($r = +0,592...+0,723$), количество зерен в колосе ($r = +0,304...+0,484$), массу зерна с колоса ($r = +0,301...+0,506$). Сумма эффективных температур имела отрицательную связь ($r \geq -0,500$) практически со всеми элементами продуктивности.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, линия, продуктивность, структура урожая, гидротермические условия, корреляционная связь

CORRELATION OF STRUCTURAL INDICATORS OF WINTER WHEAT WITH GRAIN PRODUCTIVITY INFLUENCED BY CONTRASTING METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CENTRAL REGION

O.V. Levakova, PhD in Agricultural Sciences

E.D. Zharkova, Junior Researcher

Institute of Seed Production and Agrotechnologies –

branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”,

Podvyazye village, Rязan region, Russia

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. Field research was carried out in the nursery of competitive variety testing in 2018–2022 on the selection fields of ISA-a branch of the FSBI FNAC VIM of the Rязan region. The objects of the study were the hydrothermal conditions of the region and the structural elements of the productivity of the best varieties of their own selection: Viola, Felicia, Galatea, Anfisa, Boyarka, Ivita, Vimitsa (GSI), Adarka (GSI) and 3 promising lines with consistently high yields over the years of research. The revealed interrelations between yield and the elements of productivity that determine it in the continuously changing external conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation allowed us to establish that such indicators as “number of plants before harvesting” – $r = +0.887$, “mass of 1000 grains” – $r = +0.806$, “number of productive stems” – $r = +0.613$ and “plant height” – $r = +0.494$ have the main influence on the formation of productivity of winter wheat varieties/lines selected for analysis. The main factor limiting the productivity of grain crops in the area of our research is the lack of atmospheric moisture. The amount of precipitation and the SCC of the growing season significantly affect the “height of plants” ($r = +0.761...+0.863$), “number of productive stems” ($r = +0.556...+0.687$), “ear length” ($r = +0.598...+0.684$), “coefficient of productive bushiness” ($r = +0.592...+0.723$), “the number of grains in the ear” ($r = +0.304...+0.484$), “the mass of grain from the ear” ($r = +0.301...+0.506$). The sum of effective temperatures had a negative relationship ($r \geq -0,500$) with almost all elements of productivity.

Keywords: winter soft wheat, variety/line, productivity, crop structure, hydrothermal conditions, correlation

Стратегия развития зернового хозяйства России предусматривает биологическую компоненту роста величины, качества и рентабельности урожая по мере повышения потенциальной и реализуемой продуктивности возделываемых сортов. [7–9] За последние годы увеличение валовых сборов зерна произошло из-за повышения адаптивности и урожайности зерновых культур, на что повлияло

внедрение в производство новых высокоурожайных сортов. [2, 5, 8, 10]

Актуальная проблема изучения взаимодействия генотипа и среды включает оценку изменчивости отдельных элементов продуктивности и их вклад в стабилизацию урожайности. [3, 11] Для совершенствования абстрактной модели сорта данной эколого-географической зоны, необходимо изучить вклад

каждого компонента в общий урожай. Существует мнение, что наиболее урожайные сорта с сильной выраженностью всех структурных элементов. [6] Перед селекционерами стоит задача увеличить валовые сборы зерна с помощью генетических ресурсов сорта. Один из факторов, отрицательно влияющий на количественные и качественные показатели производства зерна озимой мягкой пшеницы, — климатические (гидротермические) условия региона. Составляющие их показатели — динамическая величина, непостоянная по годам изучения и фазам развития растений. Установление причинно-следственных связей между гидротермическими условиями среды и продуктивностью зерновых культур — одна из важнейших задач на современном этапе развития эффективности агротехнологических приемов.

Цель работы — выявить основные элементы структурных показателей продуктивности выделенных сортов и линий озимой пшеницы на фоне контрастных метеоусловий Центрального региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на полях Института семеноводства и агротехнологий — филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в лесостепной зоне Нечер-

ноземья РФ. Объект изучения — гидротермические условия региона и озимая мягкая пшеница, представленная лучшими сортами собственной селекции (*Виола*, *Фелиция*, *Галатейя*, *Анфиса*, *Боярка*, *Ивита*, *Вимица* (ГСИ), *Адарка* (ГСИ)) и тремя перспективными линиями, имеющими стабильно высокую урожайность по годам исследований.

Почва опытного участка — темно-серая лесная, тяжелосуглинистая, среднего уровня плодородия (рН_{сол.} (ГОСТ 26483-85) — 4,88 ед., содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) — 5,60%, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) — 378,0 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).

Учет и анализ структуры урожая с последующей статистической обработкой проводили по соответствующим методикам. [1, 4] Биометрический анализ включал: количество растений перед уборкой, шт./м² (Р_у); высота растений, см (Н_р); количество продуктивных стеблей, шт./м² (П_С); длина колоса, см (Л_к); коэффициент кущения (К_к); количество зерен в колосе, шт. (К_З); масса зерна с колоса, г (т_к); масса 1000 зерен, г (m1000); средняя урожайность, т/га (У_{ср}).

Таблица 1.

Метеоусловия вегетационных периодов озимой пшеницы, 2018–2022 годы

Параметр	Осень			Весна–лето				
	сентябрь	октябрь	сумма	апрель	май	июнь	июль	сумма
2018								
Сумма осадков, мм	30,5	20,0	50,5	39,5	27,8	10,6	76,6	154,5
Сумма активных температур, °С	524	240,8	764,8	266,5	592,3	608,8	714,9	2182,5
Среднесуточная температура, °С	17,5	8,3	25,8	9,6	19,2	20,3	23,1	72,2
ГТК	0,6	0,8	0,7	1,5	0,5	0,2	1,1	0,7
2019								
Сумма осадков, мм	11,8	18,2	30,0	11,9	48,0	38,2	38,2	136,3
Сумма активных температур, °С	445,3	280,5	725,8	301,0	594,9	634,4	603,7	2134
Среднесуточная температура, °С	14,8	9,6	24,4	10,4	19,1	22,7	19,5	71,7
ГТК	0,3	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6
2020								
Сумма осадков, мм	31,6	15,6	47,2	14,6	57,1	112,9	55,5	240,1
Сумма активных температур, °С	493,1	323,3	816,4	176,8	436,8	625,1	697,8	1936,5
Среднесуточная температура, °С	16,4	11,1	27,5	6,9	14,0	20,9	22,5	64,3
ГТК	0,6	0,5	0,6	0,8	1,3	1,8	0,8	1,2
2021								
Сумма осадков, мм	48,2	13,7	61,9	28,0	42,5	72,3	41,1	183,9
Сумма активных температур, °С	351	222,7	573,7	231,0	531	694,8	801,4	2258,2
Среднесуточная температура, °С	11,7	7,5	19,2	8,8	17,1	23,2	25,9	75,0
ГТК	1,4	0,6	1,1	1,2	0,8	1,0	0,5	0,8
2022								
Сумма осадков, мм	88,6	69,7	158,3	26,7	49,6	40,7	16,0	133
Сумма активных температур, °С	361,4	233,9	595,3	214,4	400,6	644,0	743,8	2002,8
Среднесуточная температура, °С	12,1	8,2	20,3	7,8	13,4	21,5	24,0	66,7
ГТК	2,5	3,0	2,6	1,2	1,2	0,6	0,2	0,7
Среднепогодные								
Сумма осадков, мм	40,0	47,0	87,0	28,0	37,0	52,0	64,0	181,0
Среднесуточная температура, °С	12,2	4,6	16,8	4,1	12,7	17,6	18,8	53,2

Показатели гидротермического коэффициента (ГТК) определяли в осенний (посев-кущение) и основной (апрель – июль) периоды вегетации по данным метеорологической станции ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (табл. 1).

Засушливые условия во время посева и в начале вегетации сложились в 2018–2020 годы. Неблагоприятные годы активной весенне-летней вегетации растений озимой пшеницы – 2018 и 2019, недобор осадков – до 33%.

За годы исследований установлена направленность к увеличению температурного режима в фазы активной вегетации озимой пшеницы.

Наиболее контрастным был 2020 год, когда растения озимой пшеницы развивались при обильных осадках, с резкими колебаниями среднесуточных температур. Выпавшие в I декаде июня (ГТК = 3,9) осадки спровоцировали полегание растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ корреляционных взаимосвязей биометрических показателей на урожайность выявил неоднозначный характер в зависимости от условий внешней среды. Связь между признаками и урожайностью усложняется неустойчивостью метеорологических элементов в течение вегетационного периода по годам.

В зависимости от метеоусловий среднесортная урожайность выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания за пять последних лет изменялась от 3,42 (2019 год) до 7,29 т/га (2018) при средней урожайности 5,90 т/га (табл. 2). Показатель, характеризующий разброс значений относительно среднего уровня или коэффициент вариации (Cv), установил, что в годы с дефицитом влаги коэффициент вариации урожайности имел низкие значения

Таблица 2.

Элементы продуктивности сортов и линий озимой пшеницы по годам и их взаимосвязь с продуктивностью и метеоусловиями, 2018–2022 годы

	Рy	Нр	ПС	Лк	КЗ	тк	m1000	КК	Уср
2018									
Среднее	187,81	90,81	474	9,06	38,8	1,92	49,51	2,52	7,29
Корреляция/урожайность	+0,412	+0,221	+0,612	+0,501	-0,034	+0,300	+0,362	+0,313	—
Стандарт отклонения	15,35	6,15	63,6	0,59	3,13	0,15	3,57	0,23	0,63
Вариация	8,17	6,77	13,42	6,56	8,08	7,97	7,22	9,2	8,7
2019									
Среднее	148,72	86,36	411,49	9,81	41,08	1,77	43,03	2,8	3,42
Корреляция/урожайность	-0,336	+0,293	+0,011	-0,652	+0,272	+0,556	+0,554	+0,413	—
Стандарт отклонения	23,04	7,61	60,56	0,58	3,08	0,18	2,95	0,37	0,45
Вариация	15,49	8,81	14,72	5,91	7,49	10,38	6,87	13,07	13,28
2020									
Среднее	165,45	118,41	620,73	9,85	36,47	1,63	44,64	3,62	6,57
Корреляция/урожайность	-0,100	-0,042	-0,175	-0,051	-0,063	+0,021	+0,097	+0,132	—
Стандарт отклонения	28,03	4,78	85,66	0,8	4,16	0,22	3,77	0,26	1,07
Вариация	16,94	4,04	13,8	8,16	11,4	13,78	8,45	7,6	16,27
2021									
Среднее	151,45	99,95	424,36	11,09	42,92	2,01	46,76	2,83	5,22
Корреляция урожайность	-0,352	+0,384	-0,333	+0,451	+0,540	+0,411	+0,061	+0,293	—
Стандарт отклонения	31,14	6,26	58,06	0,62	2,89	0,19	3,40	0,3	0,52
Вариация	20,56	6,27	13,68	5,58	6,74	9,58	7,27	10,62	10,02
2022									
Среднее	175,64	105,95	516,18	10,95	46,23	2,26	49,0	2,98	7,24
Корреляция/урожайность	+0,622	+0,182	+0,564	-0,526	-0,492	-0,450	+0,173	-0,491	—
Стандарт отклонения	33,16	8,83	67,28	0,56	3,67	0,16	2,66	0,31	0,974
Вариация	18,88	8,33	13,03	5,11	7,93	6,93	5,42	10,48	13,46
Среднее									
Среднее	165,8	101,7	489,4	10,2	41,1	1,9	46,6	2,9	5,9
Коэффициент вариации	9,9	12,66	17,24	8,39	9,13	12,5	5,96	13,9	27,59
Корреляция с суммой эффективных температур	-0,040	-0,657	-0,476	-0,677	-0,553	-0,495	-0,148	-0,531	-0,34
Корреляция с суммой осадков	+0,075	+0,863	+0,687	+0,598	+0,304	+0,301	+0,115	+0,723	+0,447
Корреляция с ГТК	+0,139	+0,761	+0,556	+0,684	+0,484	+0,506	+0,278	+0,552	+0,493
Корреляция с урожаем	+0,887	+0,494	+0,613	-0,079	-0,025	+0,363	+0,806	+0,128	

Примечание. Рy – количество растений перед уборкой, шт/м²; Нр – высота растений, см; ПС – количество продуктивных стеблей, шт/м²; Лк – длина колоса, см; КК – коэффициент кушения; КЗ – количество зерен в колосе, шт.; тк – масса зерна с колоса, г; m1000 – масса 1000 зерен, г; Уср – средняя урожайность, т/га.

($C_v = 8,7...13,46\%$), в год с избытком влаги – увеличивался до 16,27%.

Количество продуктивных стеблей (ПС) во все годы исследований варьировало в средней степени ($C_v = 13,03...14,75\%$) – от 412 (2019 год) до 621 (2020), имея значимую связь с урожайностью, коэффициент корреляции – +0,613.

Амплитуда изменчивости по длине колоса (Лк) была незначительной – $C_v = 8,39\%$. Средний показатель длины колоса – 10,2 см. Самое низкое значение данного элемента (9,06 см) зафиксировано в остросасушливом 2018 году, максимальное (11,0) в 2021. Именно в эти годы установлена его средняя связь с урожайностью – коэффициент корреляции +0,451...+0,501. Среднегодовые показатели не выявили связи длины колоса с зерновой продуктивностью – $r = -0,079$.

Количество зерен в колосе (КЗ) важно при селекции на продуктивность. У среднегодового признака хороший показатель – 41,1 шт. и низкое варьирование по годам – в среднем $C_v = 9,13\%$. Обнаружена значимая связь между Лк и КЗ (+0,757). Самое низкое (38,8 шт.) и максимальное (42,9 шт.) значения данного признака проявлялись в те же годы, что и Лк. По среднегодовым показателям связи КЗ с зерновой продуктивностью не обнаружено – $r = -0,025$. Так же сильная существенная связь ($r = +0,903$) найдена между КЗ и массой зерна с колоса (mk), mk и массой 1000 зерен (m 1000) – $r = +0,725$. Масса 1000 зерен характеризовалась ее высокими значениями – 46,9 г и имела самую минимальную из всех структурных показателей изменчивость – в среднем $C_v = 5,9\%$. Летом 2020 года с выпадением большого количества осадков mk и m 1000 уменьшались из-за полегания растений – 1,63 шт. и 44,6 г соответственно.

Из всех структурных показателей значимое влияние на зерновую продуктивность выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы оказали элементы структуры: количество растений перед уборкой (Ру) – $r = +0,887$, m 1000 – $r = +0,806$, ПС – $r = +0,613$, высота растений (Нр) – $r = +0,494$.

Основной фактор, лимитирующий продуктивность зерновых культур в наших исследованиях, – дефицит атмосферного увлажнения. Для выяснения роли гидротермических условий вегетационных периодов проведен корреляционный анализ, результаты которого свидетельствуют, что сумма осадков и ГТК вегетационного периода значительно влияют на Нр ($r = +0,761...+0,863$), ПС ($r = +0,556...+0,687$), Лк ($r = +0,598...+0,684$), коэффициент продуктивной кустистости (КК) ($r = +0,592...+0,723$), КЗ ($r = +0,304...+0,484$), mk ($r = +0,301...+0,506$), следовательно, и на зерновую продуктивность сортов и линий озимой пшеницы – $r = +0,447...+0,493$.

Существенно ($r > +0,800$) ГТК осени (сентябрь, октябрь) повлиял на элементы продуктивности: Нр и mk; средняя связь ($r > +0,600$) обнаружена между m 1000 и Лк; умеренная ($r > +0,300$) – Ру и зерновой продуктивностью. Тесные связи с влагообеспеченностью обусловлены тем, что в эти интервалы закладывается будущая структура урожая. ГТК весенне-летнего периода (апрель, май, июнь, июль) обеспечил сильную связь ($r > +0,800$) с Нр, ПС и КК, умеренную ($r = +0,319$) – с урожайностью сортов и линий озимой пшеницы.

Зависимость структурных показателей изучаемых сортов и номеров от суммы эффективных температур за время исследований носила отрицательный вектор. Все годы наблюдений отличались повышенным температурным режимом во все фазы роста и развития озимой пшеницы, по сравнению со средними многолетними значениями. Явное повышение дневных и среднесуточных температур воздуха в июне-июле, а также критически низкое количество выпавших осадков или их отсутствие, порождали развитие почвенной и воздушной засух. Средняя отрицательная связь ($r > -0,500$) была с Нр, Лк, КЗ, КК; умеренная ($r = -0,476...-0,495$) – ПС и mk.

Выводы. Выявленные взаимосвязи между урожайностью и обуславливающими ее элементами продуктивности в непрерывно изменяющихся внешних условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ позволили установить, что количество растений перед уборкой (Ру) – $r = +0,887$, масса 1000 зерен (m 1000) – $r = +0,806$, количество продуктивных стеблей (ПС) – $r = +0,613$ и высота растений (Нр) – $r = +0,494$ существенно влияют на формирование продуктивности выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 351 с.
2. Левакова О.В., Дедушев И.А., Ерошенко Л.М. и др. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 1. С. 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135.
3. Левакова О.В., Жаркова Е.Д. Влияние массы 1000 зерен на урожайность и качество зерна озимой пшеницы разных групп спелости в Рязанской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 22–25. DOI: 10.30850/vrns/2022/3/22-25.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кирилловской. М: Калининская областная типография, 1989. 194 с.
5. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Котляров Д.В. Экономическая эффективность производства зерна на основе новых сортов озимой пшеницы селекции КННИСХ им. П.П. Лукьяненко // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 15–188.
6. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалева М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы ее структуры и адаптивные свойства в условиях нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3. С. 17–22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22.
7. Eroshenko L.M., Levakova O.V. Spring barley varieties and perspective ranges laboratory screening against artificially created salinity stress backgrounds // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 843. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012004.
8. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. 1. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
9. Sun C., Zhang F., Yan X. et al. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Val-

ley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. PP. 953–969. DOI: 10.1111/pbi.12690.

10. Yan X., Zhao L., Ren Y. et al. Genome-wide association study revealed that the TaGW8 gene was associated with kernel size in Chinese bread wheat // Scientific Reports. 2019. № 9. 2702. DOI: 10.1038/s41598-019-38570-2.
11. Zhang L.Y., Liu D.C., Guo X.L. et al. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52 (11). PP. 996–1007. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00967.x.

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2011. 351 s.
2. Levakova O.V., Dedushev I.A., Eroshenko L.M. i dr. Vliyanie agrometeorologicheskikh izmenenij klimata na zernovuyu produktivnost' yarovogo yachmenya v usloviyah Nechernozemnoj zony RF // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2022. T. 17. № 1. С. 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135.
3. Levakova O.V., Zharkova E.D. Vliyanie massy 1000 zeren na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy raznyh grupp spelosti v Ryazanskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 3. S. 22–25. DOI: 10.30850/vrsn/2022/3/22-25.
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / pod red. V.I. Golovacheva, E.V. Kirilovskoj. M: Kalininskaya oblastnaya tipografiya, 1989. 194 s.
5. Romanenko A.A., Bepalova L.A., Kotlyarov D.V. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna na osnove novyh sortov ozimoy pshenicy selekcii KNNISKH im. P.P. Luk'yanenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 3. S. 15–188.
6. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Krahmaleva M.S., Bugrova V.V. Urozhajnost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy, elementy ee struktury i adaptivnye svojstva v usloviyah nechernozemnoj zony // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 3. S. 17–22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22.
7. Eroshenko L.M., Levakova O.V. Spring barley varieties and perspective ranges laboratory screening against artificially created salinity stress backgrounds // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 843. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012004.
8. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
9. Sun C., Zhang F., Yan X. et al. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. PP. 953–969. DOI: 10.1111/pbi.12690
10. Yan X., Zhao L., Ren Y. et al. Genome-wide association study revealed that the TaGW8 gene was associated with kernel size in Chinese bread wheat // Scientific Reports. 2019. № 9. 2702. DOI: 10.1038/s41598-019-38570-2.
11. Zhang L.Y., Liu D.C., Guo X.L. et al. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52(11). RR. 996–1007. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00967.x.

Поступила в редакцию 13.03.2023

Принята к публикации 27.03.2023

ИЗУЧЕНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ ПРИ ФОЛИАРНОЙ ОБРАБОТКЕ МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

Марьяна Хажмусовна Маржохова¹, младший научный сотрудник
Мурат Владимирович Кашуков², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Институт сельского хозяйства –

филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр “Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук”», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

²ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова», г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

E-mail: mkashukov@gmail.com

Аннотация. Изучена азотфиксирующая активность при фоллиарной обработке вегетирующих растений сои жидкими минеральными удобрениями с содержанием макро- и микроэлементов в предгорной зоне Кабардино-Балкарии. Объект исследований – раннеспелый сорт СК Веда. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемогучный слабогумусированный тяжелосуглинистый на карбонатных глинах, с содержанием гумуса в пахотном слое – 3,1%, рН_{KCl} – 5,0, подвижного фосфора – 7,5, обменного калия – 8,0 мг/100 г почвы. Инкрустирование семян проводили с использованием специфического пленкообразователя на основе фосфатидов сои инокулянтном Нитрофикс П. Приведены результаты исследований за 2020–2022 годы с оценкой динамики формирования симбиотического аппарата по количеству клубеньков (шт/м²) и их массе (г/м²) в онтогенезе макросимбионта. Пик клубенькообразования у сои сорта СК Веда пришелся на фазу цветения. Наивысшие показатели нодуляции отмечены в контрольном варианте: 2020 год – 306 шт/м²; 2021 – 408; 2022 – 96 шт/м². Фоллиарная обработка растений сои корректорами дефицита элементов питания влияет на показатели нодуляции с различиями в зависимости от срока обработки. С применением Полидон NPK в фазе примордиального листа параметры нодуляции были минимальными за годы исследования (86, 216, 56 шт/м²). Значения массы клубеньков в фазе цветения с обработкой (Полидон молибден) в фазе примордиального листа увеличились по годам в 1,56 (2020), 2,09 (2021) и 1,11 (2022). Активность нитрогеназы в среднем составляла 26,4–281,6 мкг N₂/раст. ч, в контроле (инокуляция азотфиксирующими микроорганизмами) – 208,3 мкг N₂/раст. ч. Инокуляция семян сои азотфиксирующими микроорганизмами и фоллиарная обработка растений Полидон молибденом увеличили активность нитрогеназы на 19,1–35,2% и повысили содержание белка на 3,9–5,0% относительно контроля в зависимости от фазы обработки.

Ключевые слова: предгорная зона Кабардино-Балкарии, соя, фоллиарная обработка, удобрения, количество клубеньков, масса клубеньков, активность нитрогеназы

INVESTIGATION OF NITROGEN FIXATION ACTIVITY SOYBEANS PLANTS BY MINERAL FERTILIZERS FOLIAR TREATMENT

M.Kh. Marzhokhova¹, Junior Researcher

M.V. Kashukov², Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

¹Institute of Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences””, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

“Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov”, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia
E-mail: mkashukov@gmail.com

Abstract. The results of the study of nitrogen-fixing activity during foliar treatment of vegetative soybean plants with liquid mineral fertilizers containing macro-microelements in various forms in the foothill zone of Kabardino-Balkaria are presented. The object of research is the early ripe soybean variety SK Veda. The soil of the experimental plot is a leached, medium-thick, low-humus, heavy loamy chernozem on carbonate clays, with a humus content in the arable layer of 3.1%, pH_{KCl} 5.0, mobile phosphorus 7.5 and exchangeable potassium 8.0 mg/100 g of soil. Encrustation of soybean seeds was carried out using a specific film-forming agent based on soybean phosphatides with the inoculant Nitrofix. The results of studies for 2020–2022 are given, with an assessment of the dynamics of the formation of the symbiotic apparatus by the number of nodules (pcs/m²) and by the mass of nodules (g/m²) in ontogeny of the macrosymbiont. The peak of nodule formation in soybean plants of the SK Veda variety fell on the flowering phase. The highest nodulation rates were noted in the control variant: in 2020 – 306 pcs/m²; in 2021 – 408 pcs/m²; in 2022 – 96 pcs/m². It has been shown that foliar treatment of soybean plants with nutrient deficiency correctors has an impact on nodulation rates, with differences being noted depending on the treatment time. In the variant of Polydon NPK treatment in the primordial leaf phase, the nodulation parameters were minimal in the experiment over the years of the study (86; 216; 56 pcs/m²). Treatment of SK Veda soybean plants in the primordial leaf phase with molybdenum-containing fertilizers ensures the formation of larger nodules. The values of the nodule weight in the flowering phase in the variant of the treatment of Polydon plants with molybdenum in the primordial leaf phase increased by 1.56; 2.09; 1.11 times, respectively, for 2020, 2021, 2022. Nitrogenase activity averaged 26.4–281.6 µg N₂/plant. h over the years of the study hour. In the control (inoculation with nitrogen-fixing microorganisms), the activity of nitrogenase was 208.3 µg N₂/plant. h. Inoculation of soybean seeds with nitrogen-fixing microorganisms and foliar treatment of plants with Polydon molybdenum increased nitrogenase activity by 35.2–19.1% and increased protein content by 5.0–3.9% relative to control, depending on the treatment phase.

Keywords: foothill zone of Kabardino-Balkaria, soybean, foliar treatment, fertilizers, number of nodules, weight of nodules, nitrogenase activity

В современной концепции биологизации земледелия бобовые культуры занимают ключевые позиции в технологии производства продукции растениеводства. Они способны образовывать бобово-ризобиальный симбиоз с клубеньковыми бактериями. Результат биологического партнерства со стороны ризобий – «биологический» азот, обеспечивающий высокий уровень функционирования и экологическую безопасность агроценозов. [7] В бобово-ризобиальном симбиозе макро- и микросимбионтами формируется объединенная система углеродного и азотного метаболизма, поэтому процессы азотфиксации и фотосинтеза сопряжены. Большое внимание уделяют конструированию микробнорастительных симбиозов для увеличения доли использования растениями биологически фиксированного азота. [9] Степень их эффективности связана со сложностью управления количественными признаками симбиоза, которые определяются не только взаимоотношениями макро- и микросимбионтов но и комплексом абиотических и эдафических факторов. [1, 3, 6]

Сорта сои различаются по активности азотфиксации и это связано с высокой специфичностью бобово-ризобиального симбиоза. Для повышения продуктивности симбиотической азотфиксации необходимы поиски комплементарных пар макро- и микросимбионтов. [2] В результате мутуалистических отношений растения обеспечены на 70...75% азотом, фиксированным бактериями из атмосферы. Микроэлементы играют важную роль в питании и развитии сои, а также повышении эффективности бобово-ризобиального симбиоза, так как некоторые из них способствуют усилению процесса фиксации молекулярного азота. [4] Молибден – наиболее значимый микроэлемент для сои из-за положительного действия на синтез аминокислот и белков в клубеньках бобовых культур.

Цель работы – изучить влияние фолиарной обработки растений сои минеральными удобрениями на нодуляционную способность, азотфиксацию и качество семян.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – раннеспелый сорт сои *СК Веда*. Фолиарную обработку вегетирующих растений осуществляли водорастворимыми удобрениями: Молибдат аммония (0,1 кг/га) – неорганическое соединение, соль аммония и молибденовой кислоты $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$; Полидон молибден (0,2 л/га) с высоким содержанием молибдена (80 г/л) и кобальта (5 г/л) в хелатной форме; Полидон Бор (0,5 л/га) – этаноламинный комплекс с борной кислотой и молибденом, бор (В) – 150 г/л, азот (N общий) – 50 г/л, молибден (Мо) – 1 г/л; Полидон NPK (2 л/га), азот (N общий) – 180 г/л, фосфор (P_2O_5) – 180 г/л, калий (K_2O) – 90 г/л +0,25% МЕ (хелатная форма).

Работу проводили в 2020–2022 годах в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики на землях ООО «Черек-Колос» по методике для полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Размещение вариантов рендомизированное в четырехкратной повторности. Климат – умеренно жаркий с нормальным увлажнением. Среднегдо-

вая температура воздуха – 10,7°C. Сумма положительных температур за вегетационный период – 3131...3407°C. Большая часть осадков выпадает за период активной вегетации (365...518 мм). Почва – чернозем выщелоченный среднемощный слабогумированный тяжелосуглинистый на карбонатных глинах, содержание гумуса в пахотном слое – 3,1%, pH_{KCl} – 5,0, подвижного фосфора – 7,5, обменного калия – 8,0 мг/100 г почвы. Посев проводили сеялкой Gaspardo MTR-8 широкорядным способом (45 см), норма – 500 тыс. всх. сем./га. Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение (Диаммофоска $\text{N}_{10}\text{P}_{26}\text{K}_{26}$). Инкрустирование семян осуществляли с использованием специфического пленкообразователя на основе фосфатидов сои инокулянт Нитрофикс П. Азотфиксирующую способность растений оценивали по количеству клубеньков, их массе, активности нитрогеназы общепринятыми методиками. [8] Полученные данные обработаны методами дисперсионного и корреляционного анализа. [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Увеличение производства высокобелковых зернобобовых культур позволит устранить дефицит белка в кормовой базе животноводства и питания людей. Ежегодное расширение ареала возделывания сои связано не только с высоким содержанием белка (35...48%) в зерне, но и способностью пополнять азотный пул почвы для последующих культур севооборота. Эффективность симбиотической азотфиксации зависит от совокупности почвенно-экологических факторов. Дефицит влаги во время вегетации, особенно в критический для сои период (фаза формирования репродуктивных органов), ингибирует процесс развития микросимбионтов. В годы исследований первая половина вегетации характеризовалась благоприятными условиями увлажнения, что положительно повлияло на образование микросимбионтов. Количество осадков в мае 2020 года – 111,3 мм (100,9%), 2021 – 83,6 (76,0), 2022 – 74,1 мм (67,4%). Хорошие условия роста и развития в период формирования репродуктивных органов растений сои (июль – август) сложились только в 2021 году, когда сумма осадков составила 111,3 мм (154,4% среднемноголетнего значения). В 2020 и 2022 годах при формировании репродуктивных органов растений количество осадков было ниже (50% среднемноголетнего значения). Данные факторы существенно повлияли на формирование симбиотического аппарата растений по годам и фазам развития. Для детального изучения процесса клубенькообразования признаки «число клубеньков» и «масса клубеньков» оценивали в динамике онтогенеза макросимбионта.

В 2020 году количество клубеньков в фазе бутонизации составило 247 шт./м² с массой 5,48 г/м² (контрольный вариант). Фолиарная обработка удобрениями снижала нодуляцию. Самые низкие ее показатели отмечены при действии на вегетирующие растения Полидон NPK (табл. 1). Применение в ранней фазе роста (примордиальный лист) растений Полидон NPK снижало нодуляцию на 61,9%, первого тройчатосложного листа – 58,3, бутониза-

Таблица 1.

Динамика формирования симбиотического аппарата по количеству клубеньков (шт./м²) в различные фазы развития растений сои сорта *СК Веда* по годам

Вариант	фаза обработки	Бутонизация			Цветение			Бобообразование		
		2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль		247	342	132	306	408	96	143	287	72
Молибдат аммония	1	154	205	109	192	242	81	117	186	68
	2	146	208	116	188	226	83	104	183	66
	3	201	326	127	196	354	87	126	201	71
Полидон Бор	1	107	254	96	148	287	69	96	218	57
	2	113	236	91	153	284	73	88	172	64
	3	224	275	103	231	314	82	91	160	66
Полидон Молибден	1	176	307	119	194	448	88	122	275	63
	2	163	309	114	190	423	86	115	258	60
	3	212	283	128	227	402	91	128	224	68
Полидон NPK	1	94	172	54	86	216	56	57	123	51
	2	103	191	61	81	223	59	61	107	53
	3	186	265	87	92	291	63	73	92	57
НСР ₀₅		13,15	5,21	9,01	16,87	3,86	9,89	10,29	3,00	5,25

Примечание. 1 – примордиальный лист; 2 – первый тройчатосложный лист; 3 – начало бутонизации. То же в табл. 2 и 3.

Таблица 2.

Динамика формирования симбиотического аппарата по массе клубеньков (г/м²) в различные фазы развития растений сои сорта *СК Веда* по годам

Вариант	фаза обработки	Бутонизация			Цветение			Бобообразование		
		2020	2021	2022	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Контроль		5,48	8,94	6,47	6,43	6,43	6,43	3,01	7,60	1,29
Молибдат аммония	1	7,25	11,43	7,25	6,15	15,73	4,69	4,21	9,15	1,49
	2	6,71	11,70	6,81	5,86	14,88	4,65	3,22	8,41	1,39
	3	5,04	8,15	6,53	6,02	12,06	4,44	3,53	9,03	1,35
Полидон Бор	1	3,52	10,57	3,46	3,77	13,25	1,93	1,73	4,76	0,91
	2	3,58	9,38	3,51	3,82	12,67	2,19	1,76	4,02	1,09
	3	4,73	6,88	4,33	4,26	9,71	2,71	2,09	3,84	1,25
Полидон Молибден	1	9,32	17,05	7,49	10,03	24,08	5,63	5,12	11,04	2,08
	2	8,16	15,32	6,73	9,24	21,60	5,16	4,37	9,79	1,86
	3	5,57	6,07	6,91	6,10	17,83	4,73	3,71	8,13	1,84
Полидон NPK	1	2,13	2,34	1,19	2,05	3,07	1,23	0,68	1,97	0,71
	2	2,75	2,75	1,46	2,17	3,86	1,29	1,09	1,70	1,01
	3	3,89	5,84	2,26	2,26	4,89	1,70	1,24	1,82	0,91
НСР ₀₅		0,30	0,29	0,53	0,32	0,21	0,76	0,17	0,07	0,38

ции – 24,7%. При использовании комплекса Полидон Бор в зависимости от срока обработки количество клубеньков уменьшилось на 56,7% (примордиальный лист), 54,3 (первый тройчатосложный лист), 9,3% (начало бутонизации) относительно контроля. Разные формы молибденсодержащих

удобрений в меньшей степени, но также понижали количество клубеньков на 37,7 и 28,7% при обработке в фазе примордиального листа, 40,9 и 34,1% – первого тройчатосложного листа, 18,6 и 14,2% – начала бутонизации Молибдатом аммония и Полидон молибденом соответственно. Фолиарная обработка молибденсодержащими удобрениями макросимбионта способствовала увеличению массы микросимбионтов. В вариантах ранней обработки (примордиальный лист) Молибдат аммонием и Полидон молибденом масса клубеньков превышала контроль в 1,32 и 1,70 раза соответственно. Применение их в фазе первого тройчатосложного листа также повышало массу клубеньков в 1,22 и 1,49 раза относительно контроля, но показатель уменьшился по сравнению с вариантом обработки в фазе примордиального листа на 0,54 и 1,16 г/м² соответственно. Наибольшее снижение массы клубеньков отмечали с использованием Молибдат аммония и Полидон молибдена в фазе начала бутонизации (табл. 2).

Пик клубенькообразования у растений сои сорта *СК Веда* пришелся на фазу цветения. Наивысшие показатели нодуляции отмечены в контрольном варианте – 306 шт./м² с массой 6,43 г/м², наименьшие с удобрением Полидон NPK – 81...92 шт./м². Обработка вегетирующих растений Полидон молибденом увеличила массу клубеньков относительно контрольного варианта в 1,55 (примордиальный лист) и 1,43 раза (первый тройчатосложный лист). Более поздняя обработка (начало бутонизации) молибденсодержащим удобрением не способствовала увеличению массы клубеньков. В опыте максимальные значения массы одного клубенька (0,052 г) зафиксированы с Полидон молибденом в фазе примордиального листа. Хотя показатели нодуляции контрольного варианта были самые высокие, клубеньки сформировались мелкие (0,021 г). При применении Полидон NPK и Полидон Бора на макросимбионте формировались микросимбионты массой 0,24...0,25 г, с минеральной формой молибдена – 0,03 г.

К фазе бобообразования параметры нодуляции у растений значительно снизились во всех вариантах опыта. Количество клубеньков в контрольном варианте составило 143 шт./м², что было меньше в 2,13 раза, чем в фазе цветения. В вариантах обработки макро- и микроудобрениями параметры нодуляции уменьшились в 1,26...2,54 раза. Показатель массы одного клубенька был максимальным с молибденсодержащими удобрениями в фазе примордиального листа – 0,042 г (Полидон молибден) и 0,036 г (Молибдат аммония).

В благоприятном 2021 году самые высокие показатели нодуляции у растений отмечены также в фазе цветения. В контрольном варианте количество клубеньков составило 408 шт./м² с массой 11,49 г/м². Обработка Полидон молибденом (примордиальный лист) увеличила количество клубеньков на 9,8%. Во всех остальных вариантах этот показатель был ниже на 54...192 шт./м². Максимальное ингибирование нодуляционного процесса происходило с Полидон NPK, обработка в ранней фазе развития усиливала процесс. Обработка вегетирующих растений Полидон NPK в фазах начала бутонизации и примордиального листа количество клубеньков умень-

Таблица 3.

Характеристика азотфиксирующей активности и качества семян сои сорта СК Веда в зависимости от фолларной обработки минеральными удобрениями, средняя за 2020–2022 годы

Вариант		Количество клубеньков, шт./м ²	Масса клубеньков, г/м ²	Нитрогеназная активность, мкг N ₂ /раст. ч	Содержание белка, %
удобрение	фаза обработки				
Контроль		270	7,67	208,3	36,2
Молибдат аммония	1	172	8,86	235,1	39,7
	2	166	8,46	212,8	39,1
Полидон Бор	3	169	7,50	188,2	37,3
	1	168	6,32	134,8	35,2
	2	170	6,23	130,7	34,6
Полидон Молибден	3	209	5,56	95,4	34,1
	1	243	12,94	281,6	41,2
	2	233	12,0	266,3	40,7
Полидон NPK	3	240	9,55	248,1	40,1
	1	119	2,12	26,4	31,4
	2	121	2,44	28,9	31,6
	3	149	2,95	31,2	32,4

шилось на 29 и 47% соответственно по сравнению с контрольным вариантом. Под действием Полидон молибдена сформировались самые крупные клубеньки в опыте – 0,054, 0,051, 0,44 г при обработке соответственно в фазе примордиального листа, первого тройчатосложного листа, начала бутонизации. Обработка растений сои Полидон NPK в 3,74, 2,98, 2,35 раза снижала значения показателя массы клубеньков и массы одного клубенька относительно контроля. В варианте на макросимбионте сформировались мелкие микросимбионты со средней массой 0,014...0,017 г. Полидон Бор снизил показатели нодуляции относительно контроля в зависимости от фазы обработки в 1,42, 1,44, 1,29 раза. Хотя обработка в ранней фазе роста растений сои уменьшала количество клубеньков, их масса (13,25 шт./м²) была выше в 1,36 раза, чем у сформированных в варианте более поздней обработки (начало бутонизации). Показатели симбиотического аппарата (количество клубеньков и их масса) в фазе бобообразования снижались и во второй год исследования относительно показателей в фазах бутонизации и цветения, но превышали эти параметры, сформировавшиеся в 2020 году. В контрольном варианте количество клубеньков составило 287 шт./м², что превысило значение показателя за 2020 год в два раза. При обработке Полидон NPK параметры нодуляции были минимальными в опыте (92...123 шт./м²), но выше по сравнению с 2020 годом в 1,26...2,16 в зависимости от варианта обработки. Это связано с благоприятным распределением осадков на протяжении вегетации культуры в 2021 сельскохозяйственном году и недостаточным количеством осадков в период цветение-бобообразование в 2020 году. Кроме недостаточного увлажнения, на снижение параметров нодуляции (число клубеньков) к концу вегетации влияет процесс естественного старения микросимбионта. Т.А. Серова, В.Е. Цыганов (2014) отмечают, что признак эффективной нодуляции – сохранение большего количества клубеньков, так как происходящая при их старении деградация белка позволяет повторно утилизировать азот. [10]

За три года исследований самые низкие параметры нодуляции были в неблагоприятном 2022 году – в контрольном варианте количество клубеньков в фазе бутонизации составило 132 шт./м² с массой 6,47 г/м². В фазе цветения количество клубеньков снизилось в 1,4 раза, бобообразования – 1,83. Параметры нодуляции были минимальными при обработке растений сои Полидон NPK. Обработка азотсодержащим удобрением снижала количество клубеньков во все фазы обработки в 1,28...2,44 раза относительно контроля.

В анализируемый год масса клубеньков также увеличивалась в вариантах ранней обработки растений сои молибденсодержащими удобрениями в 1,16 и 1,12 раза относительно контроля. Средняя масса клубенька в фазе бутонизации – 0,053...0,063 г. Мелкие клубеньки со средней массой 0,022...0,025 г формировались с Полидон NPK. Неблагоприятные условия увлажнения в период цветение-бобообразование 2022 года оказали негативное влияние на параметры нодуляции.

Активность нитрогеназы в среднем за годы исследований составила 26,4...281,6 мкг N₂/раст. ч. В кон-

троле (инокуляция азотфиксирующими микроорганизмами) активность нитрогеназы – 208,3 мкг N₂/раст. ч (табл. 3). Анализ сопряженностей выявил сильную корреляционную связь между активностью нитрогеназы и массой клубеньков (г/м²) – $r = +0,97$, а также их количеством (шт./м²) – $r = +0,78$.

Инокуляция семян сои азотфиксирующими микроорганизмами и фолларная обработка растений Полидон молибденом увеличили активность нитрогеназы на 35,2...19,1% и содержание белка на 3,9...5,0% относительно контроля в зависимости от фазы обработки. Применение Полидон NPK значительно снижало параметры азотфиксирующей активности и качества семян.

Выводы. Фолларная обработка макро- и микроудобрениями инокулированных растений азотфиксирующими микроорганизмами снижает параметры нодуляции. Применение Молибдат аммония и Полидон молибдена увеличивает массу клубеньков. Эффективность повышается при обработке в фазе примордиального листа. Использование азотсодержащего удобрения в ранние фазы развития сои существенно снижает параметры нодуляции и угнетает симбиоз. Фолларная обработка растений сои Полидон молибденом повышает активность нитрогеназы на 35,2, содержание белка – 5,0%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев Н.Н., Дубинкина Е.А. Эффективность микробиологических удобрений при обработке семян и растений сои на северо-востоке ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 67–72. DOI:10.24411/2309-348X-2019-11091.
2. Береговая Ю.В., Тычинская И.Л., Петрова С.Н. и др. Сортовая специфичность эффектов ризобактерий в отношении азотфиксирующего симбиоза и минерального питания сои в условиях агроценоза // Сельскохозяйственная биология. 2018. № 5. С. 977–993.

3. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. 2018. № 4. С. 19–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2.
4. Васин В.Г., Саниев Р.Н., Васин А.В. и др. Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои // Агрехимический вестник. 2019. № 2. С. 47–52.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Осин А.А., Осина Е.А. Роль микробиологических удобрений в повышении эффективности симбиотической деятельности, продуктивности и качества семян скороспелого сорта сои Мезенка // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2(30). С. 84–89. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11095.
7. Парахин Н.В., Осин А.А., Донская М.В. Повышение продуктивности и качества семян сои за счет интенсификации азотфиксации // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 2. С. 118–122.
8. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М., 1991. 300 с.
9. Проворов Н.А., Онищук О.П. Эколого-генетические основы конструирования высокоэффективных азотфиксирующих микробно-растительных симбиозов // Экологическая генетика. 2019. Т. 17. № 1. С. 11–18. DOI: 10.17816/ecogen17111-18.
10. Серова Т.А., Цыганов В.Е. Старение симбиотического клубенька у бобовых растений: молекулярно-генетические и клеточные аспекты (обзор) // Сельскохозяйственная биология 2014. № 5. С. 3–15.
1. Belyaev N.N., Dubinkina E.A. Effektivnost' mikrobiologicheskikh udobrenij pri obrabotke semyan i rastenij soi na severo-vostoke CCHR // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2(30). S. 67–72. DOI:10.24411/2309-348X-2019-11091/
2. Beregovaya Yu.V., Tychinskaya I.L., Petrova S.N. i dr. Sortovaya specifichnost' effektivov rizobakterij v otnoshenii azotfiksiruyushchego simbioza i mineral'nogo pitaniya soi v usloviyah agrocenoza // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. № 5. S. 977–993.
3. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Upravlenie vegetaciej perspektivnyh sortoobrazcov soi putem primeneniya vysokoeffektivnyh inokulyantov // Zemledelie. 2018. № 4. S. 19–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2/
4. Vasin V.G., Saniev R.N., Vasin A.V. i dr. Primenenie mikroudobritel'nyh smesej i biopreparatov pri vozdelivanii soi // Agrohimicheskij vestnik. 2019. № 2. S. 47–52.
5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
6. Osin A.A., Osina E.A. Rol' mikrobiologicheskikh udobrenij v povyshenii effektivnosti simbioticheskoy deyatel'nosti, produktivnosti i kachestva semyan skorospelogo sorta soi Mezenka // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2 (30). S. 84–89. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11095.
7. Parahin N.V., Osin A.A., Donskaya M.V. Povyshenie produktivnosti i kachestva semyan soi za schet intensivifikacii azotfiksacii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2014. № 2. S. 118–122.
8. Posypanov G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksacii azota vozduha. M., 1991. 300 s.
9. Provorov N.A., Onishchuk O.P. Ekologo-geneticheskie osnovy konstruirovaniya vysokoeffektivnyh azotfiksiruyushchih mikrobno-rastitel'nyh simbiozov // Ekologicheskaya genetika. 2019. T. 17. № 1. S. 11–18. DOI: 10.17816/ecogen17111-18.
10. Serova T.A., Cyganov V.E. Starenie simbioticheskogo kluben'ka u bobovyh rastenij: molekulyarno-geneticheskie i kletochnye aspekty (obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya 2014. № 5. S. 3–15.

REFERENCES

Поступила в редакцию 05.06.2023

Принята к публикации 19.06.2023

ВЛИЯНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Ирина Мироновна Ханиева¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Алий Леонидович Бозиев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры
Мурат Владимирович Кашуков¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Камалудин Газимагомедович Магомедов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Андемиркан Арсеанович Одижев¹, аспирант
Василий Павлович Егоров²

¹Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова,
г. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

²ФГБУ ГЦАС «Ставропольский», г. Михайловск, Ставропольский край, Россия
E-mail: imhanieva@mail.ru

Аннотация. В экологическом сельском хозяйстве применение биологических продуктов и регуляторов роста – это наиболее безопасное и эффективное средство защиты растений от вредителей и болезней. В статье приведены результаты исследований по использованию на посевах гибридов подсолнечника жидких органоминеральных удобрений отечественного производства. Установлено влияние совместного действия жидких органоминеральных удобрений Полидон Био Масличный + Биостим Масличный и Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный (фон минерального удобрения – $N_{60}P_{40}K_{60}$), на значение показателей фотосинтетической деятельности посевов, формирования и накопления наземной массы, сухого вещества, продуктивности и качественных результатов получаемой продукции. Наиболее урожайные гибриды подсолнечника при возделывании на выщелоченных черноземах: Аполло, Фактор и ЕС Белла с урожайностью до 30–32 ц/га и выходом масла до 16 ц/га. Применение минеральных и жидких органоминеральных удобрений увеличивает содержание масла в семенах гибридов, влияет на сбор масла с единицы площади. В контроле (без обработок) уровень масличности варьировал от 51,14 до 52,67%, максимальный сбор масла в этих вариантах – 14,47 ц/га, с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га, максимальная масличность и сбор масла – 54,83% и 15,69 ц/га соответственно, с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Гуттафол Масличный – 1,0 л/га – 53,93% и 14,54 ц/га.

Ключевые слова: гибриды подсолнечника, урожайность, масличность, органоминеральные удобрения

INFLUENCE OF DOMESTIC LIQUID ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY INDICATORS OF SUNFLOWER HYBRIDS

I.M. Khanieva¹, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
A.L. Bozиеv¹, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
M.V. Kashukov¹, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
K.G. Magomedov¹, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
A.A. Odizhev¹, PhD Student
V.P. Egorov²

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

²FGBI GCAS “Stavropol”, Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russia

E-mail: imhanieva@mail.ru

Abstract. In ecological agriculture with the use of biological products and growth regulators, this is the safest and most effective means of protecting plants from pests and diseases. The article presents the results of research on the use of liquid organomineral fertilizers of domestic production on sunflower hybrids crops. The influence of the combined action of liquid organomineral fertilizers “Polydon Bio Oily” + “Biostim Oily and Polydon Bio Oily” + “Guttafol Oily” (mineral fertilizer background – $N_{60}P_{40}K_{60}$) on the value of indicators of crop photosynthetic activity, the ground mass formation and accumulation, dry matter, products productivity and quality the results was obtained. The most productive sunflower hybrids cultivated on leached chernozems are: Apollo, Factor and EC Bella with a yield of up to 30–32 c/ha and an oil yield of up to 16 c/ha. The application of mineral fertilizers $N_{60}P_{40}K_{60}$ and liquid organomineral fertilizers increases the oil content in the seeds of the hybrids under study and affects the collection of oil per unit area. In the control (without treatments) the oil content varied from 51.14% to 52.67%, the maximum oil yield in these options was 14.47 kg/ha; with the use of Polydon Bio Oily – 0.8 l/ha + Biostim Oily – 1.0 l/h the maximum oil content and oil yield – 54.83% and 15.69 kg/ha, respectively, with Polydon Bio Oily – 0.8 l/ha + Guttafol Oily – 1.0 l/ha – 53, 93% and 14.54 q/ha.

Keywords: sunflower hybrids, yield, oil content, organomineral fertilizers

Одна из самых прибыльных культур в современном земледелии – подсолнечник. В России он пользуется наибольшим спросом среди масличных

культур. На заседании Правительства РФ в рамках реализации федерального проекта «Экспорт продукции АПК» принято распоряжение Пра-

Таблица 1.

Урожайность и масличность гибридов подсолнечника с применением минеральных и жидких органоминеральных удобрений, средняя за 2020–2022 годы

Гибрид	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га	Масличность, %	Сбор масла, кг/га
Контроль (без обработок)				
<i>Элвас</i> (St)	24,86	–	52,34	1301,1
<i>Орлан</i>	24,95	0,09	52,67	1314,1
<i>Аполло</i>	27,72	2,86	52,22	1447,0
<i>Селект</i>	25,31	0,45	51,73	1309,3
<i>Изида</i>	23,37	– 1,49	51,71	1208,5
<i>ЕС Белла</i>	26,38	1,52	52,41	1382,6
<i>Фактор</i>	25,78	0,92	52,41	1351,0
<i>Терра</i>	26,46	1,60	51,14	1353,2
Полидон Био Масличный + Биостим Масличный				
<i>Элвас</i> (St)	26,78	–	51,11	1368,7
<i>Орлан</i>	28,63	1,85	54,83	1569,8
<i>Аполло</i>	29,81	3,03	54,71	1630,9
<i>Селект</i>	27,42	0,64	54,83	1503,4
<i>Изида</i>	28,37	1,59	54,42	1543,9
<i>ЕС Белла</i>	30,56	3,78	54,81	1675,0
<i>Фактор</i>	28,23	1,45	52,83	1491,4
<i>Терра</i>	29,21	2,43	52,21	1525,0
Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный				
<i>Элвас</i> (St)	26,43	–	52,63	1391,0
<i>Орлан</i>	26,94	0,51	53,21	1433,5
<i>Аполло</i>	29,21	2,78	53,52	1563,3
<i>Селект</i>	27,18	1,05	52,91	1438,1
<i>Изида</i>	26,86	0,43	53,41	1434,6
<i>ЕС Белла</i>	26,97	0,54	53,93	1454,5
<i>Фактор</i>	27,37	0,94	53,12	1453,9
<i>Терра</i>	27,29	0,86	52,51	1433,0
НСР 0,5 для частных различий	0,13			
НСР 0,5 для фактора А	1,10			
НСР 0,5 для фактора В	0,41			
НСР 0,5 для фактора АВ	0,70			

вительства Российской Федерации от 13 октября 2022 года № 2988-р, в котором поддержано предложение Минсельхоза России о выделении в 2022 году 4,8 млрд руб. на стимулирование производства не менее 1,7 млн т масличных культур (соя, рапс, подсолнечник, лен). Бюджет, выделенный в рамках этого проекта, планируется распределить 43 регионам, для Кабардино-Балкарской Республики – 21335,9 тыс. руб.

Принятое решение позволит аграриям сохранить рентабельность производства, смягчить последствия логистических ограничений, а также подготовиться к следующему сезону по закупке районированных семян и удобрений. [3]

Цель работы – повышение продуктивности гибридов подсолнечника при возделывании в условиях Кабардино-Балкарской Республики и улучшение качественных показателей получаемой продукции при использовании минеральных удобрений и био-препаратов.

Задачи: установить урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от изучаемых в опыте факторов; определить влияние факторов на уровень масличности и выход масла с единицы площади; проанализировать экономическую эффективность возделывания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики на территории учебно-производственного комплекса ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ в 2020–2022 годах проводили исследования по выявлению наиболее эффективных препаратов на посевах подсолнечника.

Объект изучения – гибриды (*Элвас*, *Орлан*, *Аполло*, *Селект*, *Изида*, *ЕС Белла*, *Фактор*, *Терра*). В опытах использовали жидкие органоминеральные удобрения – Полидон Био Масличный, Биостим Масличный, Гуттафол Масличный.

Схема опыта: Фактор А – гибриды, Фактор Б – био-препараты.

1. Без обработки посевов; 2. Полидон Био Масличный + Биостим Масличный; 3. Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный.

Повторность четырехкратная, площадь делянок – 100 м².

Минеральное удобрение – N₆₀P₄₀K₆₀, жидкие органоминеральные – Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га и Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Гуттафол Масличный – 1,0 л/га. Агротехника общепринятая для данной зоны. [2, 4] Предшественник – горох.

Площадь листьев определяли методом высечек [1], фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза – по формуле Кидда, Веста и Бриггса (Ничипорович, 1956), жирность – методом обезжиренных остатков по Сокслету.

Расчет сбора масла с урожаем семян проводили по формуле:

$$C = U \times M \times (100 - 7,0) : 100,$$

где C – сбор масла, т/га; U – урожайность, т/га; M – содержание масла в семенах, %; 7,0 – коэффициент пересчета на стандартную влажность.

Учет урожая вели поделочно, в пересчете на условную влажность 7%. Экспериментальные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа двухфакторного эксперимента. [1]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Урожайность подсолнечника зависит от биологических, агротехнических и абиотических факторов. Установлено, что погодные условия влияют на уровень урожайности гибридов: в 2021 году отмечена самая низкая урожайность в отличие от 2020 и 2022 годов. В 2020 уровень урожайности – 31,1 ц/га, 2021 – 21,6, 2022 – 33,2 ц/га.

Таблица 2.

Экономическая эффективность возделывания гибридов подсолнечника с применением минеральных и жидких органоминеральных удобрений

Гибрид	Урожайность, ц/га	Производственные затраты, руб./га	Стоимость валовой продукции, руб.	Условно чистый доход с 1 га, руб.	Уровень рентабельности, %
Контроль (без обработок)					
<i>Элвас</i> (St)	24,86	30 841,84	74 580,0	43 738,0	141,81
<i>Орлан</i>	24,95	30 846,92	74 850,0	44 003,8	142,65
<i>Аполло</i>	27,72	31 755,71	83 160,0	51 404,3	161,87
<i>Селект</i>	25,31	30 949,73	75 930,0	44 980,0	145,33
<i>Изида</i>	23,37	30 706,09	70 110,0	39 403,0	128,32
<i>ЕС Белла</i>	26,38	31 755,72	79 140,0	47 384,3	149,22
<i>Фактор</i>	25,78	31 816,33	77 340,0	45 523,7	143,08
<i>Терра</i>	26,46	32 622,20	79 380,0	46 757,8	143,33
Полидон Био Масличный + Биостим Масличный					
<i>Элвас</i> (St)	26,78	33 315,61	80 340,0	47 024,39	141,15
<i>Орлан</i>	28,63	33 458,69	85 890,0	52 431,31	156,70
<i>Аполло</i>	29,81	33 458,44	89 430,0	55 971,56	167,29
<i>Селект</i>	27,42	33 315,88	82 160,0	48 844,0	146,61
<i>Изида</i>	28,37	33 315,76	85 110,0	51 794,24	155,46
<i>ЕС Белла</i>	30,56	33 347,32	91 680,0	58 332,68	174,92
<i>Фактор</i>	28,23	34 182,21	84 690,0	50 561,79	147,92
<i>Терра</i>	29,21	34 325,11	87 630,0	53 304,89	155,29
Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный					
<i>Элвас</i> (St)	26,43	32 875,78	79 290,0	46 414,22	141,18
<i>Орлан</i>	26,94	32 876,74	80 820,0	47 943,26	145,83
<i>Аполло</i>	29,21	33 118,51	87 630,0	54 511,49	164,59
<i>Селект</i>	27,18	32 876,69	81 540,0	48 663,31	148,02
<i>Изида</i>	26,86	33 169,99	80 580,0	47 410,01	142,93
<i>ЕС Белла</i>	26,97	32 875,81	80 910,0	48 034,19	146,11
<i>Фактор</i>	27,37	33 742,41	82 110,0	48 367,59	143,34
<i>Терра</i>	27,29	33 745,45	81 870,0	48 124,55	142,61

Применение жидких органоминеральных удобрений существенно повышает урожайность, в среднем до 27,62 и 25,22 ц/га, в соответствии с применяемыми препаратами Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га, и Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Гуттафол Масличный – 1,0 л/га. Максимально урожайность выросла на 4,14 ц/га (17,6%) и 1,74 ц/га (7,4%) (табл. 1).

За три года исследований установлено, что в среднем, общий уровень урожайности гибридов подсолнечника для выщелоченных черноземов оказался высоким. Внесение минеральных удобрений обеспечило прибавку урожая – 2,72 ц/га (12,4%), жидких органоминеральных удобрений отечественного производства Полидон Био Масличный + Биостим Масличный – 2,67 ц/га (10,7%), Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный – 2,27 ц/га (9,6%). По всем вариантам прибавка урожая достоверная, в среднем – 2,56 ц/га (11,0%).

Наибольшей продуктивностью с жидкими органоминеральными удобрениями Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га отличались гибриды подсолнечника *Аполло* – 29,81 ц/га, *ЕС Белла* – 30,56, *Терра* – 29,21 ц/га.

Максимальная урожайность за три года была достигнута у гибрида *Аполло* (34,0 ц/га) в 2020 году с N₆₀P₄₀K₆₀ и Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га.

Результаты показывают, что использование минеральных и жидких удобрений на посевах подсолнечника приводит к увеличению уровня масличности и сбора масла с единицы площади.

В среднем значение показателя масличность варьировало от 51,11 до 54,83%, сбор масла – 12,08...16,75 ц/га.

Применение жидких органоминеральных удобрений привело к повышению значения качественных показателей. В варианте с препаратами Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный (фон – N₆₀P₄₀K₆₀) минимальный сбор масла составил 13,20 ц/га. Лучшим оказался вариант совместного применения препаратов Полидон Био Масличный + Биостим Масличный – 16,75 ц/га, что на 4,2% выше того, где использовали Полидон Био Масличный + Гуттафол Масличный.

Наилучшие по сбору масла оказались гибриды *ЕС Белла*, *Орлан* и *Терра* (11,20...12,34 ц/га) на фоне действия минеральных и жидких органоминеральных удобрений Полидон Био Масличный + Биостим Масличный.

Как с минеральными, так и жидкими органоминеральными удобрениями повышается масличность гибридов и увеличивается сбор масла с единицы площади. Уровень масличности был статочно высоким – 46,96...54,82%.

Анализ данных по исследуемым гибридам за 2020–2022 годы показал, что лучшими по сбору масла с единицы площади были: *Терра* – 16,56 ц/га, *Аполло* – 17,93 и *ЕС Белла* – 17,78 ц/га, уровню масличности – 54,71...54,81%, в варианте с минеральными и жидкими удобрениями Полидон Био Масличный + Биостим Масличный – 1,0 л/га из-за более высокой урожайности и масличности.

Для обоснования целесообразности использования минеральных и жидких удобрений при выращивании гибридов подсолнечника необходимо учитывать показатели экономической эффективности, так как стояла задача помимо повышения урожайности, окупить затраты от их применения. Средняя реализационная цена семян подсолнечника в 2022 году – 30000 руб./т.

Согласно расчетам производственные затраты при выращивании гибридов подсолнечника в Кабардино-Балкарии по вариантам – 30841,84...34325,11 руб./га.

Применение удобрений позволило получить прибавку урожая – 0,43...3,78 ц/га, уровень рентабельности – 141,15...174,92%.

Анализ данных по экономической эффективности показал (табл. 2), что использование удобрений (минеральные, жидкие органоминеральные) при выращивании гибридов подсолнечника экономически обосновано по всем вариантам опыта (уровень рентабельности увеличился до 174,92%).

Выводы. Совместное применение минеральных и жидких органоминеральных удобрений оказало

существенное положительное влияние на урожайность подсолнечника. В среднем за годы исследований использование $N_{60}P_{40}K_{60}$ позволило увеличить урожайность на 3,78 ц/га (11%) относительно контроля. В вариантах, где применяли жидкие органоминеральные удобрения наилучший результат получен с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га, средняя урожайность была выше (1,46...3,79 ц/га), чем на контроле и с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Гуттафол Масличный – 1,0 л/га. Максимальная урожайность у *Аполло* – 29,81 ц/га, *Терра* – 29,21 и *ЕС Белла* – 30,56 ц/га.

Минеральные и жидкие органоминеральные удобрения увеличивают содержание масла в семенах гибридов и влияют на сбор масла с единицы площади. На контроле (без обработок) уровень масличности – 51,14...52,67%, максимальный сбор масла – 14,47 ц/га с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Биостим Масличный – 1,0 л/га, максимальная масличность и сбор масла – 54,83% и 15,69 ц/га соответственно, с Полидон Био Масличный – 0,8 л/га + Гуттафол Масличный – 1,0 л/га – 53,93% и 14,54 ц/га.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350. ISBN 978-5-903034-96-3 (в пер.).
2. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами, 2-е издание, 2010 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://vniimk.ru/press/scientific-publication/metodika-provedeniya-polevykh-agrotekhnicheskikh-opytov-s-maslichnymi-kulturami-2-e-izdanie-2010-g>.
3. Распоряжение Правительства РФ от 13 октября 2022 г. № 2988-р [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/46775>.
4. Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Шалов Т.Б. и др. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество семян гибридов подсолнечника в условиях Кабардино-Балкарии//Проблемы развития АПК региона. 2022. № 2 (50). С. 120–125.
5. Ханиева И.М., Бозиев А.Л., Егоров В.П. и др. Способы повышения продуктивности гибридов подсолнечника

в КБР // В сборнике: Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК. Сборник научных трудов по итогам IX Межд. науч.-практ. конф., посвящ. памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б.Х. Жерукова. Нальчик, 2021. С. 68–76.

6. Haniyeva I., Abdulkhalikov R., Shogenov Y. et al. Use of regulators of growth in increase of efficiency of hybrids of sunflower in KBR // 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.

REFERENCES

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. 350. ISBN 978-5-903034-96-3 (v per.).
2. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami, 2-e izdanie, 2010 g. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://vniimk.ru/press/scientific-publication/metodika-provedeniya-polevykh-agrotekhnicheskikh-opytov-s-maslichnymi-kulturami-2-e-izdanie-2010-g>.
3. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 13 oktyabrya 2022 g. № 2988-r [Elektronnyj resurs]. URL: <http://government.ru/docs/46775>.
4. Haniyeva I.M., Boziev A.L., Shalov T.B. i dr. Vliyaniye regulyatorov rosta na produktivnost' i kachestvo semyan gibridov podsolnechnika v usloviyah Kabardino-Balkarii// Problemy razvitiya APK regiona. 2022. № 2 (50). S. 120–125.
5. Haniyeva I.M., Boziev A.L., Egorov V.P. i dr. Sposoby povysheniya produktivnosti gibridov podsolnechnika v KBR// V sbornike: Rol' nauki i tekhnologii v obespechenii ustojchivogo razvitiya APK. Sbornik nauchnykh trudov po itogam IX Mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati zasluzhennogo deyatelya nauki RF i KBR, professora B.H. Zherukova. Nal'chik, 2021. S. 68–76.
6. Haniyeva I., Abdulkhalikov R., Shogenov Y. et al. Use of regulators of growth in increase of efficiency of hybrids of sunflower in KBR // 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.

Поступила в редакцию 13.03.2023

Принята к публикации 27.04.2023

ОЦЕНКА ФИТОСАНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОСЕВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Наталья Анатольевна Чуюн, доктор сельскохозяйственных наук
Галина Михайловна Брескина, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»,
г. Курск, Россия
E-mail: natalia-chuyan@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты засоренности посевов овса посевного и кукурузы по фазам их развития и проявления признаков заболеваемости септориозом овса в опыте с применением агробιοтехнологии, включающей биопрепараты Трихоплант, СК (на основе *Trichoderma*) и Биогор-Ж (*Lactobacillus*), азотные удобрения (10 кг д. в. N на 1 т соломы) и известь в дозе 1,5 т/га при использовании измельченной побочной продукции в качестве удобрения. Научно-производственный опыт заложен в 2018 году (Медвенский район, Курская область) на двух полях. В 2022 году на первом поле (зерновой севооборот) возделывали овес посевной (*Avena sativa* L.) сорта Борец (предшественник – гречиха), втором (зернопропашной) – кукурузу на зерно (*Zea mays* L.), Делитоп (предшественник – озимая пшеница). Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений и послеуборочных остатков); 2. Измельченная побочная продукция культуры – фон; 3. Фон + азотные удобрения; 4. Фон + известь; 5. Фон + биопрепараты; 6. Фон + биопрепараты + азотные удобрения; 7. Фон + биопрепараты + известь. Численность сорняков при внесении биопрепаратов с азотными удобрениями в фазе выметывания в посевах кукурузы и овса была ниже на 36,7 и 76,4% соответственно по отношению к контролю. Количество пораженных растений овса септориозом по сравнению с контролем снижалось на 14,9% с внесением биопрепаратов в фазе кущения и на 22,9% при совместном использовании биопрепаратов с известью в фазе выметывания.

Ключевые слова: биопрепараты, побочная продукция, овес посевной, гибрид кукурузы, азотные удобрения, известь, засоренность, заболеваемость

ASSESSMENT OF THE PHYTOSANITARY STATE OF AGRICULTURAL SEEDINGS USING AGROBIOTECHNOLOGY

N.A. Chuyan, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
G.M. Breskina, *PhD in Agricultural Sciences*

Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Agricultural Kursk Research Center”, Kursk, Russia
E-mail: natalia-chuyan@yandex.ru

Abstract. The results of weed infestation of cultivated oats and maize by the phases of their development and the manifestation of the signs of oat septoria affection in the experiment with an applied agrobiotechnology, including the use of biological preparations Trichoplant, SK (based on *Trichoderma*) and Biogor-Zh (based on *Lactobacillus*), nitrogen fertilizers (at the rate of 10 kg of NPPN per 1 ton of straw) and lime at the rate of 1.5 t/ha when using crushed by-products as fertilizer are presented. The work was carried out in the scientific and production experiment, founded in 2018 and located in Kursk Region, in Medvensky District, settlement of Panino, in two fields. In 2022 in the first field (cereal crop rotation) cultivated oat (*Avena sativa* L.) of the variety “Borets” was grown with buckwheat as a previous crop, in the second field (cereal and row crop rotation) maize for grain (*Zea mays* L.) of the variety “Delitop” was cultivated with winter wheat as a previous crop. The results were obtained in the following variants: 1. Control (no fertilizers and afterharvesting residues); 2. Crushed by-products of the crop as a background; 3. Background + nitrogen fertilizers; 4. Background + lime; 5. Background + biopreparations; 6. Background + biopreparations + nitrogen fertilizers; 7. Background + biopreparations + lime. The number of weeds less by 36.7 and 76.4% related to the control, respectively, was found when biopreparations with nitrogen fertilizers were applied in maize and cultivated oats in the phase of ear emergence. The number of oat plants affected with ceptoria in the variants with biopreparations applied in the tillering phase and with combined application of biopreparations and lime in the phase of ear emergence was by 14.9 and 22.9% less as compared to the control, respectively.

Keywords: biopreparations, by-products, cultivated oats, maize hybrid, nitrogen fertilizers, lime, weed infestation, cultivated oats morbidity

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства в последние годы получили развитие агробιοтехнологии с использованием микробиологических препаратов, обеспечивающих защиту растений от болезней и стимуляцию их роста. Многолетнее применение микробиологических средств не только помогает снизить количество возбудителей болезней в почве, но и существенно увеличивает ее плодородие. [12] Технология возделывания культур с биопрепаратами рентабельнее по сравне-

нию с традиционной на основе химических пестицидов [8], что позволяет уменьшить количество пестицидов и снизить загрязнение окружающей среды фунгицидами.

Проблемы, вызванные особенностями современных агротехнологий и климатическими изменениями, приводят к значительным потерям урожая и ухудшению его качества [9, 14], поэтому оптимизация фитосанитарного состояния почвы – один из определяющих факторов продуктивности растений.

Ухудшение фитосанитарного состояния имеет несколько причин, одна из которых – низкое поступление в почву органического вещества, которое снижает супрессивность почвы и усугубляет ряд фитопатогенных проблем. [11] Улучшить ситуацию можно с помощью биологизации земледелия. [4, 6]

Сжигать солому при недостатке органики и минеральных удобрений в современных экономических условиях недопустимо, поэтому снизить инфекционный фон можно обработкой семян протравителями, в том числе и биопрепаратами на основе антагонистических по отношению к патогенам штаммов бактерий. [1] Основные действующие компоненты биопрепаратов и другие биологически активные вещества обеспечивают высокую эффективность их действия от болезней и вредителей. [2]

Результаты исследований показали, что применение биологических препаратов Оргамика Ф и Bio-dix способствовало снижению поражения растений корневыми гнилями в течение всего вегетационного периода зерновых культур, а также улучшению фитосанитарного состояния почвы. [13] Интенсивность развития септориоза снизилось у сои на 4,0...7,5% относительно контроля. [10]

Агробиотехнология с использованием микробиологических препаратов не только повышает эффективность сельскохозяйственного производства из-за роста урожайности и качества выращенной продукции, но и обеспечивает защиту растений от болезней и стимуляцию их роста.

Цель работы – оценить фитосанитарное состояние посевов овса посевного (*Avena sativa* L.) и гибрида кукурузы (*Zea mays* L.) в опыте с агробиотехнологией, включающей биопрепараты Трихоплант (на основе *Trichoderma*) и Биогор-Ж (*Lactobacillus*), азотные удобрения и известь при поверхностной заделке побочной продукции на удобрение.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт заложен в 2018 году на территории ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курская область) на двух полях. В 2022 году на первом поле (зерновой севооборот) возделывали овес посевной (*Avena sativa* L.) *Борец* (предшественник – гречиха), втором (зернопропашной) – кукурузу на зерно (*Zea mays* L.), *Делумон* (предшественник – озимая пшеница). Микробиологические препараты: Трихоплант, СК и Биогор-Ж.

Трихоплант, СК содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6), продукты его жизнедеятельности, предназначен для обработки семян и почвы перед посевом, растений в период вегетации и растительных остатков после уборки предшествующей культуры. Биопрепарат снижает фитотоксичность, улучшает агрохимические характеристики любого типа почв, стимулирует рост и повышает иммунитет растений.

Комплексный препарат Биогор – (Ж) серии «КМ» создан на основе консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum* 34, *Lactobacillus fermentum* 27, *Lactobacillus lactis. subsp. lactis* AMS, *Saccharomyces cerevisiae (carlsbergensis)*, *Azotobacter chroococcum A-41*, *Bacillus megaterium Ф-3*, генетически не модифицированных микроорганизмов, об-

ладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями.

Во всех вариантах после уборки предшествующих культур всю побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву, кроме контроля, где послеуборочные остатки удаляли с поля без азотных удобрений, извести и биопрепаратов.

Размер делянки – 240 м² (40х6), учетная площадь – 152 м² (4х38), количество вариантов – 7, делянок – 42, повторность трехкратная.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений и послеуборочных остатков); 2. Измельченная побочная продукция культуры – фон; 3. Фон + азотные удобрения (10 кг д. в. N на 1 т соломы); 4. Фон + известь 1,5 т/га; 5. Фон + обработка семян биопрепаратами (Трихоплант 2 л/т + Биогор-Ж 1 л/т) + обработка биопрепаратами почвы перед посевом (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га) + обработка биопрепаратами посевов два раза за вегетацию (Трихоплант 2 л/га + Биогор-Ж 1 л/га) + измельченная побочная продукция культуры биопрепаратами (Трихоплант 5 л/га + Биогор-Ж 2 л/га); 6. Фон + биопрепараты (Трихоплант, СК и Биогор-Ж) + азотные удобрения; 7. Фон + биопрепараты (Трихоплант, СК и Биогор-Ж) + известь 1,5 т/га.

Обработку почвы и побочной продукции культур проводили опрыскивателем ОП-2000/24. За день до посева семена обрабатывали биопрепаратами ранцевым опрыскивателем. Вносили аммиачную селитру навесным разбрасывателем РН-0,8 перед заделкой послеуборочных остатков, известь – разбрасывателем РУ-06. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10...12 см. Через 30...40 дн. была отвальная обработка почвы под зерновые культуры на глубину 20...22 см.

Почва – чернозем типичный малогумусный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке эксперимента в пахотном слое среднее содержание гумуса (по Тюрину) – 4,98 ± 0,15%, обменного кальция – 22,0...23,3 мг-экв./100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия – 8,8...12,0 и 9,7...11,2 мг/100 г почвы соответственно, общего азота (по Кьельдалю) – 0,22...0,23%, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) – 10,9...13,2 мг/100 г почвы, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) – 4,8...5,1. Реакция почвенной среды нейтральная или близкая к ней (рН_{с_{о_л}} = 6,3...6,5).

Агрометеорологические условия в апреле и мае 2022 года характеризовались сверхизбыточной увлажненностью, гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) – 4,59 и 2,75 соответственно. Июнь отличался очень сильной засушливостью (ГТК = 0,17), июль – увлажнением (ГТК = 1,12), август был очень засушливым (ГТК = 0,35), сентябрь – избыточно увлажненный (ГТК = 4,15).

Учитывали засоренность посевов глазомерно-числительным и количественным методами: для овса посевного в фазы всходов, кущения и выметывания (в зависимости от варианта опыта), кукурузы – всходов, появления пятого листа, выметывания (выбрасывание метелки).

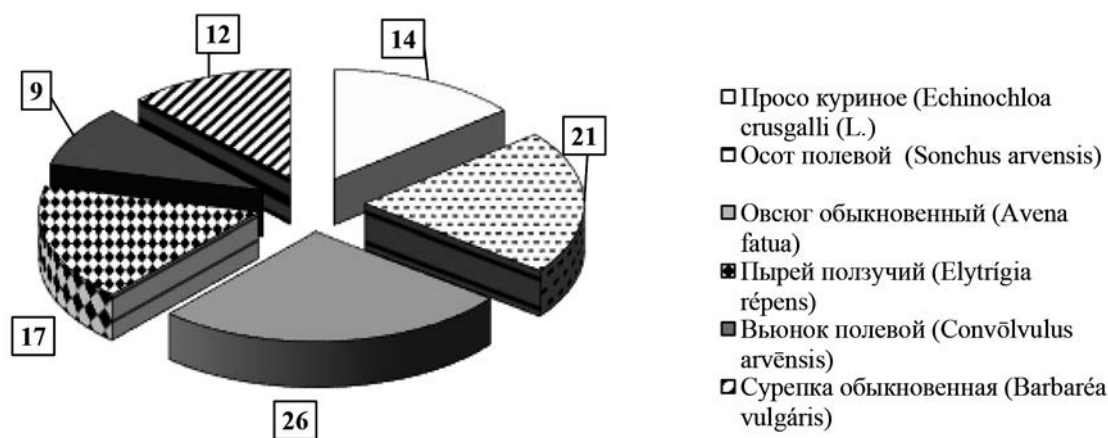


Рис. 1. Видовое количество сорняков в фазе развития пятого листа, % в посевах гибрида кукурузы.

Для характеристики степени засоренности обследуемых посевов глазомерным учетом использовали четырехбалльную шкалу по А.И. Мальцеву (1 – единичные сорняки (слабая засоренность); 2 – сорняков не более четверти общего травостоя посевов (средняя); 3 – количество сорных и культурных растений примерно одинаковое (сильная); 4 – сорняки преобладают над культурными растениями (очень сильная). [7]

Для количественного учета засоренности применяли рамки размером 0,25 м² (50×50 см). Сорняки внутри нее выдергивали и подсчитывали по биологическим группам.

Глазомерная балловая оценка интенсивности развития болезней установлена по шкале: 0 – растение здоровое; 1 – слабое поражение органа или растения; 2 – среднее поражение, сильное поражение органов нет; 3 – сильное поражение органов и гибель растений. [5]

Для определения степени распространения и интенсивности развития болезней овса посевного через 25...30 шагов просматривают или берут 10 проб по 10...15 стеблей в каждой. Распространенность и развитие листовых пятнистостей заболевания овса посевного оценивали в фазы кушения и выметывания. Степень поражения полевых культур болезнями по шкале интенсивности развития заболеваемости в баллах или процентах: 0 – признаки заболевания отсутствуют; 1 – поражено до 10%; 2 – 11...25; 3 – 26...50; 4 – более 50%. Устанавливали частоту встречаемости заболевания в посевах овса по шкале Хааса: 1 – единично, (+) – только в одном месте; 2 – очень рассеянно; 3 – неравномерно; 4 – во многих местах; 5 – всюду, часто.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В фазы всходов (10.05.22) и кушения (06.06.22) посевы овса средnezасоренные, выметывания (29.06.22) – слабозасоренные. На кукурузе проявляется сильная степень засоренности в фазе всходов (25.05.22) и очень сильная – в фазе появления пятого листа (15.06.22), средняя – при выметывании (29.07.22).

У посевов полевых культур не только высокая степень засоренности, но и разнообразие видового состава.

На кукурузе в среднем по опыту, независимо от варианта, преобладали однодольные сорняки: многолетние – осот полевой (*Sonchus arvensis*) – 17% и сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*) – 19%, однолетние – овсяг обыкновенный (*Avena fatua*) – 23% (рис. 1).

В посевах овса преобладали однодольные сорняки: однолетние – овсяг обыкновенный (*Avena fatua*) – 26%, многолетние – осот полевой (*Sonchus arvensis*) – 21% и пырей ползучий (*Elytrigia répens*) – 17% (рис. 2).

В фазе всходов кукурузы сильная степень засоренности. Максимальная численность сорняков отмечена на контроле. Внесение биопрепаратов (вариант 5) сдерживало распространение сорняковой растительности на 24,1% по сравнению с контролем.

При совместном действии биопрепаратов с азотными удобрениями (вариант 6) численность сорняков превалировала относительно вариантов с использованием микробиологических препаратов с известью (вариант 7) и внесением одних препаратов (вариант 5) на 2,5 и 11,4% соответственно (рис. 3).

В следующий срок учета засоренности кукурузы (появление пятого листа) отметили очень сильную ее степень, так как произошло равномерное распределение осадков в верхнем почвенном слое, май с высоким ГТК = 2,73, соответственно при июньском ГТК = 0,17, запасов влаги в почве было достаточно для активного роста не только культуры, но и сорняков.

Во всех вариантах опыта в фазе появления пятого листа численность сорняков была выше по сравнению с фазой всходов культуры. Внесение биопрепаратов с побочной продукцией (вариант 5) имело сдерживающий эффект в распространении сорняков по отношению к контролю на 0,18 и 5,2 и 7,1% к вариантам 6, 7. Интенсивное развитие сорняков наблюдали в варианте с внесением извести с побочной продукцией, что на 3,5% превышало контроль.

Проведение обработки посева кукурузы в фазе пятого листа гербицидом Элюмис в дозе 1,5 л/га и ускоренный рост кукурузы (высота растения – 170...230 см в зависимости от варианта опыта) в фазе выметывания не позволили интенсивно развиваться сорнякам и негативно влияли на дальнейшее развитие растений, формирование початков.

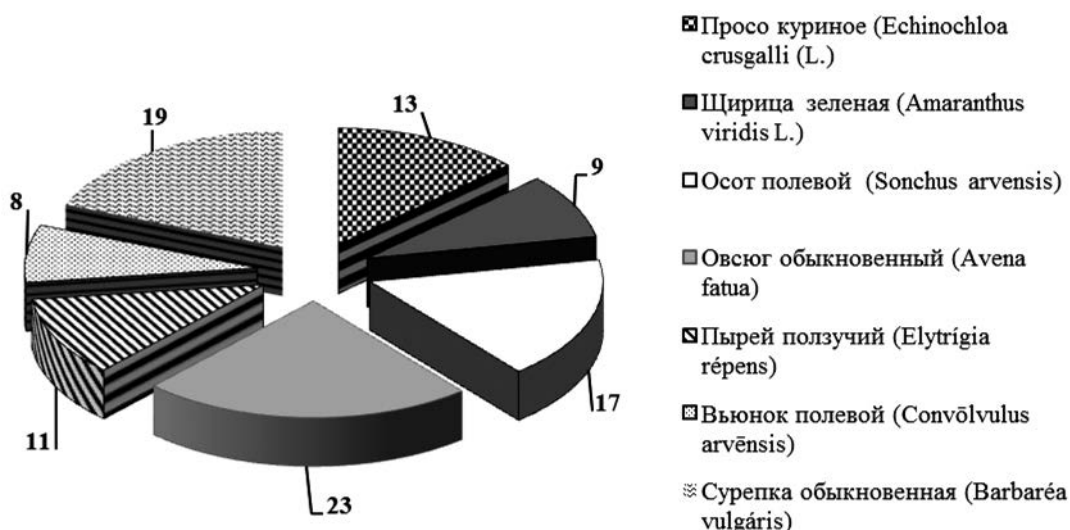


Рис. 2. Видовое количество сорняков в фазе колошения, % в посевах овса посевного.

Инокуляция семян биопрепаратами и обработка ими растений кукурузы независимо от сочетания компонентов (варианты 5, 6, 7) способствовали снижению численности сорняков. Вариант с биопрепаратами и азотными удобрениями отличался наименьшим количеством сорняковой растительности не только по отношению к контролю на 13,5 шт./м², но и с использованием биопрепаратов без компонентов и в сочетании с известью на 7,6 и 15,5% соответственно. Фаза выметывания посева кукурузы, независимо от вариантов опыта, — средnezасоренная.

Количественный учет засоренности овса посевного показал, что фаза всходов — средnezасоренная. Наименьшая численность сорняков отмечена при внесении биопрепаратов с побочной продукцией, что на 28,3% ниже, чем на контроле и 17,9 и 34,1% с использованием биопрепаратов с известью (вариант 7) и в сочетании инокулянтов с азотными удобрениями соответственно (рис. 4).

Увеличение засоренности овса посевного наблюдали в фазе кушения (исключение — варианты

с известью при совместном использовании биопрепаратов с азотными удобрениями), где численность сорняков по сравнению с фазой всходов в тех же вариантах была ниже на 10,6 и 27,7% соответственно.

В начальный период кушения овса провели обработку гербицидом Прима в дозе 0,6 л/га. Гидротермические условия благоприятствовали интенсивному росту культуры в фазе кушения, произошло быстрое смыкание рядков и с переходом при выметывании посева имели слабую степень засоренности во всех вариантах.

Наименьшая численность сорняковой растительности в фазе выметывания — в варианте совместного использования биопрепаратов с азотными удобрениями, на 76,4% ниже, чем в контроле. По отношению к данному варианту был прирост сорняков на 22,9 и 24,0% в вариантах 5, 7.

Таким образом, обработка гербицидами растений овса и кукурузы в фазе всходов позволила приостановить развитие сорняков. Хотя в фазе выметывания и до уборки посева были слабо- и средnezасоренные. Возможно, это связано с различной

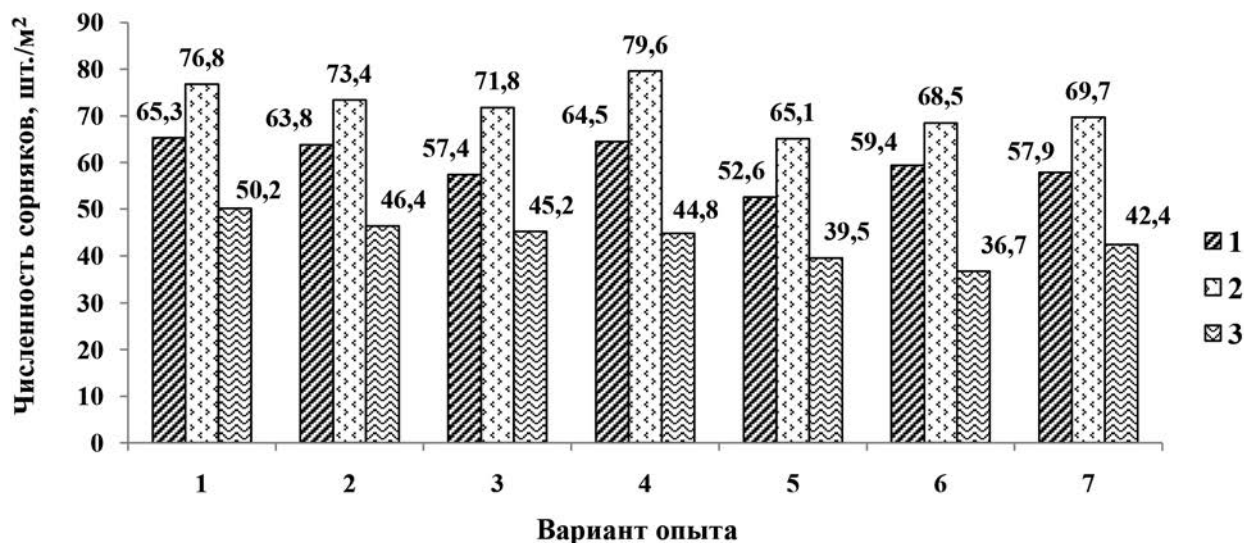


Рис. 3. Средняя численность сорняков (шт./м²) в посевах кукурузы по фазам развития культуры: 1 — всходы (НСР₀₅ = 1,54); 2 — появление пятого листа (НСР₀₅ = 1,12); 3 — выметывание (НСР₀₅ = 1,04).

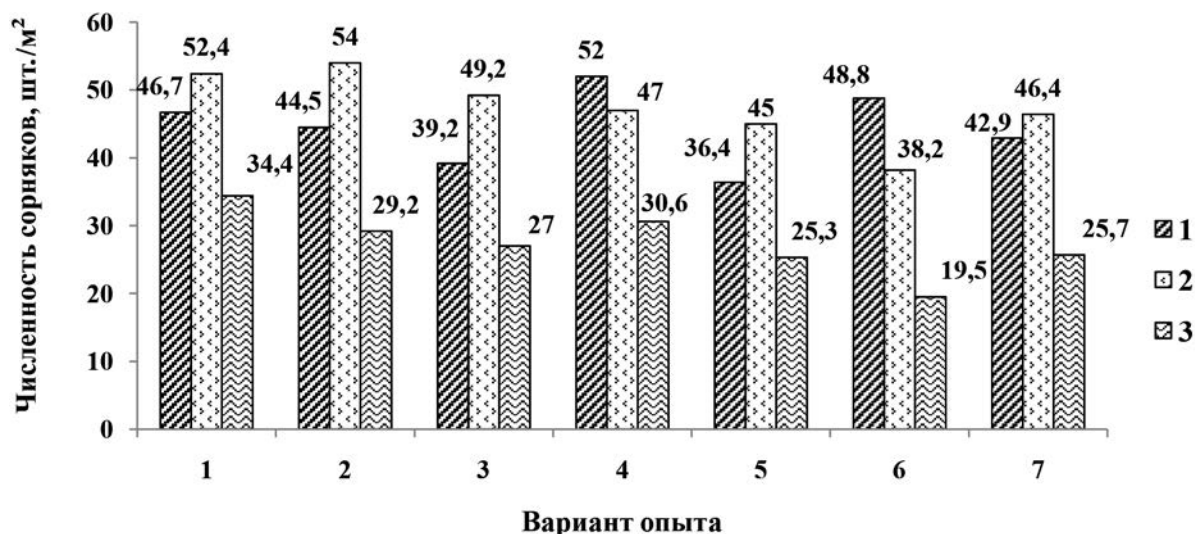


Рис. 4. Средняя численность сорняков (шт./м²) в посевах овса посевного по фазам развития культуры: 1 – всходы (НСР₀₅ = 1,71); 2 – кушение (НСР₀₅ = 1,63); 3 – выметывание (НСР₀₅ = 0,53).

устойчивостью сорняков к гербицидам, для которых характерны физиологические особенности, фазы развития и сроки обработки. Лучшее время для механических и химических методов борьбы – период, когда сорные растения еще малы.

По овсу посевному в фазе кушения выявлено грибковое заболевание Септориоз (*Septorios*), его вызывает гриб *Phaeosphaeria avenaria Eriksson*.

При инфицировании септориозом на пораженных листьях и стеблях образуются светло-желтые и светло-бурые пятна с темной каймой и черными пикнидами. С поражением колоса верхние части колосковых чешуек чернеют, позже обесцвечиваются, образуются многочисленные пикниды. Перед уборкой овса, как показали наши наблюдения, пикниды уже отсутствовали, чему благоприятствовали погодные засушливые условия.

Септориоз приводит к отставанию растений в росте, сокращению ассимиляционной поверхности и преждевременному усыханию листьев, уменьшению длины и озерненности колоса, шуплости зерна. Недобор зерна достигает 30...40%. [3]

Глазомерная балловая оценка интенсивности развития болезни септориоза показала, что в среднем по опыту за вегетацию посева овса имели среднее поражение септориозом.

Интенсивность развития болезни оценивали в баллах или процентах. Фаза кушения овса посевного по степени поражения растений болезнью находилась в пределах 26...50% (3 балла). В фазе выметывания на контроле и использования побочной продукции на удобрение без компонентов (вариант 2), поверхностной заделкой с азотными удобрениями (вариант 3) и известью (вариант 4) поражение – более 50% (4 балла).

По частоте встречаемости заболевания на вариантах 5, 6, 7 присвоено – 2 и 3 балла, что характеризует очень рассеянное и неравномерное распространение заболевания. На контроле и вариантах 2, 3, 4 по шкале Хааса отмечены признаки заболеваемости растений во многих местах (4 балла), независимо от срока определения, которые приурочены к фазам развития растения.

Показатели по поражению заболеваемости овса выявили тренд уменьшения количества пораженных растений от контрольного до варианта с использованием одних биопрепаратов и в сочетании их с азотными удобрениями и обработкой побочной продукции биопрепаратами с известью.

Наибольший процент поражения культуры овса посевного в фазе кушения наблюдали на контроле – 42,2%. Внесение азотных удобрений с побочной продукцией на 3,7% превышало по показателю распространения заболевания растений вариант с побочной продукцией без компонентов.

Действие биопрепаратов оказалось наиболее благоприятным по учету растений, затронутых болезнью на 14,9% по сравнению с контролем и вариантами 7 и 6 на 2,3 и 4,5% соответственно, где было наименьшее проявление признаков поражения (рис. 5).

Показатель биологической защиты от поражения культуры заболеванием в фазе кушения в варианте 5 имел максимальное значение по опыту – 35,3%. Несколько ниже он был при действии биопрепаратов с известью и вариантом использования их с азотными удобрениями на 5,45 и 10,7% соответственно, по сравнению с вариантом 5.

В фазе выметывания наблюдали повышение количества растений, пораженных септориозом, чему способствовали резкие изменения гидротермических условий при переходе фаз кушение-выход в трубку в фазу выметывания, когда чередовались периоды со сверхизбыточной увлажненностью и засушливостью.

Анализ развития заболевания в фазе выметывания овса показал эффективность действия биопрепаратов в сочетании с побочной продукцией, так и с азотными удобрениями, где численность пораженных заболеванием растений снижалась по отношению к контролю на 16,5 и 19,2% соответственно (рис. 6).

Наименьшее количество заболевших растений (на 22,9%) было в варианте внесения биопрепаратов с известью по сравнению с контролем. По отношению к другим факторам опыта в данном варианте отмечали снижение распространения заболевания.

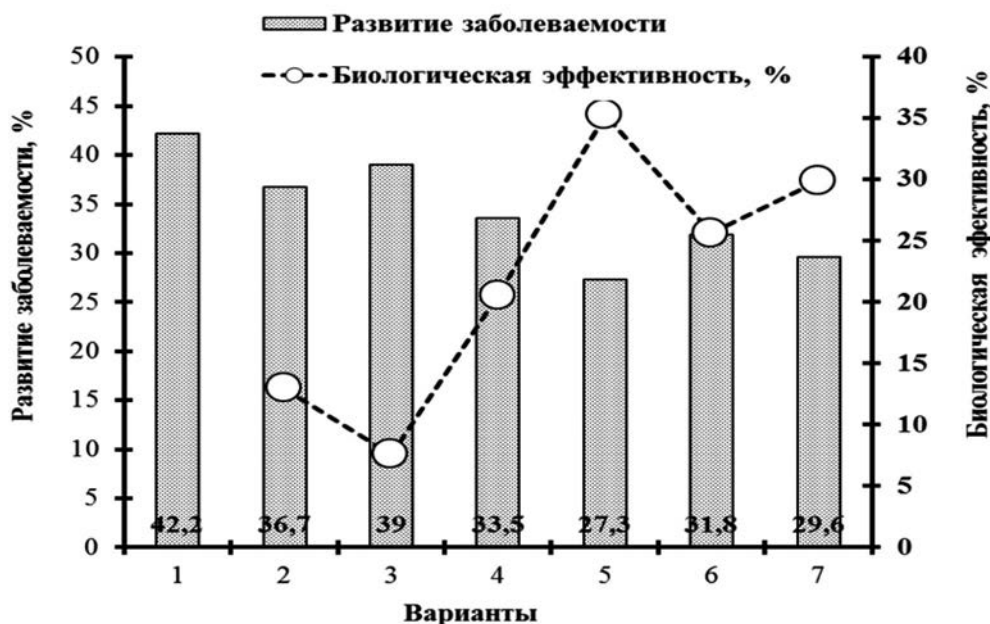


Рис. 5. Показатели развития заболеваемости и биологическая эффективность компонентов агробиотехнологии (биопрепараты, азотные удобрения, известь) с применением побочной продукции на удобрение в фазе кушения овса посевного.

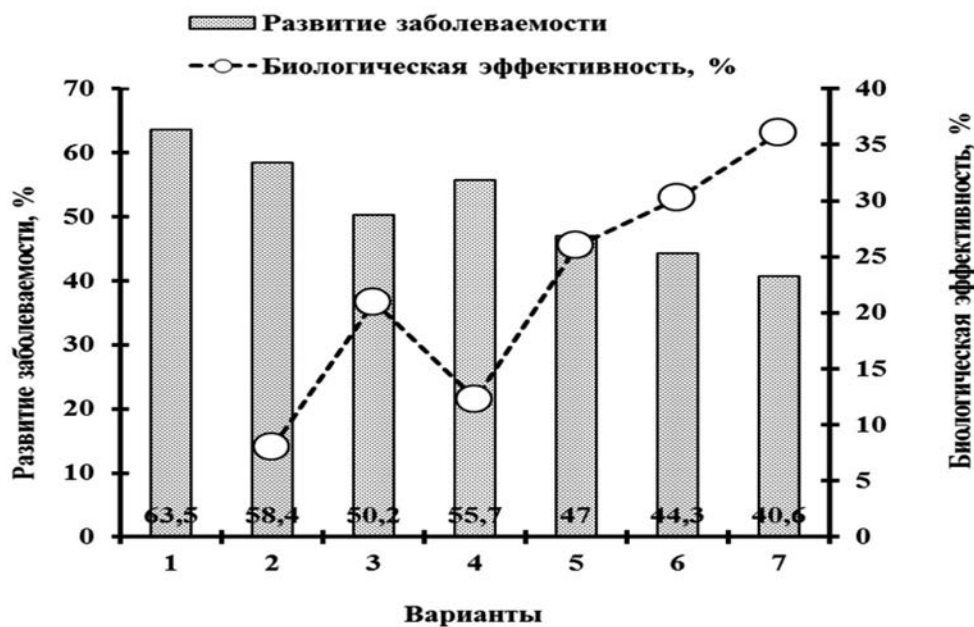


Рис. 6. Показатели развития заболеваемости и биологическая эффективность компонентов агробиотехнологии (биопрепараты, азотные удобрения, известь) с применением побочной продукции на удобрение в фазе выметывания овса посевного.

Биологическая эффективность приема использования биопрепаратов с известью оказалась выше, чем в вариантах с внесением биопрепаратов без компонентов и в сочетании их с азотными удобрениями на 10,1 и 5,8% соответственно. Биологическая эффективность варианта 7 выше на 15,1 и 23,7% по сравнению с вариантами 3 и 4 соответственно.

В фазе кушения овса ярового независимо от вариантов опыта единично наблюдали признаки закукливания растения, болезнь, которую вызывает вирус *Oat pseudorosetter habdovirus*. Источник и переносчик вируса – Темная цикадка.

Выводы. Биопрепараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж с измельченной побочной продукцией в качестве органического удобрения и совместное их

применение с азотными удобрениями способствовали снижению численности сорняков в посевах овса посевного и кукурузы, при этом не исключено использование протравителей для защиты культур от сорняков.

Установлен сдерживающий эффект действия биопрепаратов с побочной продукцией (вариант 5) в фазе кушения на 14,9% и совместного внесения биопрепаратов с известью (вариант 7) в фазе выметывания на 22,9% в развитии заболеваемости овса посевного септориозом по сравнению с контролем. Использование биопрепаратов с побочной продукцией в фазе кушения и внесение их с известью в фазе выметывания устанавливали максимальные показатели биологической защиты от поражения

культуры септориозом по сравнению с другими вариантами опыта.

Для снижения развития заболеваний овса важно соблюдать севооборот, оптимальные сроки сева, своевременно убирать и сушить зерно, а также использовать микробиологические препараты Трихоплант, СК и Биогор-Ж с измельченной побочной продукцией в качестве органического удобрения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бусыгин Е.И. Эффективность комплексного применения биологических и химических средств защиты растений // Защита и карантин растений. 2017. № 3. С. 7–9.
2. Высоцкая Е.А., Крехотень М.А. Оптимизация биоресурсного потенциала подсолнечника с использованием в технологии возделывания биологически активных препаратов // Вестник Воронежского государственного университета. 2017. № 1 (52). С. 20–26.
3. Зашепкин Е.Е., Шутко А.П., Тутуржанс Л.В. Желтая пятнистость как составная часть патогенного комплекса озимой пшеницы в Центральном Предкавказье // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 828–838.
4. Зыков С.А. Биопрепараты в современном земледелии // АгроФорум. 2019. № 3. С. 21–27.
5. Койшыбаев М., Муминджаков Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых культур. Анкара. 2016. 42 с.
6. Мамсиров Н.И., Благополучная О.А., Мамсиров Н.А. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании зерновых культур // Земледелие. 2014. № 5. С. 24–26.
7. Методы учета структуры сорного компонента в агроценозах: учебное пособие / сост.: И.В. Фетюхин, А.П. Авдеенко, С.С. Авдеенко и др. Донской ГАУ, 2018. 76 с.
8. Сабирова Т.П. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18–22.
9. Санин С.С. Проблемы фитосанитарии России на современном этапе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 6. С. 45–53.
10. Сырмолот О.В., Байделюк Е.С., Кочева Н.С. Применение биопрепаратов и стимуляторов роста при возделывании сои в Приморском крае // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 70–74.
11. Торопова Е.Ю., Захаров А.Ф. Предпосевная подготовка семян яровой пшеницы в условиях ресурсосберегающих технологий // Защита и карантин растений. 2017. № 3. С. 28–32.
12. Щучка Р.В. Особенности влияния биопрепаратов и стимуляторов роста и способа их применения на урожай и качество семян сои: монография. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2016. 90 с.
13. Ямалиева А.М., Апаева Н.Н. Роль биопрепаратов в улучшении фитосанитарного состояния посевов и повышении урожайности зерновых культур // Вестник Мариийского государственного университета, серия

«Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020. Т. 6. № 4. С. 450–458.

14. Jurosek P., Tiedemann A. Linking plant disease models to climate change scenarios to project future risks of crop diseases // Journal of Plant Diseases and Protection. 2015. No. 122 (1). P. 3–15.

REFERENCES

1. Busygin E.I. Effektivnost' kompleksnogo primeneniya biologicheskikh i himicheskikh sredstv zashchity rastenij // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 3. S. 7–9.
2. Vysockaya E.A., Krehoten' M.A. Optimizaciya bioresursnogo potenciala podsolnechnika s ispol'zovaniem v tekhnologii vozdelvaniya biologicheski aktivnykh preparatov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. № 1 (52). S. 20–26.
3. Zashchepkin E.E., Shutko A.P., Tuturzhans L.V. Zheltaya pyatnistost' kak sostavnaya chast' patogennogo kompleksa ozimoy pshenicy v Central'nom Predkavkaz'e // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 2. S. 828–838.
4. Zykov S.A. Biopreparaty v sovremennom zemledelii // AgroForum. 2019. № 3. S. 21–27.
5. Kojshybaev M., Mumindzhakov H. Metodicheskie ukazaniya po monitoringu boleznej, vreditel'ej i sornykh rastenij na posevah zernovykh kul'tur. Ankara. 2016. 42 s.
6. Mamsirov N.I., Blagopoluchnaya O.A., Mamsirov N.A. Effektivnost' primeneniya biopreparatov pri vozdelivanii zernovykh kul'tur // Zemledelie. 2014. № 5. S. 24–26.
7. Metody ucheta struktury sornogo komponenta v agrocenozah: uchebnoe posobie / sost.: I.V. Fetuhin, A.P. Avdeenko, S.S. Avdeenko i dr. Donskoj GAU, 2018. 76 s.
8. Sabirova T.P. Vliyaniye biopreparatov na produktivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik APK Verhnevolyzh'ya. 2018. № 3 (43). S. 18–22.
9. Sanin S.S. Problemy fitosanitarii Rossii na sovremennom etape // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. № 6. S. 45–53.
10. Syrmolot O.V., Bajdelyuk E.S., Kocheva N.S. Primenenie biopreparatov i stimulyatorov rosta pri vozdelivanii soi v Primorskom krae // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 8. S. 70–74.
11. Toropova E.Yu., Zaharov A.F. Predposevnaya podgotovka semyan yarovoj pshenicy v usloviyah resursosbergayushchih tekhnologij // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 3. S. 28–32.
12. Shchuchka R.V. Osobennosti vliyaniya biopreparatov i stimulyatorov rosta i sposoba ih primeneniya na urozhaj i kachestvo semyan soi: monografiya. Elec: Eleckij gosudarstvennyj universitet im. I.A. Bunina, 2016. 90 s.
13. Yamaliev A.M., Apaeva N.N. Rol' biopreparatov v uluchshenii fitosanitarnogo sostoyaniya posevov i povyshenii urozhajnosti zernovykh kul'tur // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta, seriya «Sel'skohozyajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki». 2020. T. 6. № 4. S. 450–458.
14. Jurosek P., Tiedemann A. Linking plant disease models to climate change scenarios to project future risks of crop diseases // Journal of Plant Diseases and Protection. 2015. No. 122 (1). P. 3–15.

Поступила в редакцию 28.03.2023

Принята к публикации 11.04.2023

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПАСТБИЩ СО СВЕТЛО-КАШТАНОВЫМИ ПОЧВАМИ В ПЕСЧАНЫЕ ЛАНДШАФТЫ КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ

Муслимат Агасултановна Бабаева, кандидат биологических наук

Светлана Викторовна Осипова

Прикаспийский институт биологических ресурсов –
обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук,
г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: muslimat.50@mail.ru

Аннотация. Трансформация растительного покрова пастбищных ландшафтов происходит при взаимодействии климатических, экологических, физиологических и антропогенных факторов окружающей среды. Результат зависимости сохранения видов в растительном покрове, в частности кормовых растений, от влияния перечисленных факторов, определение их изменчивости и стабильности в сообществах пастбищных экосистем актуален для производства и науки. Многолетнее изучение (более 10 лет) почвенно-растительного покрова пастбищных ландшафтов на разных почвах и песках Кочубейской биосферной станции (КБС), особенно в условиях антропогенного воздействия помогло выявить, что хорошо адаптируются сорные растения в новых условиях, создаются устойчивые популяции не кормовых растений, вызывая дефляцию и деградацию. Исследованы флористический состав и эколого-ценотические характеристики доминирующих видов растений на светло-каштановых супесчаных почвах и песках. Ускоренная смена коренных видов растительных сообществ, формирующихся в условиях континентального климата, свидетельствует о высокой мобильности растительности. Видовое разнообразие и встречаемость растений характеризуют качественное различие сравниваемых почв (светло-каштановые супесчаные и пески). Описанные синтаксоны отражают направления естественной и антропогенной трансформации растительности светло-каштановых почв и песчаных массивов КБС, которые происходят с изменением в составе преобладающих жизненных форм, уменьшением роли ценных кормовых видов и увеличением разнообразия однолетних не кормовых, без изменения их видового разнообразия. Динамика ландшафтов территории КБС выражается в трансформации рельефа и растительного покрова под действием эоловых процессов с увеличением проективного покрытия и зарастания подвижных форм рельефа песчаных массивов.

Ключевые слова: почвенно-растительный покров, трансформация, пастбищные ландшафты, песчаный массив, видовой состав, экология, антропогенный пресс

TRANSFORMATION OF SOIL AND PLANT PASTURES COVER OF LIGHT CHESTNUT SOILS INTO SANDY SOILS OF KOCHUBEY BIOSPHERE STATION

M.A. Babaeva, PhD in Biological Sciences

S.V. Osipova

Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: muslimat.50@mail.ru

Abstract. The transformation of the vegetation cover of pasture landscapes is the result of the interaction of climatic, ecological, physiological and anthropogenic environmental factors. The result of the dependence of the conservation of species in the vegetation cover, especially forage plants, on the influence of these factors and the determination of their variability and stability in pasture ecosystem communities is relevant for production and science. As a result of a long-term study (more than 10 years) of the soil and vegetation cover of pasture landscapes on different soils and sands of the Kochubey Biosphere Station (KBS), especially under the conditions of anthropogenic impact, it was revealed that weeds adapt well to new conditions, stable populations of non-forage plants are created, causing deflation and degradation. The floristic composition and ecological and coenotic characteristics of the dominant plant species were studied on light chestnut sandy loamy soils and sands. The rapid change of indigenous species of plant communities formed in the conditions of a continental climate indicates a high mobility of vegetation. The species diversity and occurrence of plant species characterize the qualitative difference between the compared soils (light chestnut, sandy loam and sand). The described syntaxa reflect the directions of natural and anthropogenic transformation of the vegetation of light chestnut soils and sandy massifs of the KBS, which are characterized by a change in the composition of the prevailing life forms, a decrease in the role of valuable forage plant species and an increase in the diversity of annual non-forage species, without changing their species diversity. The landscape dynamics of the KBS territory is expressed in the transformation of the relief and vegetation cover under the influence of eolian processes with an increase in the projective cover and overgrowth of mobile landforms of sand massifs.

Keywords: soil and vegetation cover, transformation, pasture landscapes, sand massif, species composition, ecology, anthropogenic pressure

На протяжении последних 20-ти веков происходят ритмически повторяющиеся изменения климата и почвенно-растительного покрова, что свидетельствует о высокой мобильности растительности. Установлено, что вклад антропогенной деградации земель в опустынивание подтверждается значимым линейным трендом межгодовых колебаний спутниковых показателей пастбищной дигрессии во всех исследуемых аридных районах России в период 2000–2016 годов. По причине чрезмерной пастбищной дигрессии образуются «острова» антропогенного опустынивания, время жизни которых определяется влиянием человека и флуктуациями осадков. [8]

Происходит дегенерация пастбищных экосистем, и это главная проблема в условиях недостаточного увлажнения. [4]

Несмотря на то, что смены почвенно-растительного покрова пастбищ изучают с давних времен, актуальность не уменьшается, а наоборот, с каждым годом приобретает все большую значимость.

Цель работы – сравнительное изучение особенностей свойств почвенно-растительного покрова светло-каштановых почв при их трансформации в песчаные почвы и пески в естественных условиях и антропогенного пресса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдения за состоянием фитоценозов пастбищных экосистем экспериментальных участков и процессами трансформации растительности вели в последние 10 лет. Изучены свойства почвенно-растительного покрова светло-каштановых, песчаных почв и песчаных массивов, расположенных в зоне полупустынь КБС.

Объекты исследований – аборигенные пастбищные культуры фитоценозов светло-каштановых супесчаных солончаковых и песчаных массивов в почвенно-растительном покрове, произрастающие в одинаковых экологических условиях. Характерная черта почвенного покрова и особенность полупустынных фитоценозов – пятнистость и комплектность микрорельефа в распределении солевыносливых растений. Почвенный покров представлен преимущественно светло-каштановыми карбонатными среднесоленными разновидностями, где незначительно происходит перераспределение осадков, оказывающих существенное влияние на растительный покров и солевой режим почв. Некоторые участки занимают песчаные массивы. Пески образуют комплексы со светло-каштановыми почвами.

Растительность полупустыни на территории КБС Северо-Западного Прикаспия сформирована из галофитных ксерофитов, эдификаторов, доминантов растительного покрова. Растительные ассоциации представлены разными сообществами в зависимости от экологических условий и режима использования.

Территория относится к сухому континентальному климату: высокая годовая амплитуда температур воздуха – 35...45°C, низкая обеспеченность влагой; большая испаряемость; суховейные ветры и другие факторы.

Исследования проводили на двух учетных площадках по 100 м², разделенных на шесть участков светло-каштановой супесчаной почвы и песчаного массива в центральной части Терско-Кумской полупустыни на территории Кочубейской биосферной станции по стандартной методике в зависимости от экологических условий и антропогенных нагрузок. [10]

Описание, отбор растительных образцов и геоботаническая характеристика почвенно-растительного покрова пастбищ Терско-Кумской низменности Кочубейской биосферной станции проведена по методу Л.Г. Раменского. [11] В разделении растительных группировок по степени сбитости использовали критерии, предложенные Б.М. Миркиным.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Были заложены площадки на светло-каштановой супесчаной почве – первый участок (шесть штук), на песчаном массиве – второй участок с учетом антропогенной нагрузки. По данным последних трех лет (2017–2019) на первом участке был существенный сбой растительности с появлением интразональных менее влаголюбивых видов разнотравья (чертополох колючий, солодка голая, девясил песчаный и другие). Всего насчитывалось 17 видов из 8 семейств. Возникли своеобразные хрупкие биоценозы с определенным уровнем продуктивности. Видовая насыщенность доминирующих видов растительности на 100 м² – пять.

На втором участке наоборот появились растения, закрепляющие пески: *Cynodon dactylon*, *Elytrigia repens*, *Carex arenaria*, *Agropyrum cricatum* и *A. desertorum*. Всего 13 видов псаммофитной растительности формируют растительный покров песчаного ландшафта.

Видовое разнообразие и встречаемость видов растений характеризуют качественное различие сравниваемых почв (светло-каштановые супесчаные, пески). Высокий индекс сходства в видовом составе растительности связан преимущественно с гидротермическими условиями влажных, засушливых периодов сезона и многих других факторов. Встречаемость видов определяли по формуле $P = (m/n) \times 100\%$, где m – площадки с найденным видом, n – общее число площадок.

Высокий индекс сходства в видовом составе растений характерен для увлажненных годов (2011, 2012, 2016, 2018), а также массовое возобновление эфемеровой растительности, наиболее уязвимой части полупустынных сообществ, подверженной неблагоприятным климатическим и антропогенным условиям.

Нерегламентированный бессистемный выпас скота (три-четыре овцы на 1 га) на пастбищах Терско-Кумской низменности существенно меняет видовое разнообразие в структуре фитоценозов. Произошла антропогенная трансформация травостоя в фитоценозах с обильным появлением сорняков *Salsola tragus* (курай). Доминантные ксерофитные виды (полыни и солянки) в меньшей степени испытывают экологические и антропогенные воздействия, активно адаптируются к песчаным почвам.

Встречаемость видов растений на светло-каштановой супесчаной почве

Семейство	Вид растения	Номер учетной площадки						Всего	Встречаемость, %
		I	II	III	IV	V	VI		
<i>Poacea</i>	<i>Eremopyrum orientale</i>	+	+	+	+	+	+	5	83
	<i>Avena fatua</i>	+	+		+	+	+	5	83
	<i>Bromus tectorum</i>	+	+	+	+	+	+	6	100
	<i>Poa bulbosa</i>	+	+			+		3	50
	<i>Ceratoides papposa</i>		+		+			2	33
<i>Chenopodioideae</i>	<i>Salsola orientalis</i>	+	+	+	+	+	+	6	100
	<i>Salsola dendroides</i>	+	+	+	+	+	+	6	100
	<i>Salicornia herbacea</i>	+		+		+		5	67
<i>Asteraceae</i>	<i>Artemisia taurica</i>	+	+	+	+	+	+	6	100
	<i>Xanthium spinosum</i>	+		+	+	+	+	5	83
<i>Brassicaceae</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>				+			1	17
	<i>Alýssum desertórum</i>	+			+			2	33
<i>Fabaceae</i>	<i>Alhagi pseudaihaiagi</i>		+				+	2	33
<i>Cyperaceae</i>	<i>Carex arenaria</i>	+	+	+	+	+	+	6	100
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Pleconax conica</i>	+	+			+		3	50
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Suaeda prostrata</i>	+	+	+		+	+	3	50
	<i>Ceratocarpus arenarius</i>	+	+	+	+		+	5	17
	<i>Amaranthus retrofléxus</i>		+		+	+		3	50
Всего	17	14	13	10	12	11	10	74	Среднее 63,8%

Установлено, что особенности растительного покрова определяются сочетанием зональных сообществ дерновинных злаков с интразональными группировками ксерогалофитов. В Северо-Западном Прикаспии в естественных условиях не происходит характерное для северных пустынь вытеснение дерновинных злаков полынью. [4, 8] Интенсивная сельскохозяйственная деятельность – причина деградации дерновинных злаков и других видов кормовой растительности, антропогенного опустынивания ландшафтов КБС. Опустынивание почвенно-растительного покрова происходит быстрее, чем природные процессы восстановления нарушенных экосистем. [7, 9, 12]

Динамические процессы растительного покрова светло-каштановых почв пастбищных ландшафтов проявляются в изменении ее состава и структуры. Природные ландшафты преобразуются в антропогенные. Увеличение поголовья скота и климатические условия стали причиной увеличения нагрузки на пастбища, и восстановление растительного покрова стало невозможным. [1, 3]

На светло-каштановой почве флористический состав существенно меняется, усиливается роль сорняков. Отмечено сходство видов растений, флористическая насыщенность невелика (17 видов) (табл. 1). Изучали состояние почв и растений, динамику растительного покрова в сообществах под влиянием естественных (климатические) и антропогенных (пастбищные) факторов. Проективное покрытие на вершине песчаного массива не превышает 6...7%, на северо-западном склоне – 20...25%, флористическая насыщенность – 13 видов, меньше чем на светло-каштановой почве. Рельеф находится в состоянии движения. Во флоре растительных сообществ достаточно много экологически пластичных видов, быстро реагирующих на изменения гидро-

термических условий и формирующих растительный покров.

Описанные синтаксоны отражают направления естественной и антропогенной трансформации растительности светло-каштановых почв и песчаных массивов, которые характеризуются изменением в составе преобладающих жизненных форм – уменьшается роль ценных кормовых видов растений, увеличивается количество многолетних, однолетних видов, без изменения их видового разнообразия. При разной степени дефляции почв не происходит увеличение или уменьшение видов растений.

Исследования псаммофитной растительности малочисленны и носят фрагментарный характер. В настоящее время динамика ландшафтов территории КБС выражается в трансформации рельефа песков не имеющего структуры, содержащего от 0 до 5% глинистых частиц со специфическими свойствами и растительный покров под действием эоловых процессов. Это выражается в увеличении проективного покрытия и зарастании локальных участков подвижных форм песчаного рельефа.

Фитоценологическую роль псаммофитов в сложении растительного покрова песчаных массивов КБС составляют виды, приспособленные к жизни в условиях подвижного субстрата: колосник песчаный, разнотравья, полыни, козлобородник, солянки, солерос травянистый. В почвообразовательных процессах на песках важны подземные части растений. Наблюдения за сезонной динамикой влаги в песках показывают ее увеличение с глубиной. Это способствует заселению песков растительностью и использованию их как пастбищ.

По своей биологической природе инвазионные виды (огурец Пророка, астрагал и другие опасные виды для пастбищных экосистем КБС) обладают способностью к быстрому распространению, вы-

Таблица 2.
Виды растений псаммофитной флоры песчаного массива КБС

Вид растения	Семейство	Встречаемость по шкале Миркина	Проективное покрытие, %
<i>Agropyrum cricatum</i>	Poaceae	2	15
<i>Alhagi pseudaihagi</i>	Fabaceae	1	5
<i>Bromus squarrosus</i>	Poaceae	2	15
<i>Bromus tectorum</i>	Poaceae	4	45
<i>Calligonum aphyllum</i>	Polygonaceae	3	25
<i>Carex arenaria</i>	Cyperaceae	4	45
<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae	2	15
<i>Elytrigia répens</i>	Poaceae	3	25
<i>Eremopyrum triiiceum</i>	Poaceae	5	50
<i>Eremopyrum orientale</i>	Poaceae	1	5
<i>Kochia prostrata</i>	Chenopodioideae	1	5
<i>Poa bulbosa</i>	Poaceae	1	5
<i>Stipa capillata</i>	Poaceae	1	15

теснению кормовых видов растений. В зависимости от погодных условий и антропогенного пресса, видовой состав на светло-каштановых солончаковых и песчаных массивах значительно меняется, многие исчезают. Такая постепенная несформированная трансформация фитоценозов приводит к ксерофитизации растительного покрова. В связи с нерегламентированным выпасом скота разрушается почвенно-растительный покров пастбищ на территории КБС, светло-каштановые супесчаные почвы трансформируются в пески, идет быстрая деградация. Наряду с этим на почвенно-растительный покров самое большее влияние оказывают экологические и климатические факторы (осадки, солевой режим почвы, температура). По сравнению с предыдущими годами сохранены только виды, адаптированные к условиям среды, это сорные растения не пригодные для корма скота. Происходит трансформация растительного покрова из-за выпадения основных кормовых растений. Сформировался антропогенный ландшафт, в котором произошла смена видового состава.

Приспособление растений к неблагоприятным внешним условиям выражается в переходе основных реакций защиты на менее интенсивный уровень. При резко континентальном климате и высокой температуре верхний слой почвы иссушается за летний сезон, растения погибают от недостатка влаги при сильной дневной инсоляции, особенно это наблюдается в засушливые годы (2017–2019), которые привели к депрессии пастбищных трав или выгоранию. Смена растительности и почв пастбищ КБС под влиянием усиленного выпаса протекает по схеме полной перестройки растительности, ее угнетения и замены, с отчуждением их надземной части, а иногда вырыванием корневой системы. Пастбищные угодья от длительного использования и климатических повреждений находятся на грани полной потери естественной растительности, значительно изменяются и преобразовываются в сплошной песчаный массив. Растительный покров в нестабильных погодных условиях особенно уязвим перед аномальным проявлением стрессов летнего периода,

в том числе экстремально высокой температурой и низкой влагообеспеченностью, более подвержен к смене растительных сообществ, трансформации пространственной структуры. [2]

Характерные виды псаммофитной флоры для данной местности (колосник песчаный, разнотравья, полыни, козлотородник, солянки, солерос травянистый) не требовательны к повышенной плотности субстрата, успешно переносят засушливые периоды, адаптируются и легко приспосабливаются к негативным факторам среды. На светло-каштановой почве в летнее время устанавливается сухой период – лимитирующий фактор для растений, способствующий изживать видовой состав. Песчаные почвы и закрепленные пески покрываются растительностью, поскольку обеспеченность влагой здесь лучше (от испарения защищают верхние слои песка), чем в светло-каштановых супесчаных почвах, что объясняется водопроницаемостью и наличием на небольшой глубине горизонта пресной воды. Аналитические материалы свидетельствуют об идентичных свойствах светло-каштановых и песчаных почв, вследствие сходного гранулометрического состава.

Многие одинаковые виды растений встречаются локально в зависимости от засоленности, физических свойств почв и на светло-каштановой почве и песчаном массиве. Ареал распространения видов за 10 лет (песчаный массив) увеличился на 25%, появились новые популяции, что не происходило на светло-каштановых почвах. Сравнительная увлажненность почв и песка, учитывая морфологические и физиологические свойства растений, увлажнение оказалось важнейшим фактором. Растения с длинной стержневой системой, которая достигает глубины 1,5...2,0 м имеют возможность выживать и адаптироваться к внешним условиям.

Пески в отличие от светло-каштановых почв обладают способностью поглощать и конденсировать влагу из воздуха, зимой и весной промачиваются на глубину 2 м и вся влага расходуется на транспирацию растениями. Неодинаковая степень влажности на разных глубинах объясняется строением кроны и микрорельефа. Направление движения песков на прилегающие светло-каштановые почвы зависело от скорости ветра при сухом климате в засушливые 2017–2019 годы.

Таким образом, динамика изменения ландшафтов территории КБС выражается в трансформации рельефа и растительного покрова под действием эоловых, экологических и антропогенных процессов. Это приводит к увеличению проективного покрытия и зарастанию подвижных форм рельефа песчаных массивов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абатуров Б.Д. Экологические последствия пастбы копытных млекопитающих для экосистем полупустыни // Экологические процессы в аридных биогеоценозах. Чтения памяти академика В.Н. Сукачева. М.: РАСХН. 2001. С. 57–83.
- Бабаева М.А., Осипова С.В. Антропогенная трансформация пастбищной растительности Кочубейской биосферной станции Северо-Западного Прикаспия // Вестник РСХН 2019. № 5. С. 27–30.

3. Гасанова З.У. Влияние режимов пастбищного использования на почвенный покров Терско-Кумской изменности. // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1996. 24 с.
4. Гунин П.Д. Экология процессов опустынивания аридных экосистем. М.: ВАСХНИЛ, 1990. 353 с.
5. Демина О.Н., Дмитриев П.А., Рогаль Л.Л. Псамофитные сообщества Песковатского песчаного массива // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1(4) С. 1004–1007.
6. Дмитриев П.А. Экологические закономерности распределения псамофитной растительности на песчаных массивах бассейна Дона (в границах Ростовской области) Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2013. 25 с.
7. Залибеков З.Г. Процессы опустынивания и их влияние на почвенный покров // Изд. ДНЦ РАН. Махачкала, 2000. 220 с.
8. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М.: Наука, 2003. 246 с.
9. Зонн С.В. Опустынивание природных ресурсов аграрного производства Калмыкии за последние 70 лет и меры борьбы с ним: Биота и природная среда Калмыкии. М. Элиста, 1995. С. 19–52.
10. Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко А.А. Корчагина. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1964. 530 с.
11. Раменский Л.Г. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Избранные работы. Л., 1971. С. 263–268.
12. Стасюк Н.В. Расширение опустыненных земель – реальная угроза в дельтах Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2000. Т. 6. № 13. С. 54–60.
1. Abaturon V.D. Ekologicheskie posledstviya past'by kopytnyh mlekopitayushchih dlya ekosistem polupustyni // Ekologicheskie processy v aridnyh biogeocenoazah. Chteniya pamyati akademika V.N. Sukacheva. M.: RASKHN. 2001. S. 57–83.
2. Babaeva M.A., Osipova S.V. Antropogennaya transformaciya pastbishchnoj rastitel'nosti Kochubejskoj biosfernoj stancii Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Vestnik RSKHN 2019. № 5. S. 27–30.
3. Gasanova Z.U. Vliyanie rezhimov pastbishchnogo ispol'zovaniya na pochvennyj pokrov Tersko-Kumskoj nizmennosti. // Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M., 1996. 24 s.
4. Gunin P.D. Ekologiya processov opustynivaniya aridnyh ekosistem. M.: VASKHNIL, 1990. 353 s.
5. Demina O.N., Dmitriev P.A., Rogal' L.L. Psamofitnye soobshchestva Peskovatskogo peschanogo massiva // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2012. T. 14. № 1 (4), S. 1004–1007.
6. Dmitriev P.A. Ekologicheskie zakonomernosti raspredeleniya psamofitnoj rastitel'nosti na peschanyh massivah bassejna Dona (v granicah Rostovskoj oblasti) Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Rostov-na-Donu, 2013. 25s.
7. Zalibekov Z.G. Processy opustynivaniya i ih vliyanie na pochvennyj pokrov // Izd. DNC RAN. Mahachkala, 2000. 220 s.
8. Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustynivanie. M.: Nauka, 2003. 246 s.
9. Zonn S.V. Opustynivanie prirodnyh resursov agrarnogo proizvodstva Kalmykii za poslednie 70 let i mery bor'by s nim: Biota i prirodnaya sreda Kalmykii. M. Elista, 1995. S. 19–52.
10. Polevaya geobotanika / Pod red. E.M. Lavrenko A.A. Korchagina. M., L.: Izd-vo AN SSSR, 1964. 530 s.
11. Ramenskij L.G. Problemy i metody izucheniya rastitel'nogo pokrova. Izbrannye raboty. L., 1971. S. 263–268.
12. Stasyuk N.V. Rasshirenie opustynennyh zemel' – real'naya ugroza v del'tah Zapadnogo Prikaspiya // Aridnye ekosistemy. 2000. T. 6. № 13. S. 54–60.

REFERENCES

*Поступила в редакцию 15.03.2023
Принята к публикации 29.03.2023*

ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРЕДГОРНОГО ДАГЕСТАНА

Марина Ильясовна Джалалова, кандидат биологических наук

Прикаспийский институт биологических ресурсов — обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: d.marina.66@mail.ru

Аннотация. Современные низкогорно-предгорные ландшафты в результате хозяйственной деятельности человека значительно изменились в пространственной дифференциации под влиянием антропогенного фактора, что выражается в истощении биологических ресурсов, снижении биоразнообразия. Проведен анализ мониторинга состояния растительного покрова природной среды ландшафтов предгорного Дагестана. Дано актуальное описание выделенных растительных сообществ, охарактеризованы основные типы растительности. Представлены особенности распространения данных сообществ по природно-климатическим зонам предгорного Дагестана, где различают северный (более прохладный и влажный) и южный (более теплый и менее влажный) районы. Установлены площади растительных группировок. Цель исследования — определение современного состояния предгорного Дагестана, продуктивности степных ландшафтов. Показано преобладание в низменной части пустынной растительности с определенной долей луговой. В предгорьях развита пустынная, лесная и степная растительность. Отмечена динамика продуктивности степных сообществ предгорной зоны Дагестана за вегетацию. Изучение динамики продуктивности проводили на пяти модельных участках, которые отличались по типу растительности и степени влияния антропогенного фактора (выпас скота). Исследуемые участки располагались в Буйнакском, Магарамкентском (село Гапцах), Табасаранском (Кар-Кар) и Кумторкалинском районах. Фитоценозы степных ландшафтов образованы в основном сухостепными видами злаков с участием ковылей, разнотравья и эфемеров, а также полупустынным полкустарником (полынь Таврическая). Наибольшая продуктивность у полынно-злаковых и полынно-ковыльных сообществ в Табасаранском (село Марага) и Буйнакском (село Гелли) районах, наименьшая — в долине района (Кар-Кар) на лугово-солончаковой почве покрытой полынно-солянковой растительностью.

Ключевые слова: динамика продуктивности, растительность, предгорные ландшафты

PRODUCTIVITY DYNAMICS OF STEPPE LANDSCAPES OF PIEDMONT DAGESTAN

M.I. Dzhahalova, PhD in Biological Sciences

Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: d.marina.66@mail.ru

Abstract. Modern low-mountain-foothill landscapes, as a result of human economic activity, have undergone significant changes in spatial differentiation under the influence of the anthropogenic factor, which is expressed in the depletion of biological resources and the decrease in biodiversity. An analysis of the monitoring of the state of the vegetation cover of the natural environment of landscapes in the foothills of Dagestan was carried out. An up-to-date description of the selected plant communities is given, the main types of vegetation are characterized. The features of the distribution of these communities in the natural and climatic zones of the foothills of Dagestan are described, where the northern region is cooler and more humid, and the southern region is warmer and less humid. The areas of various plant groups have been established. The purpose of the study was to determine the current state of foothill Dagestan, the productivity of steppe landscapes. The predominance of desert vegetation with a certain proportion of meadow vegetation is shown in the lowland part. It is noted that desert, forest and steppe vegetation is developed in the foothills. The dynamics of the productivity of the steppe communities of the foothill zone of Dagestan during the growing season has been determined. The study of the dynamics of productivity was carried out on 5 model plots, which differed in the type of vegetation and in the degree of influence of the anthropogenic factor (grazing). The studied sites were located in Buynaksky, Magaramkentsky (Gapsakh village), Tabasaransky district (Kar-Kar) and Kumtorkalinsky districts. The studied phytocenoses of the steppe landscapes are formed mainly by dry-steppe grass species with the participation of feather grass, forbs and ephemera, as well as by a semi-desert semi-shrub — Tauride wormwood. Thus, it was noted that wormwood-cereal and wormwood-feather grass communities in Tabasaransky (village Maraga) and Buynaksky (village Gelli) give the highest productivity. The lowest productivity was noted in the valley of the region (Kar-Kar) on meadow solonchak soil covered with wormwood-saltwort vegetation.

Keywords: productivity dynamics, vegetation, foothill landscapes

Ландшафты предгорного Дагестана подвержены истощению биологических ресурсов, снижению биоразнообразия из-за антропогенного воздействия. [2] Поэтому научную и практическую ценность имеет мониторинг состояния растительного покрова природной среды, так как растительность — своеобразный индикатор всех изменений. Современные

низкогорно-предгорные ландшафты в результате хозяйственной деятельности человека значительно изменились в пространственной дифференциации. Влияние антропогенного фактора ландшафтогенеза наиболее заметно сказалось в предгорьях.

На обширных площадях, где развито земледелие, естественные ландшафты полностью заменены

антропогенными. Этот процесс из года в год прогрессирует. [1] Проанализировано распределение видов флоры Дагестана. [4] Современное состояние флоры локального участка нижних предгорий описано в работе Е.В.Яровенко. [6] Вопросы нарушения естественной структуры сообществ (инвазия нетипичных и исчезновение аборигенных видов), снижения природно-рекреационной способности и деградации всей окружающей среды освещены в работе А.М. Магомедовой. [3]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предгорный Дагестан протягивается дугообразной полосой с северо-запада на юго-восток длиной около 210 км и шириной – 20...50 км. Буйнакский район занимает наиболее широкую часть предгорий, относится к Центральному району провинции Внешнегорного Дагестана.

Климат умеренно-континентальный с умеренно-холодной зимой и влажным теплым летом. Выделены северный (более прохладный и влажный) и южный (более теплый и менее влажный) районы. Континентальность климата проявляется в значительных годовых амплитудах температуры на низменности, в горах, резких суточных колебаниях, а также недостаточной увлажненности. В Предгорном Дагестане преобладают ветры восточных румбов, скорость в среднем 3,5 м/с. Наиболее сильные ветры в декабре-марте.

Почвенный покров представлен каштановыми карбонатными, коричневыми и бурыми лесными почвами. По долинам рек в условиях гидроморфного режима развиты луговые и лугово-лесные почвы.

Исследования проводили методом ключевых участков. Динамику продуктивности изучали на пяти модельных участках, которые отличались по типу растительности и степени влияния антропогенного фактора (выпас скота), располагались в Буйнакском, Магарамкентском (село Гапцах), Табасаранском (Кар-Кар) и Кумторкалинском районах.

Сбор полевого материала осуществляли маршрутным методом. Наземные работы включали: геоботанические описания участков, отбор укосов на биологическую продуктивность, закладка почвенных разрезов и взятие почвенных проб для лабораторных исследований. Список флоры растительных сообществ участков составлен по номенклатуре С.К. Черепанова. [5] Определена динамика продуктивности степных сообществ предгорной зоны Дагестана в течение вегетационного периода.

Цель работы – изучение продуктивности степных ландшафтов предгорного Дагестана.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Территория Магарамкентского района преимущественно расположена в низинной части, протягиваясь узкой полосой вдоль реки Самур по левобережью и частично по правобережью, почвы относительно слаборазвитые, в которых почвообразование проявляется в изменении окраски и структуры горизонтов.

В предгорной зоне Табасаранского района, ближе к западу находятся горные участки. Территория

района иногда подвергается сильным ливням и граду – почти половина ее занята лесами. Множество речек, стекающих с горных склонов, питают водами реку Рубас, в бассейне которой находится район. В некоторых долинах (Кар-Кар) сформировались лугово-солончаковые почвы, покрытые полынно-солянковой растительностью.

Для бархана Сары-Кум, расположенного на южной границе Прикаспийских равнин у скальных предгорий Кавказа в Кумторкалинском районе характерны светло-каштановые, маломощные карбонатные легкосуглинистые почвы на древне-аллювиальных галечниковых отложениях.

Анализ состояния растительности показал, что в полынно-люцерновом сообществе (Магарамкентский район, село Гапцах) наибольший вес приходится на разнотравье преимущественно в летний и осенний периоды, где основную массу дает *Artemisia taurica*, а бобовые в это время из травостоя полностью выпадают.

В полынно-злаковом сообществе (Табасаранский район, село Марага) в весенний период наибольшую массу дают *Aegilops tauschii* и *Trachynia distachya*. Летом и осенью наблюдается спад, а бобовые полностью выпадают из травостоя.

В полынно-ковыльном сообществе (Буйнакский район, село Гелли) наблюдается повышенное содержание злаков (*Stipa ucrainica*, *Stipa lessingiana*), особенно весной. Содержание разнотравья в течение года стабильно, основные представители – *Helianthemum salicifolium* и *Artemisia taurica*.

В полынно-злаковых сообществах долины Кар-Кар (Буйнакский район) наибольшая масса в разнотравье – у *Artemisia alpina* осенью, содержание злаков незначительное (*Koeleria cristata*, *Bromopsis riparia* и *Cynodon dactylon*), а бобовые полностью выпадают из травостоя.

Динамика общей продуктивности растительного покрова по исследуемым модельным участкам показана на рисунке (2-я стр. обл.).

В злаково-полынно-люцерновом сообществе, находящемся в районе бархана Сары-Кум (Кумторкалинский район), отмечается значительное участие в составе травостоя злаков. Весной наибольшая доля приходится на разнотравье, среди которых преобладает *Artemisia taurica*. Осенью, после начала периода дождей, обильное развитие в травостое получают эфемеры, среди которых чаще всего встречаются *Medicago minima* и *Poa bulbosa*, которые и составляют основу осенней продукции данного сообщества. Весной и летом встречаются в основном все представленные виды. Высота растений колеблется в пределах: злаковые – до 50 см (*Stipa capillata*), сложноцветные – 30...40 см (*Artemisia taurica*). Злаковые в фазе колошения, эфемеры – цветения-плодоношения.

По степени обилия виды весенней синузидии можно расположить в ряд: *Stipa capillata* > *Medicago minima* > *Aeluropus litoralis* > *Arthemisia taurica* > *Poa bulbosa* > остальные виды.

Смена весеннего периода летним и осенним сопровождается изменением в структуре и видовом составе растений. Осенью из травостоя выпали полностью или частично эфемеры и злаковые. Летом и осенью основная масса злаковых потеряла колосья и листья, представляла собой оголенные стеб-

ли соломенно-желтого цвета. Идентифицировать виды злаковых было невозможно, за исключением особей, у которых сохранились колосья. Осенью наблюдался незначительный осенний подрост, но он находился в приземном горизонте в слое ниже уровня скашивания.

Флористический состав сильно сократился, шесть видов в осенний период. По степени обилия виды летней синусии можно расположить в ряд: *Stipa capillata* > *Erigeron canadensis* > *Artemisia monogina*. Такая посезонная динамика надземной фитомассы вызвана значительным выпадением из травостоя доминантного вида-эфемера *Medicago minima*, некоторых злаковых, а осенью и многих видов разнотравья.

Исследованные фитоценозы степных ландшафтов образованы в основном сухостепными видами злаков с участием ковылей, разнотравья и эфемеров, а также полупустынным полукустарником (полынь Таврическая).

Таким образом, наибольшую продуктивность дают полынно-злаковые и полынно-ковыльные сообщества в Табасаранском (село Марага) и Буйнакском (село Гелли) районах. Наименьшая продуктивность отмечена в долине района (Кар-Кар) на лугово-солончаковой почве, покрытой полынно-солянковой растительностью.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Атаев З.В. Ландшафтный анализ низкогорно-предгорной полосы северо-восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2008. № 1 (2). С. 59–67.

2. Залибеков З.Г. Аридное почвообразование и проблемы его изучения в регионах европейского юга России // Аридные экосистемы. 2015. Т. 11. № 26-27. С. 94–99.
3. Магомедова М.А. Современное состояние некоторых территорий предгорного Дагестана, нуждающихся в охране // Экосистемы. № 15 (45). 2018. С. 49–60.
4. Муртазалиев Р.А. Анализ распределения видов флоры Дагестана. // Ботанический журнал. № 101 (9). 2016. С. 1056–1074.
5. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств – СПб.: Мир и Семья-95, 1995. 992 с.
6. Яровенко Е.В. Флора и растительность предгорного Дагестана // Вестник Дагестанского государственного университета. 2008. № 1. С. 80–85.

REFERENCES

1. Ataev Z.V. Landshaftnyj analiz nizkogorno-predgornoj polosy severo-vostochnogo Kavkaza // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2008. № 1 (2). S. 59–67.
2. Zalibekov Z.G. Aridnoe pochvoobrazovanie i problemy ego izucheniya v regionah evropejskogo yuga Rossii // Aridnye ekosistemy. 2015. T. 11. № 26-27. S. 94–99.
3. Magomedova M.A. Sovremennoe sostoyanie nekotoryh territorij predgornogo Dagestana, nuzhdayushchihya v ohrane // Ekosistemy. № 15 (45). 2018. S. 49–60.
4. Murtazaliev R.A. Analiz raspredeleniya vidov flory Dagestana. // Botanicheskij zhurnal. № 101 (9). 2016. S. 1056–1074.
5. Cherepanov S.K. Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nyh gosudarstv – SPb.: Mir i Sem'ya-95, 1995. 992 s.
6. Yarovenko E.V. Flora i rastitel'nost' predgornogo Dagestana // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2008. № 1. S. 80–85.

Поступила в редакцию 23.03.2023

Принята к публикации 06.04.2023

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ПОСАДКИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИНИ-КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ

Елена Васильевна Овэс, доктор сельскохозяйственных наук

Ирина Сергеевна Карданова, младший научный сотрудник

Кристина Таймуразовна Етдзаева, младший научный сотрудник

Наталья Александровна Гаитова, кандидат сельскохозяйственных наук

Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, г. Люберцы, Московская обл., Россия

E-mail: oveselena@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучить влияние различных схем посадки исходного материала на количественный выход мини-клубней в условиях РСО-Алания. Объекты изучения – микрорастения и микроклубни новых перспективных сортов картофеля Гулливер, Садон и Варяг. Опыты проводили в 2020–2022 годах на торфяном субстрате. Схема посадки – 25×25 см (пластиковые горшки), 25×30 и 25×15 см (грунт теплиц). Выращивание мини-клубней в горшках способствовало формированию от 139,4 до 155,5 шт./м² при выходе стандартной семенной фракции 88–94%. Увеличение площади питания по схеме 25×30 см (стандарт – 77–85%) снизило количество мини-клубней на 19,4 шт./м² (микроклубни) и 49,0 шт./м² (микрорастения). По схеме 25×15 см общее количество мини-клубней возросло на 19–35 шт./м², но выход стандартной фракции снизился до 57–74%. Важный показатель в оригинальном семеноводстве картофеля – выход мини-клубней с диаметром поперечного сечения более 20 мм. Максимальное их число с такими размерами отмечено при высадке микрорастений по схеме 25×25 см – 113,7 шт./м². Применение микроклубней по данной схеме сократило количество фракции мини-клубней более 20 мм до 91,7 шт./м² или на 19% по сравнению с микрорастениями. В результате применения схем 25×30 и 25×15 см выход мини-клубней фракции более 20 мм не зависел от происхождения исходного материала и составил 58,5–65,6 шт./м². Максимальный выход мини-клубней с лучшими размерными характеристиками был получен при схеме посадки 25×25 см в пластиковые горшки. Уменьшение площади питания (25×15 см) снизило их количество в 1,8–1,9 раза.

Ключевые слова: картофель, оригинальное семеноводство, защищенный грунт, микрорастения, микроклубни, мини-клубни, выход стандартной фракции, Республика Северная Осетия-Алания

USAGE OF DIFFERENT PLANTING SCHEMES FOR MINI-TUBERS POTATO GROWING UNDER NORTH OSSETIA-ALANIA REPUBLIC CONDITIONS

E.V. Oves, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

I.S. Kardanova, *Junior Researcher*

K.T. Etdzaeva, *Junior Researcher*

N.A. Gaitova, *PhD in Agricultural Sciences*

Russian Potato Research Centre, Lyubertsy, Moscow region, Russia

E-mail: oveselena@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to study the effect of different planting schemes of the base lines on the quantitative yield of mini-tubers in the conditions of Republic of North Ossetia-Alania. The object of the research was microplants and microtubers of new promising potato varieties Gulliver, Sadon and Varyag. The experiments were carried out in 2020–2022, laid on a peat substrate using planting patterns 25×25 cm in plastic pots, 25×30 and 25×15 cm in the ground. Growing mini-tubers according to the scheme 25×25 cm in pots contributed to the formation of from 139.4 to 155.5 pcs/m² with a standard seed fraction yield of 88–94%. An increase in the nutrition area as a result of planting the base lines into the soil according to the 25×30 cm scheme reduced the number of formed mini-tubers by 19.4–49.0 pcs/m² with a standard yield of 77–85%. According to the 25×15 cm scheme, the total yield of mini-tubers increased by 19–35 pcs/m², but the yield of the standard fraction decreased to 57–74%. In the original seed production of potatoes, an important indicator in the cultivation of mini-tubers is the yield of a fraction of more than 20 mm in transverse diameter. The maximum yield of mini-tubers with such dimensional characteristics was noted when planting micro-plants according to the scheme 25×25 cm – 113.7 pcs/m². The use of micro-tubers according to this scheme reduced the number of mini-tubers with a fraction of more than 20 mm to 91.7 pcs/m² or by 19%. As a result of applying the schemes of 25×30 and 25×15 cm, the quantitative yield of mini-tubers with a fraction of more than 20 mm did not depend on the origin of the base lines and amounted to 58.5–65.6 pcs/m². Based on the studied planting schemes in protected ground in the Republic of North Ossetia-Alania, the maximum yield of mini-tubers with the best dimensional characteristics was obtained as a result of planting the base lines according to the 25×25 cm scheme in plastic pots. Reducing the feeding area according to the 25×15 cm scheme reduced the yield of mini-tubers of a fraction of more than 20 mm by 1.8–1.9 times.

Keywords: potato, pre-basic seed production, greenhouses, micro-plants, micro-tubers, mini-tubers, standard fractions, Republic of North Ossetia-Alania

Картофель относится к сельскохозяйственным культурам с низким коэффициентом размножения. Увеличение выхода семенного материала – приоритетное направление для исследований. В современной практике широкое распространение получила технология ускоренного размножения микрорастений в фитотронах с последующей высадкой на различные субстраты в контролируемых условиях защиты от переносчиков вирусов: аэро- и гидропонные установки, зимние и летние теплицы, укрывные тоннели. [2–4, 10]

Оптимизация элементов технологии выращивания мини-клубней применительно к конкретным природно-климатическим условиям остается актуальной задачей оригинального семеноводства. К ним относится состав грунта, объем сосуда, густота посадки, подкормки, количество и состав защитных мероприятий. [1, 9, 12]

Важный оценочный показатель при выращивании мини-клубней – количественный выход с 1 м². Для его увеличения используют различные схемы, предусматривающие разную густоту посадки микрорастений или микроклубней. [5, 8, 11] С уменьшением площади питания количество мини-клубней увеличивается, но уменьшается выход более крупных фракций. [6–8] Сорты по-разному реагируют на применение уплотненных посадок. [9, 10]

Цель работы – изучить влияние различных схем посадки исходного материала на количественный выход мини-клубней в условиях Республики Северная Осетия-Алания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах в ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха и тепличном комплексе по производству мини-клубней ООО «ФАТ-Агро» (г. Владикавказ, РСО-Алания). Объекты изучения – новые перспективные сорта картофеля *Гулливер*, *Садон* и *Варяг*, созданные в рамках выполнения индикаторов подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства в РФ» ФНТП развития сельского хозяйства на период 2017–2025 годов. Для изучения продуктивности микрорастений и микроклубней в защищенном грунте применяли различные схемы посадки: 25×25 см, горшки (контроль); 30×20 и 25×15 см, грунт. Опыт закладывали в поликарбонатных теплицах 15...20 апреля в четырехкратной повторности по 24 растения на торфяном субстрате. За вегетацию растений в защищенном грунте проводили подкормки раствором Брексил Mg, Келик К, Изабион (семикратно). Против фитопатогенной инфекции и переносчиков вирусов обрабатывали десять раз инсектицидами (Шарпей, Би-58, Бискай, Актелик) и шесть – фунгицидами (Ширлан, Скор, Инфинито, Акробат МЦ).

По каждому сорту и варианту опыта учитывали и фиксировали всходы, приживаемость, фенологические и фитопатологические изменения, количество сформированных стеблей. Убирали вручную с фракционированием мини-клубней по поперечному диаметру: более 60 мм; 60...40; 40...20; 9...20; менее 9 мм. Статистическую обработку данных проводили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа в программе Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Количественный выход мини-клубней в защищенном грунте зависит от приживаемости микрорастений и всхожести микроклубней. В вариантах опыта приживаемость микрорастений – 99...100%, всхожесть микроклубней – 95...98%. Высота растений различалась в зависимости от сорта, схемы посадки и происхождения исходного материала. Лучший рост и развитие наблюдали у растений в контроле (25×25 см, горшки). На пятидесятый день после посадки высота микрорастений составила 55,5...56,7 см, из микроклубней – 46,4...59,5 см. При схеме 25×15 см растения оказались в 1,1...1,2 раза выше по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1). Важная особенность при использовании микроклубней в качестве посадочного материала – невыровненность по всходам в первый период роста растений (20-й день).

Площадь листовой поверхности зависит от сортовых особенностей. Максимальная ассимиляционная поверхность листьев сортов *Гулливер* и *Варяг* – 8,96...10,40 м²/м² при высадке микрорастений по схеме 25×25 см, *Садон* – 12,3 м²/м² на микроклубнях (25×30 см). Применение схемы посадки 25×15 см независимо от происхождения посадочного материала уменьшило площадь листовой поверхности растений в 1,5...1,8 раза.

На количество сформированных мини-клубней влияет схема посадки исходного материала. В среднем за период исследований микрорастения в контрольном варианте сформировали от 8,4

Таблица 1.
Рост и развитие исходного материала в защищенном грунте, среднее за 2020–2022 годы

Сорт	Вариант	Приживаемость (всхожесть), %	Высота растений (см), день				Ассимиляционная поверхность листьев	
			20	30	40	50	м ² /куст	м ² /м ²
<i>Гулливер</i> *	Контроль	100	10,8	17,7	38,4	56,3	0,65	10,40
	25х30 см	100	10,0	25,2	40,6	59,4	0,73	9,71
	25х15 см	100	12,3	18,8	44,2	68,2	0,24	6,41
<i>Садон</i> *	Контроль	100	12,5	20,8	40,3	55,5	0,87	11,57
	25х30 см	100	12,3	23,4	42,8	54,6	0,80	10,64
	25х15 см	99	12,0	25,7	47,5	63,0	0,28	7,48
<i>Варяг</i> *	Контроль	99	10,5	28,8	39,8	56,7	0,56	8,96
	25х30 см	100	8,8	26,5	42,6	60,4	0,60	7,98
	25х15 см	100	11,0	32,2	45,4	65,8	0,21	5,61
<i>Гулливер</i> **	Контроль	98	6,3	12,4	36,4	59,5	0,58	9,28
	25х30 см	95	5,5	11,6	37,5	60,0	0,39	6,24
	25х15 см	96	6,5	14,2	41,3	66,3	0,18	4,81
<i>Садон</i> **	Контроль	97	4,5	18,8	39,5	55,0	0,68	10,88
	25х30 см	98	4,0	19,5	40,6	56,6	0,77	12,3
	25х15 см	96	4,5	20,7	42,2	57,8	0,19	6,14
<i>Варяг</i> **	Контроль	96	8,2	18,0	32,4	46,4	0,50	8,0
	25х30 см	96	10,5	18,5	33,5	47,5	0,59	7,8
	25х15 см	98	10,8	24,5	38,8	48,9	0,20	5,34

Примечание. * – микрорастения, ** – микроклубни, то же в табл. 2, 3.

Таблица 2.

Количественный выход мини-клубней в зависимости от схемы посадки в защищенном грунте, среднее за 2020–2022 годы

Сорт	Вариант	2020		2021		2022		Среднее за три года	
		всего	>9 мм	всего	>9 мм	всего	>9 мм	всего	>9 мм
Садон*	Контроль	10,9	10,0	9,4	8,2	9,9	8,6	10,1	8,9
	25x30 см	8,5	7,0	7,9	6,4	6,5	5,2	7,6	6,2
	25x15 см	8,0	6,7	6,4	3,4	6,7	3,6	7,0	4,6
Садон**	Контроль	9,3	8,8	8,8	7,5	8,8	7,5	9,0	7,9
	25x30 см	14,1	12,3	11,3	10,0	12,3	7,7	12,6	10,0
	25x15 см	9,5	8,5	8,6	5,8	8,5	5,7	8,9	6,7
НСР _{0,95} Варяг*	Контроль	2,00	2,21	2,02	1,85	1,96	1,87	–	–
	25x30 см	8,4	8,1	8,8	7,6	8,1	7,5	8,4	7,7
	25x15 см	8,8	7,3	7,7	6,4	7,3	5,9	7,9	6,5
Варяг**	Контроль	7,1	6,6	8,2	7,6	6,6	6,0	7,3	6,7
	25x30 см	7,4	5,6	7,8	6,3	5,6	4,3	6,9	5,4
	25x15 см	7,2	4,9	6,7	3,6	4,9	2,6	6,3	3,7
НСР _{0,95} Гулливёр*	Контроль	1,28	1,42	1,96	1,87	0,88	0,82	–	–
	25x30 см	10,6	9,8	8,8	7,6	9,8	8,6	9,7	8,7
	25x15 см	8,5	7,5	7,7	6,4	7,5	6,2	7,9	6,7
Гулливёр**	Контроль	7,2	5,4	5,9	3,1	5,4	2,8	6,2	3,8
	25x30 см	10,3	9,4	9,3	8,0	9,4	8,0	9,7	8,5
	25x15 см	8,3	6,8	7,0	6,7	6,8	5,3	7,4	6,3
НСР _{0,95}	25x15 см	6,5	4,7	4,7	2,8	4,7	2,8	5,3	3,4
	НСР _{0,95}	1,73	1,70	2,02	1,85	1,84	1,78	–	–

до 10,1 шт./раст., выход стандартной семенной фракции составил 88...92%. По схеме 25x30 см их количество снизилось до 7,6...7,9 шт./раст. при

стандарте – 82...85% (табл. 2). Уменьшение площади питания по схеме 25x15 см сократило количество сформированных мини-клубней на 29...31%, коэффициент размножения растений составил 6,2...7,0 шт./раст., выход стандартной семенной фракции – 62...66%.

Использование микроклубней в качестве посадочного материала зависит от сортовых особенностей. В контрольном варианте было сформировано от 7,3 до 9,7 шт./раст. при выходе стандартной семенной фракции 88...92%. Количество мини-клубней сорта Садон (25x30 см) увеличилось до 12,6 шт./раст., на 40% по сравнению с контролем. Сорта Гулливер и Варяг оказались менее продуктивными – 6,7...7,3 шт./раст. при выходе стандартной фракции 5,1...5,8 шт.

Выращивание микроклубней сорта Варяг по схеме 25x15 см существенно не отразилось на выходе мини-клубней по сравнению с контрольным вариантом, Гулливер – достоверно снизило на 4,4 шт./раст., в 1,8 раза.

В защищенном грунте главный критерий оценки эффективности производства – количественный выход мини-клубней с единицы площади. При высадке микрорастений по схеме 25x30 см количество мини-клубней с 1 м² снизилось на 29,3...60,5 шт./м² (28...37% по сравнению с контролем), стандартного материала – 7...15%. Применение схемы 25x15 см привело к увеличению общего выхода мини-клубней у сорта Гулливер на 10,3 шт./м², Садон и Варяг – 25,3 и 33,8 шт./м² соответственно, но выход стандартной семенной фракции оказался на 25...29% ниже, чем в контрольном варианте (табл. 3).

Результаты использования микроклубней при выращивании мини-клубней в теплицах отличались от показателей, полученных с микрорастениями.

Таблица 3.

Продуктивность новых сортов картофеля в защищенном грунте, среднее за 2020–2022 годы

Сорт	Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество мини-клубней, шт.									Выход стандартной фракции	
			на одно растение			на 1 м ²							
			всего	в том числе, мм		всего	в том числе, мм		шт.	%			
				>20	20...9		<9	>20			20...9	<9	
Гулливёр*	Контроль	16,0	9,7	6,1	2,6	1,0	155,2	97,6	41,6	16,0	8,7	90	
	25x30см	13,3	7,9	4,6	2,1	1,2	105,1	61,2	27,9	16,0	6,7	85	
	25x15см	26,7	6,2	2,1	1,7	2,4	165,5	56,1	45,4	64,1	3,8	61	
Садон*	Контроль	16,0	10,1	6,4	2,6	1,1	161,6	102,4	41,6	17,6	9,0	89	
	25x30см	13,3	7,6	4,4	1,8	1,4	101,1	58,5	23,9	18,6	6,2	82	
	25x15см	26,7	7,0	2,5	2	2,5	186,9	66,8	53,4	66,8	4,5	64	
Варяг*	Контроль	16,0	8,4	5,3	2,6	0,5	134,4	84,8	41,6	8,0	7,9	94	
	25x30см	13,3	7,9	3,9	2,6	1,4	105,1	51,9	34,6	18,6	6,5	82	
	25x15см	26,7	6,3	2,0	2,2	2,1	168,2	53,4	58,7	56,1	4,2	67	
Гулливёр**	Контроль	16,0	9,7	6,3	2,2	1,2	155,2	100,8	35,2	19,2	8,5	88	
	25x30см	13,3	7,4	3,8	2	1,6	98,4	50,5	26,6	21,3	5,8	78	
	25x15см	26,7	5,3	1,8	1,6	1,9	141,5	48,1	42,7	50,7	3,4	64	
Садон**	Контроль	16,0	9	5,7	2,3	1,0	144,0	91,2	36,8	16,0	8,0	89	
	25x30см	13,3	12,6	6,4	3,6	2,6	167,6	85,1	47,9	34,6	10,0	79	
	25x15см	26,7	8,9	3,8	2,8	2,3	237,6	101,5	74,8	61,4	6,6	74	
Варяг**	Контроль	16,0	7,3	5,2	1,5	0,6	116,8	83,2	24,0	9,6	6,7	92	
	25x30см	13,3	6,9	3,6	1,7	1,6	91,8	47,9	22,6	21,3	5,3	77	
	25x15см	26,7	6,3	1,7	1,9	2,7	168,2	45,4	50,7	72,1	3,6	57	

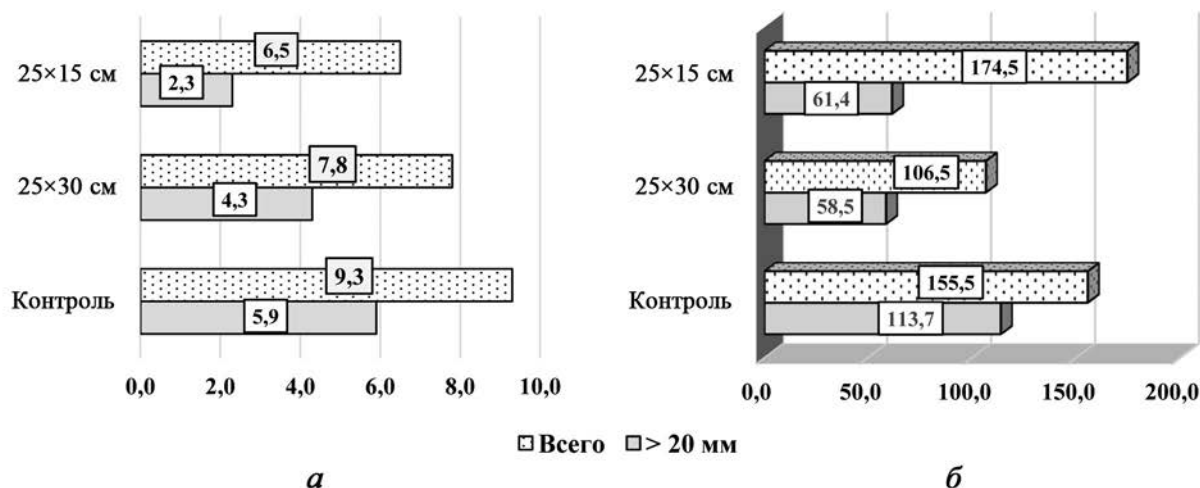


Рис. 1. Продуктивность микрорастений и выход фракции мини-клубней более 20 мм в поперечном разрезе в зависимости от схемы посадки, среднее за 2020–2022 годы: а – шт./раст., б – шт./м².

По схеме 25×30 см у сорта *Варяг* количество мини-клубней снизилось на 25,0 шт./м² (21%), *Гулливер* – 56,8 шт./м² (37%), *Садон* увеличилось на 23,6 шт./м² (16%) по сравнению с контролем. Выращивание мини-клубней по схеме 25×30 см независимо от сорта привело к снижению выхода стандартной семенной фракции на 10...15%.

Применение схемы посадки микроклубней 25×15 см на сорте *Гулливер* уступило контрольному варианту на 13,7 шт./м² (9%). У сорта *Варяг* количество мини-клубней увеличилось на 51,4 шт./м² (44%), *Садон* – 93,6 шт./м² (65%). Уплотнение посадки микроклубней по схеме 25×15 см привело к снижению выхода стандартной семенной фракции на 15...35% по сравнению с контролем.

Согласно требованиям межгосударственного стандарта, ГОСТ 55993-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества» к стандартной фракции относятся мини-клубни, превышающие в поперечном диаметре 9 мм, но коммерческим спросом пользуются мини-клубни более 20 мм.

При выращивании по схеме 25×25 см в горшках из микрорастений и микроклубней выход фракции мини-клубней более 20 мм в поперечном диаметре

составил 1,5 шт. (16%) и выход фракции более 20 мм на 35,3...50,3 шт./м² (43...50%), *Садон* – 6,1 шт./м² (7%) по сравнению с контролем.

При применении схемы 25×15 см способствовало формированию от 45,4 до 66,8 шт./м². Исключение составил вариант с высадкой микроклубней сорта *Садон*, где количество мини-клубней превысило контрольный вариант на 10,3 шт. (11%). Выращивание сортов *Гулливер* и *Варяг* по данной схеме привело к сокращению выхода фракции более 20 мм в два раза по сравнению с контролем.

По результатам сравнительной оценки различных схем посадки исходного материала максимальные показатели по количественному выходу (9,3 шт./раст.) и наличию в нем фракции более 20 мм (5,9 шт./раст.) у исследуемых сортов картофеля отмечено в контрольном варианте при высадке микрорастений по схеме 25×25 см в горшках. Использование схемы 25×30 см уменьшило количество сформированных мини-клубней на 1,5 шт. (16%) и выход фракции более 20 мм на

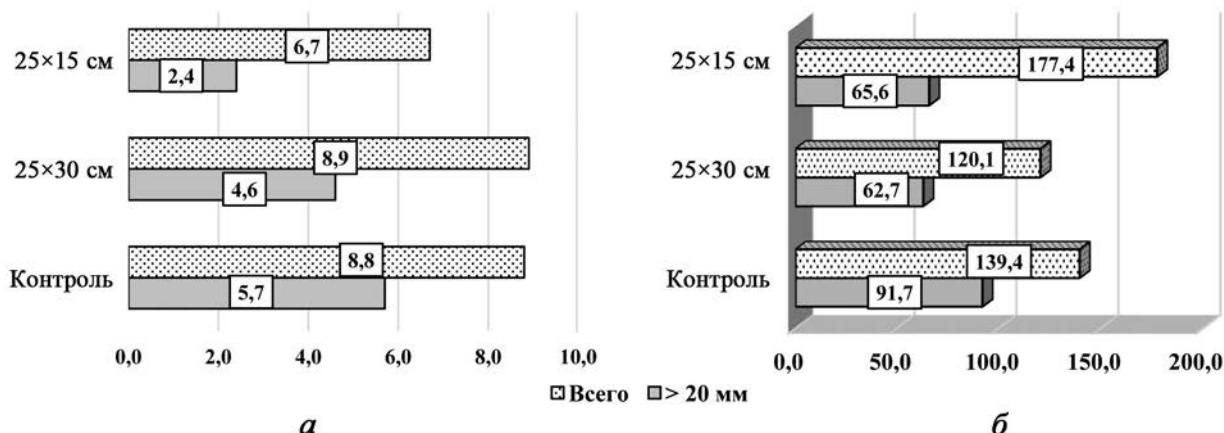


Рис. 2. Продуктивность микроклубней и выход фракции мини-клубней более 20 мм в поперечном разрезе в зависимости от схем посадки, среднее за 2020–2022 годы: а – шт./раст., б – шт./м².

1,6 шт./раст. (27%). При схеме 25×15 см данные показатели по сравнению с контролем снизились на 2,8 (30%) и 3,6 (61%) шт./раст. соответственно (рис. 1).

Аналогичные результаты были получены при проведении оценки выхода мини-клубней с единицы площади защищенного грунта (м²). В контрольном варианте – 155,5 шт., выход фракции более 20 мм – 113,7 шт./м² (73%). Увеличение площади питания при высадке микрорастений в грунт по схеме 25×30 см снизило количество мини-клубней на 32%, выход фракции более 20 мм – почти в два раза. Уменьшение площади питания при схеме 25×15 см увеличило общий выход мини-клубней на 19,0 шт./м² (12%), но снизило выход фракции более 20 мм на 52,3 шт./м² (46%) по сравнению с контрольным вариантом.

При высадке микроклубней общий выход мини-клубней в контрольном варианте (8,8 шт.) и фракции более 20 мм (5,7 шт.) были аналогичны варианту с использованием микрорастений. В результате высадки микроклубней в грунт по схеме 25×30 см общее количество мини-клубней находилось на уровне контрольного варианта, но выход фракции более 20 мм уменьшился на 0,9 шт./раст., 19% (рис. 2). Применение схемы 25×15 см снизило коэффициент размножения растений на 2,1 шт./раст. и выход мини-клубней более 20 мм на 3,3 шт./раст. или в 1,3 и 2,4 раза соответственно.

Максимальный выход семенного материала отмечен при выращивании микроклубней по схеме 25×15 см – до 177,4 шт./м², что превысило контроль на 38,0 шт./м² (27%), но наибольшее количество мини-клубней фракции более 20 мм в поперечном диаметре получено в контрольном варианте – 91,7 шт./м².

Выводы. На основе исследования схем посадки в защищенном грунте в условиях Республики Северная Осетия-Алания установлена наиболее эффективная – 25×25 см с высадкой исходного материала в горшки. Уменьшение площади питания (25×15 см) снижает выход фракции мини-клубней более 20 мм в 1,8...1,9 раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Молявко А.А., Марухленко А.В., Борисова Н.П. Урожайность и выход стандартной фракции мини-клубней картофеля при внесении хелатных удобрений на питательном грунте Агробалт-Н под тоннельными укрытиями // *Аграрная наука*. 2022. № 6. С. 86–91.
2. Хутинаев О.С., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. и др. Выращивание мини-клубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина*. 2018. № 4 (86). С. 7–14.
3. Anisimov B., Simakov E., Mityushkin A. et al. Potato Seed Production in Russia // *Potato Journal*. 2018. Vol. 45. No. 2. P. 152–158.
4. Awati R., Bhattacharya A., Char B. Rapid Multiplication Technique for Production of High –Quality Seed Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers // *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. 2019. Vol. 7 (01), PP. 001–005. DOI: 10.7324/JABB.2019.70101.

5. Dimante I., Gaile Z. The effect of planting density on potato (*Solanum tuberosum* L.) Minituber number, weight and multiplication rate. *Research for rural // Research for rural development* 2016. Vol. 1. P. 27–33.
6. Dimante I., Mežaka I., Gaile Z. The effect of minituber weight on their field performance under a Northern European environment. *Agronomy Research*. 2019. 17 (2): 396–407. DOI: 10.15159/AR.19.063.
7. Fouad M., Genesia F., El-Hamed A., Basma A. El-Safty Influence of Plant Density and Genotype on Potato Minituber Production from Microshoots and Microtubers // *International Journal on Environmental Sciences*. 2018. Vol. 17. Iss. 1. P. 77–84.
8. Jin H., Liu J., Song B., Xie C. Impact of Plant Density on the Formation of Potato Minitubers Derived from Microtubers and Tip-Cuttings in Plastic Houses // *Journal of Integrative Agriculture*. 2013. Vol. 12 (6): 1008–1017. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60321-4.
9. Ozkaynak E. Tuber size effects on yield and number of potato minitubers of commercial varieties in a greenhouse production system // *Turkish Journal of Field Crops*. 2021. Vol. 26, Iss. 1. PP. 122–127. DOI: 10.17557/tjfc.950280.
10. Ozturk G., Yildirim Z. Tuber characteristics of disease free meristem clones of some potato genotypes // *Turkish Journal of Field Crops*. 2020. 25: 174–180.
11. Sadawarti M.J., Samadhiya R.K., Kumar V. et al. Hi-tech planting materials performance under in vivo conditions for potato breeder seed production // *International Journal of Chemical Studies*. 2018. 6 (3): 817–822.
12. Zeyruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L. et al. A boost to integrated management of certain potato diseases using metal nanoparticles // *Potato Research*. 2022. V. 65.2. PP. 273–288.

REFERENCES

1. Molyavko A.A. Maruhlenko A.V., Borisova N.P. Urozhajnost' i vyhod standartnoj frakcii mini-klubnej kartofelya pri vnesenii helatnyh udobrenij na pitatel'nom grunte Agrobalt-N pod tonnel'nymi ukrytiyami // *Agrarnaya nauka*. 2022. № 6. S. 86–91.
2. Hutinaev O.S., Starovojtov V.I., Starovojtova O.A. i dr. Vyrashchivanie mini-klubnej kartofelya i topinambura v usloviyah vodno-vozdushnoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo osveshcheniya // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Goryachkina*. 2018. № 4 (86). S. 7–14.
3. Anisimov B., Simakov E., Mityushkin A. et al. Potato Seed Production in Russia // *Potato Journal*. 2018. Vol. 45. No. 2. P. 152–158.
4. Awati R., Bhattacharya A., Char B. Rapid Multiplication Technique for Production of High –Quality Seed Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers // *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. 2019. Vol. 7 (01), PP. 001–005. DOI: 10.7324/JABB.2019.70101.
5. Dimante I., Gaile Z. The effect of planting density on potato (*Solanum tuberosum* L.) Minituber number, weight and multiplication rate. *Research for rural // Research for rural development* 2016. Vol. 1. R. 27–33.
6. Dimante I., Mežaka I., Gaile Z. The effect of minituber weight on their field performance under a Northern European environment. *Agronomy Research*. 2019. 17 (2): 396–407. DOI: 10.15159/AR.19.063.
7. Fouad M., Genesia F., El-Hamed A., Basma A. El-Safty Influence of Plant Density and Genotype on Potato Minituber Production from Microshoots and Microtubers //

- International Journal on Environmental Sciences. 2018. Vol. 17. Iss. 1. P. 77–84.
8. Jin H., Liu J., Song B, Xie C. Impact of Plant Density on the Formation of Potato Minitubers Derived from Micro-tubers and Tip-Cuttings in Plastic Houses // Journal of Integrative Agriculture. 2013. Vol. 12 (6): 1008–1017. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60321-4.
 9. Ozkaynak E. Tuber size effects on yield and number of potato minitubers of commercial varieties in a greenhouse production system // Turkish Journal of Field Crops. 2021. Vol. 26, Iss. 1. PP. 122–127. DOI: 10.17557/tjfc.950280.
 10. Ozturk G., Yildirim Z. Tuber characteristics of disease free meristem clones of some potato genotypes // Turkish Journal of Field Crops. 2020. 25: 174–180.
 11. Sadawarti M.J., Samadhiya R.K., Kumar V. et al. Hi-tech planting materials performance under in vivo conditions for potato breeder seed production // International Journal of Chemical Studies. 2018. 6 (3): 817–822.
 12. Zeyruk V.N., Vasilieva S.V., Belov G.L. et al A boost to integrated management of certain potato diseases using metal nanoparticles // Potato Research. 2022. V. 65.2. PP. 273–288.

Поступила в редакцию 22.03.2023

Принята к публикации 05.04.2023

СОРТА ЯБЛОНИ СЕЛЕКЦИИ ВНИИСПК В ПРОИЗВОДСТВЕ

Светлана Александровна Корнеева, кандидат сельскохозяйственных наук
Евгений Николаевич Седов, академик РАН, профессор
Татьяна Владимировна Янчук, кандидат сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская область, Россия
E-mail: info@vniispk.ru

Аннотация. Создание и совершенствование адаптивного сортимента яблони для промышленного садоводства Средней полосы России – основная цель непрерывной работы селекционеров ФГБНУ ВНИИСПК. Созданы сорта яблони различных сроков созревания для промышленного садоводства и личных приусадебных хозяйств. Они характеризуются высокой адаптивностью к абиотическим и биотическим факторам среды, пригодностью для современного промышленного производства, имеют плоды привлекательного вида, отличного вкуса с высоким содержанием биологически активных веществ. Пятнадцать сортов наряду с комплексом хозяйственно ценных признаков обладают иммунитетом к парше. Его наличие способствует снижению фунгицидной нагрузки в саду и экологизации плодовой продукции. Девятнадцать сортов – триплоидные, с высокотоварными плодами, более регулярным плодоношением и высокой урожайностью. Семь из них – иммунные к парше, что повышает их ценность. Доля сортов нашей селекции, рекомендованных для Центрально-Черноземного региона составляет 44%, по Центральному региону – 23% всего сортимента яблони. Сорта не только удовлетворяют традиционным вкусам населения, но и обладают комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков, позволяющих успешно внедрять их в насаждения интенсивного типа, что важно для решения проблемы импортозамещения плодовой продукции и круглогодичного обеспечения населения свежими яблоками. Во многих областях Центрального и Центрально-Черноземного регионов заложены сады сортами селекции ФГБНУ ВНИИСПК. В ООО «Алтухово» Тульской области – 540 га (средний уровень рентабельности возделывания шести наших сортов за последние пять лет – 72,8%), АО «Дубовое» (Тамбовская область) – 167,2 га (рентабельность – 73,7%), Учхоз-племзавод «Комсомолец» (Тамбовская область) – 48 га (рентабельность по трем сортам за последние пять лет – 125,7%).

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорта, рентабельность, экономическая эффективность

APPLE TREES VARIETIES OF VNIISPK SELECTION IN PRODUCTION

S.A. Korneeva, *PhD in Agricultural Sciences*
E.N. Sedov, *Academician of the RAS, Professor*
T.V. Yanchuk, *PhD in Agricultural Sciences*
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: info@vniispk.ru

Abstract. The creation and improvement of adaptive apple assortment for industrial gardening in the Central zone of Russia is the main goal of the continuous work of breeders and specialists of related specialties of VNIISPK. A group of apple cultivars of various maturation periods has been created for both industrial gardening and amateur household farms. These apple cultivars are characterized by high adaptability to abiotic and biotic environmental factors, suitability for modern industrial production; they have attractive fruits with excellent taste and high content of biologically active substances. Fifteen VNIISPK cultivars are immune to scab along with a complex of economically valuable traits. The presence of the gene of immunity to scab in cultivars leads to a decrease in the fungicidal load in the orchard and, as a consequence, to the ecologization of fruit products. Nineteen VNIISPK apple cultivars are triploid. This biological feature is of great economic importance. Triploid cultivars are characterized by high-quality fruits, more regular fruiting and high yield. Seven triploid cultivars are also immune to scab, which increases their value. The share of apple cultivars of our breeding recommended for the Central Chernozem region is 44%, and for the Central region – 23% of the total apple assortment. Our apple cultivars not only satisfy the traditional tastes of the population, but are also characterized by a complex of biological and economically valuable features that allow them to be successfully introduced into intensive orchards, thereby playing an important role in solving the problem of import substitution of fruit products and year-round provision of fresh apples to the population. In many areas of the Central and Central Chernozem regions of Russia, the orchards are planted with VNIISPK cultivars. In Altukhovo LLC, Tula region, these orchards occupy 540 hectares. The average level of profitability of cultivation of 6 cultivars of VNIISPK breeding in this farm has amounted to 72.8% over the past five years. In the joint-stock company “Dubovoye” (Tambov region), the total area with our apple cultivars is 167.2 hectares with a profitability of 73.7%. In the “Komsomolets” stud farm (Tambov region), the average level of profitability for three VNIISPK cultivars occupying 48 hectares has amounted to 125.7% over the past five years.

Keywords: apple, breeding, cultivars, profitability, economical efficiency

Требования, предъявляемые к плодовой продукции, постоянно меняются. Сорта устаревают, становятся менее устойчивыми к патогенам. [2]

В 80–90-е годы прошлого столетия основные сорта яблони в Средней полосе России – *Пепин шафранный* (зимний сорт), *Осеннее полосатое* и *Коричное*

полосатое (осенние), *Мелба* и *Папировка* (летние). Они находятся в Госреестре селекционных достижений, допущенных к использованию, но мало востребованы, так как не отвечают возросшим требованиям производства. [12]

Непрерывное совершенствование сортимента яблони, создание сортов с заданными хозяйственно ценными признаками — основная задача селекционеров. [3, 14]

Новые сорта должны быть высокоадаптивными к абиотическим, биотическим факторам среды, пригодными для современного промышленного производства и отвечать всем требованиям потребителя (плоды привлекательного вида, отличного вкуса, с высоким содержанием биологически-активных веществ). [9, 12]

Отечественные сорта яблони могут конкурировать с зарубежными и обеспечить полное импортозамещение и круглогодичное снабжение населения России свежими плодами. [4, 10, 13]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Во Всероссийском научно-исследовательском институте селекции плодовых культур в процессе многолетней селекционной работы созданы новые сорта яблони. Методы и приемы — традиционные комбинационной селекции, а также полиплоидии (интервалентные скрещивания). [6, 7, 11] Традиционные основаны на использовании различных типов скрещиваний (повторная гибридизация, многоступенчатые и географически отдаленные) с тщательным подбором родительских пар и жестким отбором в потомстве. Коллективом научных сотрудников ФГБНУ ВНИИСПК разработана методика создания триплоидных сортов яблони, получена серия триплоидных сортов от интервалентных скрещиваний типа 2x × 4x. Применение в селекции яблони полиплоидного метода под цитологическим контролем позволяет в сжатые сроки создавать сорта нового поколения с высокой адаптивностью к стрессорам, урожайностью, а также высоким качеством плодов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Создано 57 сортов различных сроков созревания для промышленного садоводства и личных приусадебных хозяйств (табл. 1). [12] Доля сортов нашей селекции, рекомендованных для Центрально-Черноземного региона — 44, Центрального — 23% всего сортимента яблони.

Традиционным методом созданы сорта: *Ветеран*, *Зарянка*, *Куликовское*, *Морозовское*, *Олимпийское*, *Орлик*, *Орлинка*, *Орловим*, *Орловская Заря*, *Орловский пионер*, *Орловское полосатое*, *Память воину*, *Память Исаева*, *Пепин орловский*, *Радость Надежды*, *Раннее алое*, *Славянин*. Методом комбинационной селекции — спонтанные триплоидные сорта: *Синап орловский*, *Память Семакину*.

Наиболее эффективная и результативная селекция на признаки, фенотипическое проявление которых находится под контролем доминантных генов. Примером может служить селекция на иммунитет к парше, обусловленная генами *Rvi6*, *Rvi5*, *Rvi2*. [1, 5, 8, 15]

Использование иммунных к парше сортов яблони в садах интенсивного типа экономит энергозатраты, заложенные в пестициды (15,3%), и общие (18%) из-за исключения обработок фунгицидами, обеспечивает получение экологически чистой продукции.

В ФГБНУ ВНИИСПК создано 15 иммунных к парше сортов: *Афродита*, *Болотовское*, *Веньяминовское*, *Здоровье*, *Ивановское*, *Имрус*, *Кандиль орловский*, *Курнаковское*, *Орловское полесье*, *Памяти Хитрово*, *Свежесть*, *Солнышко*, *Старт*, *Строевское*, *Юбилей Москвы*. *Веньяминовское* допущен к использованию в четырех регионах России, *Имрус*, *Кандиль орловский*, *Орловское полесье*, *Свежесть*, *Солнышко*, *Строевское* — в двух.

Для яблони оптимальный уровень плоидности — триплоидия. Триплоидные сорта характеризуются регулярным плодоношением по годам, высокой массой и товарностью плодов, повышенной самоплодностью. Под воздействием резких колебаний температуры, инсоляции, при гибридизации

Таблица 1.

Сорта яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК

Сорта летнего срока созревания плодов	Сорта осеннего срока созревания плодов	Сорта зимнего срока созревания плодов
<i>Орлинка</i> , <i>Орловим</i> , <i>Желанное</i> , <i>Радость Надежды</i> , <i>Раннее алое</i>	<i>Орловский пионер</i> , <i>Орловское полосатое</i> , <i>Память Исаева</i> , <i>Славянин</i>	<i>Ветеран</i> , <i>Зарянка</i> , <i>Куликовское</i> , <i>Морозовское</i> , <i>Олимпийское</i> , <i>Орлик</i> , <i>Орловская Заря</i> , <i>Память воину</i> , <i>Пепин орловский</i>
Иммунные к парше		
—	<i>Солнышко</i>	<i>Афродита</i> , <i>Болотовское</i> , <i>Веньяминовское</i> , <i>Здоровье</i> , <i>Ивановское</i> , <i>Имрус</i> , <i>Кандиль орловский</i> , <i>Курнаковское</i> , <i>Орловское Полесье</i> , <i>Памяти Хитрово</i> , <i>Свежесть</i> , <i>Старт</i> , <i>Строевское</i> , <i>Юбилей Москвы</i>
Триплоидные		
<i>Августа</i> , <i>Дарёна</i> , <i>Осиповское</i>	—	<i>Бежин луг</i> , <i>День Победы</i> , <i>Министр Киселев</i> , <i>Низкорослое</i> , <i>Орловский партизан</i> , <i>Патриот</i> , <i>Тургеневское</i> , <i>Синап орловский</i> , <i>Память Семакину</i>
Триплоидные с иммунитетом к парше		
<i>Яблочный Спас</i> , <i>Масловское</i> , <i>Юбиляр</i>	—	<i>Александр Бойко</i> , <i>Вавиловское</i> , <i>Рождественское</i> , <i>Праздничное</i>
С колонновидным габитусом кроны		
—	—	<i>Орловская Есения</i>
Колонновидные с иммунитетом к парше		
—	—	<i>Восторг</i> , <i>Гирлянда</i> , <i>Приокское</i> , <i>Поэзия</i>

могут возникать полиплоидные формы яблони, но в редких случаях. Создано и районировано девять триплоидных сортов: *Августа*, *Бежин луг*, *Дарёна*, *День Победы*, *Министр Киселев*, *Низкорослое*, *Орловский партизан*, *Осиповское*, *Патриот*, *Тургеневское*. Высокую оценку получают летние сорта *Августа* и *Осиповское*, районированные в Центрально-Черноземном регионе.

Особую ценность представляют сорта, совмещающие триплоидный набор хромосом с иммунитетом к парше (*Александр Бойко*, *Вавиловское*, *Масловское*, *Праздничное*, *Рождественское*, *Юбиляр* и *Яблочный Спас*). Из них сорт *Рождественское* уже районирован в четырех регионах, *Яблочный Спас* – в двух.

Промышленное садоводство имеет определенные риски. Один из них – неправильный подбор сортов для того или иного природно-климатического региона. Ошибка может привести к серьезным повреждениям или полной гибели насаждения вследствие недостаточной адаптивности сортов к условиям выращивания и крупным финансовым потерям. Поэтому грамотный подбор сортов – важнейшее условие для успешного коммерческого садоводства. Благодаря высокой адаптивности, скороплодности,

урожайности, товарности плодов, стабильности плодоношения сорта орловской селекции зарекомендовали себя как высокорентабельные.

Сорта яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК распространены в производственных насаждениях, крестьянско-фермерских хозяйствах, личных приусадебных и дачных участках Орловской, Белгородской, Воронежской, Калужской, Курской, Липецкой, Тамбовской, Тульской, Ульяновской областей, а также в Мордовии, Татарстане, Чувашии, Белоруссии, Украине.

Сорта селекции ФГБНУ ВНИИСПК успешно выращивают в ООО «Алтухово» Тульской области. Общая площадь – 540 га (*Рождественское* – 218, *Синап орловский* – 152, *Ветеран* – 54, *Кандиль орловский* – 52, *Веньяминовское* – 33, *Солнышко* – 31 га). По данным производителя средний уровень рентабельности возделывания этих сортов за последние пять лет составил 72,8%. Размер прибыли за этот период – от 934 800 (*Рождественское*) до 608 000 руб./га (*Веньяминовское*). Общая прибыль – 459 323 200 руб./год. Наибольшей экономической эффективностью характеризуются сорта иммунные к парше – *Солнышко* (81%), *Веньяминовское* (78), *Кандиль орловский* (74) и *Рождественское* (72%).

Таблица 2.

Экономическая эффективность сортов яблони ФГБНУ ВНИИСПК, 2018–2022 годы

Сорт	Площадь занимаемая сортом, га	Годовой валовый сбор яблук, т	Урожайность, т/га	Ежегодная прибыль		Рентабельность, %
				руб./га	руб.	
Учхоз–племзавод «Комсомолец»						
<i>Свежесть</i>	22	237	108	7550	166 100	145
<i>Строевское</i>	14	176	126	4321	60 494	112
<i>Веньяминовское</i>	12	138	115	3653	43 836	120
Всего	48	426	–	15 524	270 430	–
Среднее	–	–	116,3	–	–	125,7
АО «Дубовое»						
<i>Синап орловский</i>	24,0	400	16,7	81 420	1 954 080	74
<i>Орлик</i>	9,3	147	15,8	76 517	711 608	71
<i>Орловское полосатое</i>	2,5	43	17,2	79 420	198 550	72
<i>Строевское</i>	31,9	526	16,5	72 800	2 322 320	71
<i>Орловим</i>	7,0	106	15,1	72 300	506 100	69
<i>Ветеран</i>	40,7	737	18,1	82 110	3 341 877	76
<i>Рождественское</i>	14,2	248	17,5	79 800	1 133 160	81
<i>Веньяминовское</i>	17,9	292	16,3	80 200	1 435 580	76
<i>Кандиль орловский</i>	11,2	174	15,5	73 200	819 840	71
<i>Свежесть</i>	8,5	136	16,0	80 100	680 850	76
Всего	167,2	2809	–	777 867	13 103 965	–
Среднее	–	–	16,5	–	–	73,7
ООО «Алтухово»						
<i>Синап орловский</i>	152	4256	28,0	896 000	136 192 000	64
<i>Рождественское</i>	218	5363	24,6	934 800	203 786 400	72
<i>Ветеран</i>	54	1285	23,8	690 200	37 270 800	68
<i>Кандиль орловский</i>	52	1544	29,7	801 900	41 698 800	74
<i>Веньяминовское</i>	33	627	19,0	608 000	20 064 000	78
<i>Солнышко</i>	31	564	18,2	655 200	20 311 200	81
Всего	540	13 639	–	4 586 700	459 323 200	–
Среднее	–	–	23,9	–	–	72,8
В сумме по всем хозяйствам	755,2	16 874	–	5 380 091	742 857 160	–
В среднем по всем хозяйствам	–	–	52,2	–	–	90,7

В АО «Дубовое» (Тамбовская область) под сортами орловской селекции занято 167,2 га (*Синап орловский* – 24, *Орлик* – 9,3, *Рождественское* – 14,2, *Орловское полосатое* – 2,5, *Строевское* – 31,9, *Орловим* – 7, *Ветеран* – 40,7, *Веньяминовское* – 17,9, *Кандиль орловский* – 11,2, *Свежесть* – 8,5 га. Наибольший уровень рентабельности (81%) у триплоидного и иммунного к парше сорта *Рождественское*. Рентабельность в среднем по всем сортам селекции ВНИИСПК за последние пять лет составила 73,7%, прибыль – 13 103 965 руб./год.

В Учхоз-племзаводе «Комсомолец» (Тамбовская область) на 48 га земли размещены иммунные к парше сорта зимнего срока созревания: *Свежесть* (22), *Строевское* (14), *Веньяминовское* (12 га). Средний уровень рентабельности по трем сортам за последние пять лет – 125,7% из-за снижения затрат на фунгицидные обработки сортов, прибыль – 270 430 руб./год.

Объем получаемой плодовой продукции сортов селекции ФГБНУ ВНИИСПК по трем хозяйствам составляет 16874 т яблок за сезон, ежегодная суммарная прибыль – 742 857 160 руб.

По данным Госсортоучастков плодово-ягодных культур (Корочанский и Калужский) многолетнее наблюдение и изучение сортов яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК показали высокую продуктивность, скороплодность, привлекательность внешнего вида плодов десертного вкуса, а также эффективность их использования в садовых насаждениях интенсивного типа.

По сведениям Корочанского ГСУ при выращивании на полукарликовом подвое 54-118 урожайность сорта *Ивановское* составила 9,3, *Тургеневское* – 10,4 т/га. Чистая прибыль – 98,1...129,4 тыс. руб./га, уровень рентабельности – 48,9 и 64,6% соответственно.

На Калужском ГСУ при выращивании на семенном подвое максимальная урожайность у сортов: *Ветеран* – 56,0 т/га, *Пепин орловский* – 41,0, *Зарянка* – 55,0, *Орловский пионер* – 40,0, *Синап орловский* 2 44,0, *Имрус* – 47,0, *Память Исаева* – 36,0, *Славянин* – 32,0, *Болотовское* – 34,0, *Орловская заря* – 38,0 т/га. Такой высокий уровень урожайности характерен для садов интенсивного типа.

В ООО «Ровенские сады» (Тульская область) сорта селекции ФГБНУ ВНИИСПК посадки начала 2000-х годов (*Синап орловский*, *Орлик*, *Ветеран*, *Орловское полосатое*, *Куликовское*, *Кандиль орловский*, *Орлинка*, *Августа*, иммунные к парше – *Имрус*, *Болотовское*, *Веньяминовское*, *Рождественское*, *Свежесть*, *Кандиль орловский*, *Солнышко*) занимают площадь около 400 га, урожайность – не менее 20...30 т/га.

Интенсивный сад сортов яблони нашей селекции заложен в ООО «Зеленые линии – Калуга» Калужской области (*Имрус*, *Болотовское*, *Веньяминовское*, *Кандиль орловский*, *Рождественское*, *Свежесть*, *Синап орловский*).

В интенсивных садах хозяйства КФХ «Карпухин» Орловской области посажены новые сорта – *Александр Бойко*, *Ивановское*, *Рождественское*, *Патриот*. Ежегодная урожайность *Синапа орловского* – 40 т/га. В ООО «Романовские сады» сорта *Свежесть*, *Солнышко*, *Рождественское*, *Синап орловский* на полу-

карликовом подвое показали высокую скороплодность высококачественных плодов.

Представленные данные свидетельствуют о перспективности широкого внедрения сортов селекции ФГБНУ ВНИИСПК в промышленное садоводство. Это позволит вывести отечественное садоводство на новый уровень и повысит его конкурентоспособность на ресурсных рынках, обеспечит население превосходными экологически чистыми яблоками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жданов В.В., Седов Е.Н. Селекция яблони на устойчивость к парше. Тула: Приокское кн. изд., 1991. 208 с.
2. Кашин В.И. Научные основы адаптивного садоводства. М.: Колос, 1995. 335 с.
3. Кичина В.В. Природа сорта и биологические пределы его улучшения // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. тр. М., 2005. Т. XII. С. 65–81.
4. Красова Н.Г., Галашева А.М., Королев Е.Ю. Результаты изучения сортов яблони селекции ВНИИСПК // Современное садоводство. 2018. № 1 (25). С. 10–17. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10102.
5. Пикунова А.В., Седов Е.Н. Скрининг сортов и селекционных форм яблони селекции ВНИИСПК на присутствие гена V_r с помощью ДНК-маркирования // Плоды и овощи – основа структуры здорового питания человека: мат. Межд. науч.-практ. конф. Мичуринск-наукоград РФ, 2012. 424 с.
6. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995.
7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999.
8. Савельев Н.И. Генетические основы селекции яблони. Мичуринск, 1998. 204 с.
9. Савельев Н.И., Юшков А.Н., Акимов М.Ю. и др. Устойчивость сортов плодовых культур к абиотическим факторам // Проблемы экологизации современного садоводства и пути их решения: матер. Междунар. конф. Краснодар: Куб ГАУ, 2004. С. 40–46.
10. Савельева Н.Н., Савельев Н.И. Устойчивость перспективных коммерческих сортов яблони зарубежной селекции к низким температурам // Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. тр. ВСТИСП. М., 2013. Т. XXXVII. Ч. 1. С. 103–120.
11. Седов Е.Н., Седышева Г.А., Серова З.М., Янчук Т.В. Интервалентные скрещивания – основной путь создания триплоидных сортов яблони // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 3. С. 6–10.
12. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В., Галашева А.М. Краткие итоги 70-летней (1952–2022 гг.) интенсивной и целенаправленной работы по селекции яблони (популяризация селекционных достижений). Орел: ВНИИСПК, 2022. 36 с.
13. Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. Роль отечественной селекции в совершенствовании сортифта яблони в России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 4. С. 17–19. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/17-19.
14. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А., Макаркина М.А. Создание российских адаптивных сортов яблони (*Malus × domestica* Borkh.) ВНИИСПК – смена задач и развитие методов селекции (обзор) // Сель-

скохозяйственная биология. 2022. Т. 57. № 5. С. 897–910. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.897rus.

15. Ульяновская Е.Н., Супрун И.В., Седов Е.Н. и др. Создание иммунных к парше сортов и форм яблони с использованием молекулярно-генетических методов // Вестник РАСХН. 2012. № 3. С. 42–44.

REFERENCES

- Zhdanov V.V., Sedov E.N. Selekcija yablони na ustojchivost' k parshe. Tula: Priokskoe kn. izd, 1991. 208 s
- Kashin V.I. Nauchnye osnovy adaptivnogo sadovodstva. M.:Kolos, 1995. 335 s.
- Kichina V.V. Priroda sorta i biologicheskie predely ego uluchsheniya // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. tr. M., 2005. T. XII. S. 65–81.
- Krasova N.G., Galasheva A.M., Korolev E.Yu. Rezul'taty izucheniya sortov yablони selekcii VNIISPK // Sovremennoe sadovodstvo. 2018. № 1 (25). S. 10–17. DOI: 10.24411/2312-6701-2018-10102.
- Pikunova A.V., Sedov E.N. Skrinig sortov i selekcionnyh form yablони selekcii VNIISPK na prisutstvie gena V_r s pomoshch'yu DNK-markirovaniya // Plody i ovoshchi – osnova struktury zdorovogo pitaniya cheloveka: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Michurinsk-naukograd RF, 2012. 424 s.
- Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Pod red. E.N. Sedova. Orel: VNIISPK, 1995.
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Pod red. E.N. Sedova, T.P. Ogoľ'covej. Orel: VNIISPK, 1999.
- Savel'ev N.I. Geneticheskie osnovy selekcii yablони. Michurinsk, 1998. 204 s.
- Savel'ev N.I., Yushkov A.N., Akimov M.Yu. i dr. Ustojchivost' sortov plodovyh kul'tur k abioticheskim faktoram // Problemy ekologizacii sovremennoogo sadovodstva i puti ih resheniya: mater. Mezhdunar. konf. Krasnodar: Kub GAU, 2004. S. 40–46.
- Savel'eva N.N., Savel'ev N.I. Ustojchivost' perspektivnyh kommercheskih sortov yablони zarubezhnoj selekcii k nizkim temperaturam // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sb. nauch. tr. VSTISP. M., 2013. T. XXXVII. CH. 1. S. 103–120.
- Sedov E.N., Sedysheva G.A., Serova Z.M., Yanchuk T.V. Intervalentnye skreshchivaniya – osnovnoj put' sozdaniya triploidnyh sortov yablони // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2018. № 3. S. 6–10.
- Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V., Galasheva A.M. Kratkie itogi 70-letnej (1952–2022 gg.) intensivnoj i celenapravlennoj raboty po selekcii yablони (populyarizaciya selekcionnyh dostizhenij). Orel: VNIISPK, 2022. 36 s.
- Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V. Rol' otechestvennoj selekcii v sovershenstvovanii sortimenta yablони v Rossii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 4. S. 17–19. DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/17-19.
- Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A., Makarkina M.A. Sozdanie rossijskih adaptivnyh sortov yablони (Malus × domestica Borkh.) VNIISPK – smena zadach i razvitie metodov selekcii (obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2022. T. 57. № 5. S. 897–910. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.5.897rus.
- Ul'yanovskaya E.N., Suprun I.V., Sedov E.N. i dr. Sozdanie immunnyh k parshe sortov i form yablони s ispol'zovaniem molekulyarno-geneticheskih metodov // Vestnik RASKHN. 2012. № 3. S. 42–44.

Поступила в редакцию 13.03.2023

Принята к публикации 27.03.2023

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛИТНЫХ ФОРМ ЖИМОЛОСТИ КАМЧАТСКОЙ (*LONICERA KAMTSCHATIKA*) ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОРТА С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

Елена Николаевна Петруша

Елена Анатольевна Русакова

ФГБНУ «Камчатский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,

п. Сосновка, Камчатский край, Россия

E-mail: khasbiullina@kamniish.ru

Аннотация. В статье представлены результаты первичного сортоизучения элитных форм жимолости камчатской за 2019–2022 годы. Селекция построена на поиске и накоплении источников генетически ценных дикорастущих форм жимолости камчатской (*Lonicera kamtschatika*), а также совершенствовании исходного материала для создания новых сортов с высокими параметрами признаков (зимостойкость, скороплодность, урожайность, крупноплодность, десертный вкус). Цель исследований — создание перспективных элитных форм жимолости (кандидаты в сорта), обладающих селекционно значимыми и хозяйственно ценными признаками для внедрения в любительское садоводство Камчатского края. Методом аналитической селекции решали задачи: выявление закономерности протекания фенологических фаз развития и биологических особенностей дикорастущих форм жимолости; изучение исходного материала (зимостойкость, общее состояние, скороплодность, урожайность); оценка вкусовых качеств, биохимических показателей и массы плодов; выделение лучших форм для создания новых сортов с комплексом ценных свойств. Исследования позволили выделить из генетических ресурсов дикорастущих форм жимолости камчатской наиболее значимые и ценные, которые позволят оптимизировать региональный сортимент, а их признаки обеспечат повышение эффективности селекционного процесса. Выделенные перспективные элитные формы 1-5 (условное название сорта — Малка), 1-20 (Вилюйка), 31-35 (Ганалочка) — кандидаты в сорта и характеризуются высокой степенью зимостойкости, ранним и среднеранним сроком созревания, продуктивностью, превышающей стандарт на 31,6, 38,8, 18,4% соответственно, крупными (1,1–1,3 г) с приятным десертным вкусом, привлекательными плодами различной формы, легким сухим отрывом без разрыва кожицы, содержанием сахаров — 7,2–8,5%, аскорбиновой кислоты — 46,09–50,85 мг%, сухого вещества — 14,4–15,3%, кислотностью — 1,8–2,1%.

Ключевые слова: Камчатский край, жимолость камчатская, аналитическая селекция, элитные формы, сорта, зимостойкость, фенология, продуктивность, качество плодов, любительское садоводство

STUDY OF ELITE FORMS OF KAMCHATKA HONEYSUCKLE (*LONICERA KAMTSCHATIKA*) TO CREATE A VARIETY WITH A HIGH LEVEL OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS

E.N. Petrusha

E.A. Rusakova

Kamchatka Scientific Research Institute of Agriculture, Sosnovka village, Kamchatka Krai, Russia

E-mail: khasbiullina@kamniish.ru

Abstract. The article presents the results of the primary variety study of elite forms of Kamchatka honeysuckle for the period 2019–2022. Breeding in the Kamchatka region is built on the search and accumulation of sources of genetically valuable wild forms of Kamchatka honeysuckle (*Lonicera kamtschatika*), as well as the improvement of source material for creating new varieties with high parameters of characteristics: winter-hardy, with different maturation periods, early-fruited, productive, large-fruited, dessert taste. The purpose of our research was to create promising elite forms of honeysuckle — candidates for varieties with more breeding-valuable economically valuable traits for introduction into amateur horticulture in Kamchatka region. The following tasks were solved by the method of analytical breeding: to identify the regularities of the phenological phases of development and biological features of wild-growing forms of honeysuckle; to study the source material according to the characteristics: winter hardiness, general condition, early fruitfulness, yield; to evaluate the taste, biochemical parameters and weight of berries; to select the best forms for creating new varieties with a complex of valuable properties. The studies made it possible to identify the most significant and valuable elite forms from the genetic resources of wild-growing forms of Kamchatka honeysuckle — varieties that will optimize the regional assortment, and their valuable features will ensure an increase in the efficiency of the breeding process. The selected promising elite forms 1-5 (conditional name of the variety — Malka), 1-20 (conditional name of the variety — Vilyuyka), 31-35 (conditional name of the variety — Ganalochka) are candidates for cultivars and are characterized by a high degree of winter hardiness, early and medium early maturity, productivity exceeding the standard by 31.6, 38.8, 18.4%, large (1.1–1.3 g), with a pleasant dessert taste, attractive berries with various shapes, a slight dry separation without tearing the skin, with a content of sugars from 8.5 to 7.2%, ascorbic acid from 46.09 to 50.85 mg%, dry matter from 14.4 to 15.3%, acidity from 1.8 to 2.1%.

Keywords: Kamchatka region, Kamchatka honeysuckle, analytical breeding, elite forms, varieties, winter hardiness, phenology, productivity, quality of berries, amateur horticulture

В любительском садоводстве Камчатского края возрастает популярность жимолости сортов камчатской селекции. Жимолость камчатская (*Lonicera kamtschatika* (Sevast.) Pojark.) имеет множество форм, отличающихся внутривидовым разнообразием морфологических и биологических признаков, что дает возможность использовать в аналитическом селекционном процессе наибольший спектр аборигенных форм. [1, 4] При большом объеме генетических источников возрастает вероятность получить высококачественные сорта с ценными признаками, а закрепление генетического потенциала и внутривидового разнообразия жимолости в новых сортах позволит использовать их в дальнейшей селекции. [2, 9] Основным направлением в камчатской селекции жимолости остается совершенствование и создание скороплодных сортов с высокой продуктивностью и качеством плодов. [6]

Цель работы – выделение перспективных элитных форм жимолости (кандидаты в сорта), обладающих селекционно значимыми и хозяйственно ценными признаками для использования их в селекции и внедрения в любительское садоводство Камчатского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с 2019 по 2022 год в питомнике первичного сортоизучения жимолости на опытном участке ФГБНУ «Камчатского НИИ сельского хозяйства». Опыт заложен осенью 2015 года, объект изучения – пять элитных форм жимолости камчатской (1-5, 31-38, 1-20, 31-13, 31-65), стандарт – сорт *Сластёна* камчатской селекции. Повторность трехкратная, по 10 растений, схема закладки – 2,8×1,0 м. Первое плодоношение отмечено в 2018 году, урожай учитывали с 2019 года. Образцы оценивали по программам для плодовых, ягодных и орехоплодных культур, методом биохимического исследования растений, используя классификатор рода *Lonicera* L. [3, 5, 7, 8] Основные элементы учета: зимостойкость и общее состояние растений; начало и продолжительность вегетации; сроки цветения и созревания; степень цветения, плодоношения и осыпаемости; продуктивность и масса плодов; оценка вкуса и привлекательности; биохимический состав плодов (витамин С (мг/100 г) – ГОСТ 24556-89; сахара (%) – ГОСТ 8756.13-87; сухое вещество (%) – ГОСТ 28561-90).

Почвы опытного участка – охристые вулканические, легкие по гранулометрическому составу. Агрохимические показатели перед закладкой опыта: содержание органического вещества (гумус) – 8,4%, легкогидролизуемого азота – 124 мг/кг, NO₃ – 7,1 мг/кг, CaO – 1,2 ммоль/100 г почвы, P₂O₅ – 18,25 мг/л, MgO – 0,24 ммоль/100 г почвы, pH – 4,8. Район проведения исследования расположен в зоне юго-восточного побережья полуострова Камчатка с относительно благоприятным климатом среди других районов полуострова. Снеговой покров устанавливается в конце октября – начале ноября и сохраняется до конца апреля – середины мая. Переход температур через 5°C происходит во II декаде мая, 10°C – II декаде июня. Сумма темпе-

ратур выше 10°C не превышает 1100°C. Метеорологические условия 2020–2022 годов существенно отличались от средних многолетних показателей. Самые малоснежные и холодные месяцы – январь, февраль 2020 и 2021 годов (средняя температура – минус 25,8...минус 30,1°C при высоте снежного покрова 34,0...47,0 см). Среднедекадная температура воздуха в самые теплые месяцы (июнь, июль) – 10,7...16,1°C, сумма осадков 37,6...73,0 мм. В августе количество выпавших осадков – 158,2...213,6 мм, среднедекадная температура воздуха – 12,3...14,6°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Значительные зимние повреждения у жимолости в юго-восточной части Камчатского края случаются редко, изучаемые элитные формы показали высокую степень устойчивости даже в самые холодные и малоснежные годы. При наблюдении за сезонным ритмом развития сортообразцов выявлено, что пробуждение почек наступает в начале II декады мая, массовое опадание листьев начинается в I декаде октября, при этом продолжительность вегетационного периода варьировала от 145 до 152 дней (рис. 1, 2-я стр. обл.). Цветение – I...III декады июня, созревание плодов – II...III декады июля. Раннее созревание плодов (21–23 июля) отмечено у форм 1-5, 31-35, 31-38, 31-13, среднераннее (25 июля) – 1-20.

При создании новых сортов особое внимание уделяли максимальному улучшению показателя урожайности, так как основной недостаток большинства исходных форм жимолости камчатской – генетически обусловленная низкая продуктивность и медленное ее нарастание. Средняя оценка продуктивности – 0,38...0,52 кг/куст, достоверная прибавка – 0,52, 0,50, 0,45 кг/куст (36,8%, 31,6, 18,4%) по сравнению со стандартом получена у элитных форм 1-20, 1-5, 31-35 соответственно (см. таблицу).

Для использования в любительском садоводстве к основным приоритетным показателям, характеризующим перспективность и ценность

Продуктивность и показатели качества плодов жимолости, 2019–2022 годы

Образец	Продуктивность, кг/куст	Масса плода, г		Оценка вкуса, балл	Привлекательность, балл	Осыпаемость, балл	Сухое вещество, %	Аскорбиновая кислота, мг %	Сахара, %	Кислотность, %
		min	max							
<i>Сластёна</i> (st)	0,38	0,9	1,3	4,5	5,0	0	12,9	45,27	7,4	1,5
1-5	0,50	1,0	1,3	5,0	5,0	0	14,7	50,85	8,9	1,9
31-38	0,38	0,9	1,1	4,0	4,5	1,0	12,8	59,30	6,7	2,0
1-20	0,52	1,0	1,2	4,5	4,7	0	14,4	46,02	7,2	2,1
31-13	0,39	0,9	1,3	4,5	4,7	1,0	13,8	49,50	8,7	2,2
31-35	0,45	0,9	1,2	5,0	5,0	0	15,3	47,46	8,5	1,8
НСР ₀₅	0,17									

сорта, относится качество плодов. При хорошей влагообеспеченности и умеренных температурах в период роста завязей по показателю массы (минимальная – 0,9...1,0, максимальная – 1,1...1,3 г) у всех элитных форм сформировались крупные плоды. По крупноплодности на уровне со стандартным сортом *Сластёна* (1,3 г) выделены элитные формы 1-5 и 31-13. При полной спелости плодов у форм 1-5 и 31-35 выявлен отличный десертный вкус с оценкой 5,0 балла, на уровне со стандартным сортом хорошую оценку вкуса (4,5 балла) получили формы 1-20, 31-13. Ягоды этих форм имеют кисло-сладкий вкус и выраженный аромат, у формы 1-20 вкус дополняется присутствием чуть заметной легкой пикантной горчинки. Дегустационная оценка показала, что у плодов всех изучаемых элитных форм вкус гармоничный – от кисло-сладкого до сладкого с характерным ароматом жимолости. С помощью анализа накопления биологически активных веществ в плодах установили содержание сухих веществ – 12,4...15,3, сахаров – 6,7...8,9%, аскорбиновой кислоты – 45,27...59,30 мг%, кислотность – 1,5...2,2%.

Характеристика новых элитных форм жимолости камчатской селекции:

Элитная форма 1-5 (условное название сорта – *Малка*) – зимостойкий, раннего срока созревания (21 июля). Продуктивность выше стандарта на 0,120 кг/куст (прибавка 31,6%). Плоды с максимальным весом 1,3 г, широко-кувшиновидной формы, привлекательные, темно-синей окраски. Вкус десертный, с выраженным ароматом, дегустационная оценка 5,0 баллов. Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,9%, аскорбиновой кислоты – 50,85 мг%, сухого вещества – 14,7%, кислотность – 1,9% (рис. 2, 2-я стр. обл.).

Элитная форма 1-20 (условное название сорта – *Виллюйка*) – зимостойкий, среднераннего срока созревания (25 июля). Продуктивность выше стандарта на 0,140 кг/куст (прибавка 38,8%). Плоды крупные (1,1 г), широко-веретеновидной формы, привлекательные. Вкус кисло-сладкий с легкой пикантной горчинкой и выраженным ароматом, дегустационная оценка 4,5 балла. Характер отрыва слегка затрудненный, без разрыва кожицы. Содержание сахаров – 7,2%, аскорбиновой кислоты – 46,09, сухого вещества – 12,4%, кислотность – 2,1% (рис. 3, 2-я стр. обл.).

Элитная форма 31-35 (условное название сорта – *Ганалочка*) – зимостойкий, раннего срока созревания. Продуктивность выше стандарта на 0,070 кг/куст (прибавка 18,4%). Плоды крупные (1,2 г), удлиненно-овальной формы, привлекательные. Вкус кисло-сладкий, десертный с выраженным ароматом (5,0 баллов). Характер отрыва легкий, сухой. Содержание сахаров – 8,5%, аскорбиновой кислоты – 47,46 мг%, сухого вещества – 15,3%, кислотность – 1,8% (рис. 4, 2-я стр. обл.).

На основании обобщения результатов наших исследований выделены перспективные элитные формы (кандидаты в сорта), которые позволят расширить районированный сортимент ягодных культур в любительском садоводстве Камчатского региона и в дальнейшем использовать их в селекции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белосохов Ф.Г., Белосохова О.А. Итоги селекции жимолости синей (*Lonicera caerulea*) // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2012. № 1-1. С. 45–47.
2. Евтушенко Н.С. Жимолость – ведущая культура для северного садоводства // Селекция и сорторазведение садовых культур: Инновации в селекции плодовых и ягодных культур: материалы Межд. науч.-практ. конф. Орел. 2016. Т. 3. С. 42–44.
3. Классификатор рода *Lonicera* L. подсекции *Caeruleae* Rehd: (Жимолость) / ВАСХНИЛ, ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова; [Составитель М.Н. Плеханова]. Л.: ВИР, 1988. 25 с.
4. Куклина А.Г., Сорокопудов В.Н., Упадышев М.Т. и др. Состояние и перспективы селекции жимолости синей // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 5. С. 41–45.
5. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, М.И. Смирнова-Иконникова и др.; под ред. А.И. Ермакова. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос, 1972. 456 с.
6. Петруша Е.Н. Оценка исходного селекционного материала жимолости камчатской для селекции на крупноплодность и качество ягоды // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 2 (54). С. 41–46.
7. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. институт селекции плодовых культур; [Под общ. ред. Е.Н. Седова]. Орел: ВНИИСПК, 1995. 502 с.
8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. институт селекции плодовых культур; [Под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой]. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
9. Хохрякова Л.А. Перспективы селекции жимолости // Современные направления развития садоводства в Сибири: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения академика РАН И.П. Калининой, Барнаул, 21 октября 2021 года. Барнаул: Азбука, 2022. С. 136–140.

REFERENCES

1. Belosohov F.G., Belosohova O.A. Itogi selekcii zhimolosti sinej (*Lonicera caerulea*) // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 1-1. S. 45–47.
2. Evtushenko N.S. Zhimolost' – vedushchaya kul'tura dlya severnogo sadovodstva // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur: Innovacii v selekcii plodovyh i yagodnyh kul'tur: materialy Mezhd. nauch.-prakt. konf. Orel. 2016. T. 3. S. 42–44.
3. Klassifikator roda *Lonicera* L. podsekcii *Caeruleae* Rehd: (Zhimolost') / VASKHNIL, VNII rastenievodstva im. N.I. Vavilova; [Sostavitel' M.N. Plekhanova]. L.: VIR, 1988. 25 s.
4. Kuklina A.G., Sorokopudov V.N., Upadyshev M.T. i dr. Sostoyanie i perspektivy selekcii zhimolosti sinej // Vestnik Rossijskoj sel'skhozajstvennoj nauki. 2017. № 5. S. 41–45.
5. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij / A.I. Ermakov, V.V. Arasimovich, M.I. Smirnova-Ikonnikova i dr.; pod red. A.I. Ermakova. 2-e izd., pererab. i dop. Leningrad: Kolos, 1972. 456 s.
6. Petrusha E.N. Ocenka iskhodnogo selekcionnogo materiala zhimolosti kamchatskoj dlya selekcii na krupnoplodnost'

- i kachestvo yagody // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2020. № 2 (54). S. 41–46.
7. Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Vseros. nauch.-issled. institut selekcii plodovyh kul'tur; [Pod obshch. red. E.N. Sedova]. Orel: VNIISPK, 1995. 502 s.
 8. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Vseros. nauch.-issled. institut selekcii plodovyh kul'tur; [Pod obshch. red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covej]. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s.
 9. Hohryakova L.A. Perspektivy selekcii zhimolosti // Sovremennye napravleniya razvitiya sadovodstva v Sibiri: Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 95-letiyu so dnya rozhdeniya akademika RAN I.P. Kalininoj, Barnaul, 21 oktyabrya 2021 goda. Barnaul: Azbuka, 2022. S. 136–140.

Поступила в редакцию 29.03.2023

Принята к публикации 12.04.2023

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНЕ-ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Юлия Дмитриевна Смирнова, кандидат биологических наук
Наталья Викторовна Фомичева, кандидат биологических наук
Александра Андреевна Кашкова
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. Один из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур — применение некорневых обработок гуминовыми препаратами. Цель работы — изучить действие кремне-гуминовых препаратов на урожайность картофеля и изменение почвенных характеристик. В опыте исследовали влияние гуминового препарата БоГум и полученных на его основе кремне-гуминовых БоГум-С и наноБоГум-С на урожайность картофеля сорта Скарб и агрохимические показатели почвы. Опыт проводили на дерново-подзолистой почве в 2020–2022 годах на агрополигоне Губино ВНИИМЗ в Тверской области. Препараты применяли для обработки клубней и двукратной некорневой подкормки вегетирующих растений картофеля. Фон — минеральные удобрения ($N_{65}P_{65}K_{65}$). Показано, что все препараты способствовали повышению урожайности картофеля, преимущественно из-за увеличения массы товарных клубней. Прибавка урожайности картофеля от применения БоГум и БоГум-С была практически одинаковой и в среднем за три года составила 4,5%, использование наноБоГум-С давало прирост 10,6%. Годы исследований отличались неблагоприятными погодными условиями (2020 — избыточно влажный, 2021 — засушливый, 2022 — слабо засушливый). Прирост урожайности картофеля показал, что препараты снижали воздействие неблагоприятных абиотических факторов. В фазе цветения картофеля отмечено уменьшение содержания монокремниевых и увеличение поликремниевых кислот в почве в вариантах с кремнийсодержащими препаратами по сравнению с контролем. При использовании всех препаратов количество подвижного фосфора увеличилось в среднем на 9–19 мг/кг почвы.

Ключевые слова: картофель, гуминовые препараты, кремний, урожайность, подвижный фосфор

THE USAGE OF SILICON-HUMIC PREPARATIONS IN THE POTATO CULTIVATION

Yu.D. Smirnova, *PhD in Biological Sciences*
N.V. Fomicheva, *PhD in Biological Sciences*
A.A. Kashkova

FRC «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. One of the ways to increase crop yields is the use of foliar treatments with humic preparations. The purpose of the research is to study the effect of silica-humic preparations on the yield of potatoes and changes in soil characteristics. In the experiment, the effect of the humic preparation BoGum and the silicic-humic preparations BoGum-S and nanoBoGum-S obtained on its basis on the yield of potatoes of the Skarb variety and the agrochemical parameters of the soil was studied. The experiment was carried out on soddy-podzolic soil in 2020–2022, at the Gubino VNIIMZ agricultural polygon in the Tver region. The preparations were used for the treatment of tubers and double foliar feeding of vegetative potato plants. Background — mineral fertilizers ($N_{65}P_{65}K_{65}$). It was shown that all preparations contributed to the increase in the yield of potato tubers, mainly due to an increase in the mass of marketable tubers. The increase in potato yield from the use of BoGum and BoGum-S was almost the same and averaged 4.5% over three years, the use of nanosized nanoBoGum-S gave an increase of 10.6%. The years of research were distinguished by unfavorable weather conditions (2020 — excessively humid, 2021 — dry, 2022 — slightly dry). The increase in potato yield showed that the preparations reduced the impact of unfavorable abiotic factors. In the flowering phase of potatoes, a decrease in the content of monosilicic acids and an increase in polysilicic acids in the soil were noted in the variants with the use of silicic preparations compared with the control. In addition, when using all preparations, the accumulation of mobile phosphorus in the soil was observed on average by 9–19 mg/kg of soil.

Keywords: potatoes, humic preparations, silicon, productivity, mobile phosphorus

Главные показатели сельскохозяйственных культур при выращивании — урожайность и качество целевой продукции. Элемент агротехнологии, оказывающий значительное влияние на рост и формирование культуры, — основное удобрение, но важны также некорневые подкормки и подготовка семенного материала. При опрыскивании растений по листу и предпосевной обработке семян все чаще стали сочетать химические средства защиты с препаратами природного происхождения. Перспективно применение гуминовых препаратов, которые положительно влияют на всхожесть

семян, стимулируют корнеобразование, рост, цветение и плодоношение растений, повышают их иммунитет, улучшают качественные характеристики сельскохозяйственной продукции (уменьшение содержания нитратов, тяжелых металлов и радионуклидов, увеличение содержания сахаров, белков и витаминов). [12] Эффекты от различных препаратов разнятся и зависят от их качества, способа применения, культуры и сорта. Например, гуминовые препараты оказывали разное влияние на урожайность картофеля сорта *Удача*. Гумат калия жидкий торфяной и Агро Гумат+7К способствовали

увеличению урожая, Гумат+7В – нет. Отмечено положительное действие совместного использования гуматов и нитрофоски на содержание в клубнях картофеля азота, фосфора и калия. [2]

При предпосадочной обработке картофеля сорта *Санте* тремя видами гуматов наилучший результат наблюдали при аэрозольной обработке клубней жидким гуматом Кормогумат АС и при внесении сухого гумата Humate при посадке. В данных вариантах отмечали наиболее дружные и высокие всходы по сравнению с контролем и картофелем, обработанным препаратом Natural humic acids. Наибольшая урожайность получена с применением жидких гуматов, но крупных клубней было меньше, чем при использовании сухих. [5]

На рынке в небольшом количестве представлены комплексные препараты, содержащие гуминовые кислоты и соединения кремния: Эдагум СМ, производитель ООО «ЭдагумСМ Рус» (содержание SiO₂ не указывается, гуминовых и фульвокислот – 40...50 г/л); Агровит – Корпроизводитель ООО «Научный центр «Нооэкофера-XXI» (SiO₂ – 60 г/л, гуминовых и фульвокислот – 40 г/л), Эдал КС, производитель ООО «Вакуумные компоненты» (содержание SiO₂ не указывается, гуминовых кислот – 20 г/л). Кремний влияет на рост и развитие растений, повышает механическую прочность, укрепляет стенки эпидермальных клеток, защищает от воздействия внешних негативных факторов. [1, 4]

Опрыскивание посевов двух сортов озимой пшеницы препаратом Эдагум СМ в условиях степной зоны РСО-Алания способствовало росту ее урожайности в зависимости от применяемой дозы на 0,13...0,22 (сорт *Гомер*) и 0,12...0,24 т/га (*Баграм*), кроме этого отмечали рост натуре зерна, содержания белка и клейковины. [10]

Применение кремне-гуминового удобрения Агровит Кор марки А в дозе 1 л/га двукратно на посевах озимой пшеницы увеличило урожайность зерна относительно фонового варианта на 17% (0,58 т/га). Использование этого удобрения на посевах амаранта увеличивало сбор сырого протеина и сахаров. [3, 7]

ВНИИМЗ ведет разработки по созданию эффективных препаратов микробиологической, биогенной и гуминовой природы. Один из перспективных – препарат БоГум с содержанием гуминовых кислот 10...15 г/л, рН – не более 9, ОМЧ – не менее 1×10⁶ г/л, сухого остатка – не менее 20 г/л, определенным набором макро- и микроэлементов. На его основе получены кремне-гуминовые препараты с содержанием SiO₂ 0,1% БоГум-С и наноБоГум-С (наноразмерный – при ультразвуковом диспергировании). [9]

Цель работы – изучить влияние кремне-гуминовых препаратов на урожайность картофеля и изменение почвенных характеристик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах на агрополигоне Губино ВНИИМЗ (Тверская обл.) в мелкоделяночных опытах на посадках картофеля сорта *Скарб*, выращиваемого по фону минерального удобрения (нитроаммофоска N₆₅P₆₅K₆₅). Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая: гумус (по

Тюрину) – 2,0...2,3%, рН_{KCl} – 4,95...5,05, Нлг. (по Тюрину-Кононовой) – 44,8...45,5, P₂O₅ (по Кирсанову) – 205...230 и K₂O – 134...182 мг/кг почвы. Препаратами БоГум, БоГум-С, наноБоГум-С обрабатывали клубни за 2 ч до посадки из ручного опрыскивателя, разбавление – 1:100 (расход 50 л/т) и вегетирующие растения в фазах всходы и бутонизация в дозе 1 л/га, разбавление – 1:300. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки – 10 м². Учет урожая проводили сплошным методом, результаты обрабатывали с помощью дисперсионного анализа с вычислением наименьшей существенной разницы (НСР) при 5% уровне значимости.

В фазе цветения картофеля определяли содержание моно- и поликремниевых кислот в почве. Монокремниевые кислоты выделяли из почвы естественной влажности водой, поликремниевые – из воздушно-сухой согласно модифицированного метода Маллена и Райли. [6] В фазе увядания ботвы проводили агрохимический анализ пахотного слоя.

Таблица 1.
Урожайность картофеля сорта *Скарб* по годам

Препарат	Общая, г/куст					Товарная, г/куст				
	2020	2021	2022	сред.	%	2020	2021	2022	сред.	%
Без препаратов	621	620	523	588	—	532	568	470	525	—
БоГум	659	657	560	625	5,3	566	619	511	565	4,5
БоГум-С	661	650	558	623	5,9	550	597	498	548	4,5
наноБоГум-С	680	656	598	645	9,6	600	593	550	581	10,6
НСР	32	32	28	—	—	36	34	31	—	—

Таблица 2.
Структура урожайности картофеля сорта *Скарб* по годам

Препарат	Число товарных клубней, шт./куст				Масса одного товарного клубня, г			
	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	среднее
Без препаратов	5,6	6,9	7,1	6,6	94,5	82,0	65,8	80,8
БоГум	5,7	7,1	7,4	6,8	99,4	87,0	68,6	85,0
БоГум-С	5,7	7,3	7,1	6,7	96,5	81,8	70,0	82,8
наноБоГум-С	5,6	7,1	7,1	6,6	107,4	83,5	77,0	89,3
НСР	—	—	—	—	8,8	5,3	4,8	—

Таблица 3.
Содержание моно- и поликремниевых кислот (мг/кг) в почве под картофелем

Вариант	Актуальный кремний (монокремниевые)			Потенциальный кремний (поликремниевые)		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Без препаратов	16,2	11,6	15,3	37,0	67,0	109,5
БоГум	13,0	9,9	15,4	37,4	62,3	105,5
БоГум-С	13,0	10,1	15,1	44,1	73,1	113,7
наноБоГум-С	10,8	9,6	14,6	44,6	77,3	110,2
r*	-0,88	-0,47	-0,94	0,56	0,58	0,21
	p≤0,05	p≥0,05	p≤0,05	p≥0,05	p≥0,05	p≥0,05

Примечание. * – коэффициент корреляции между урожайностью картофеля и различными формами кремния.

Таблица 4.

Агрохимическая характеристика почвы в фазе увядания ботвы, средняя за 2020–2022 годы

Вариант	рН	Нг, мг-экв./100 г	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO ₃	NH ₄	Нлг.
			мг/кг				
Без препаратов	4,96	2,21±0,21	204±5	138±5	14,3±1,3	13,8±1,4	39,6±2,3
БоГум	4,96	2,25±0,13	223±7	141±4	11,5±0,8	14,6±1,1	40,6±3,1
БоГум-С	4,91	2,44±0,18	213±6	123±9	8,0±1,1	11,8±1,6	41,7±2,9
наноБоГум-С	4,89	2,39±0,14	221±9	121±7	8,4±0,7	13,1±1,2	29,9±2,2

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за три года все исследуемые препараты положительно повлияли на продуктивность культуры, которая была достоверно выше контрольного варианта. Выраженный эффект отмечен от использования препарата, полученного с применением ультразвукового воздействия наноБоГум-С, прирост товарной и общей урожайности составил 10,6 и 9,6% соответственно (табл. 1). Частицы наноразмерного препарата способны быстрее проникать в растительный организм и активнее участвовать во многих физиологических и биохимических процессах растений. Урожайность картофеля в вариантах с гуминовым БоГум и кремнегуминовым БоГум-С препаратами была практически одинаковой, прирост относительно контроля – 5...6%.

Повышение урожайности картофеля во всех случаях складывалось из достоверного увеличения массы одного товарного клубня (табл. 2). Погодные условия были неблагоприятными, гидротермический коэффициент (ГТК) в 2020 году – 2,32 (избыточно влажный), 2021 – 0,96 (засушливый), 2022 – 1,28 (слабозасушливый). Препараты снижали негативное воздействие внешних абиотических факторов.

Во все годы исследования отмечали одинаковую тенденцию по содержанию кремния к фазе цветения. Количество монокремниевых кислот в почве с применением препаратов было несколько ниже, чем в контрольном (связано с выносом кремния урожаем, подтверждается проведенным корреляционным анализом), поликремниевых – увеличилось с использованием кремнийсодержащих препаратов. Максимальное значение наблюдали в варианте с наноразмерным кремнийсодержащим препаратом наноБоГум-С. Такое перераспределение обусловлено их воздействием на биохимические и микробиологические процессы.

Содержание вышеуказанных форм кремния в почвах изменяется в зависимости от ее гранулометрического состава. [8] На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение кремнийсодержащих удобрений не оказывало влияния на снижение потенциального кремния в пахотном слое, а на рыхлой супесчаной почве происходило уменьшение по сравнению с контролем. Количество доступных для растений актуальных форм кремния при внесении удобрений в пахотном слое легкосуглинистой почвы снижалось, рыхлой супесчаной – увеличивалось. [8]

Агрохимический анализ почвы в фазе увядания ботвы показал меньшее содержание всех форм азота, особенно легкогидролизуемого, в опытных вариантах по сравнению с контрольным (табл. 4). Минимальное содержание азота отмечали с приме-

нением наноразмерного кремне-гуминового препарата, что связано с большим его выносом с урожаем картофеля. Коэффициент корреляции между легкогидролизуемым азотом и общей урожайностью картофеля – 0,66 ($p \geq 0,05$), что указывает на умеренно сильную связь между переменными. Данные в таблице представлены в виде среднеарифметического значения с доверительным интервалом (объем выборки $n = 9$).

Содержание фосфора увеличилось с применением препаратов в среднем на 9...19 мг/кг почвы. Рост количества доступного фосфора в почве под влиянием кремнийсодержащих препаратов описан в работах И.В. Матыченкова с соавторами. [6]

Также наблюдали небольшое повышение содержания подвижного калия с использованием гуминового препарата БоГум, кремне-гуминового – снижении. Подобные результаты были получены и в других полевых опытах с БоГум. [11]

Активно протекающие процессы азоттрансформации и мобилизации органофосфатов в почве с образованием подвижных форм фосфора приводили к высвобождению доли кислотных групп из почвенно-поглощающего комплекса. Это сопровождалось повышением гидролитической и обменной кислотности почвы к концу вегетации в вариантах с кремне-гуминовыми препаратами по сравнению с контролем.

Таким образом, установили, что гуминовый и кремне-гуминовые препараты способствуют росту урожайности картофеля сорта *Скарб*. Во всех случаях прибавка определялась увеличением массы товарных клубней, наибольшая получена при использовании наноразмерного препарата наноБоГум-С – 10,6%.

К концу вегетации отмечали уменьшение содержания монокремниевых и увеличение поликремниевых кислот в почве во всех вариантах с применением кремнийсодержащих препаратов по сравнению с контролем, количество подвижного фосфора повысилось в среднем на 9...19 мг/кг почвы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безручко Е.В. Кремний – недооцененный элемент питания растений // Земледелие. 2020. № 4. С. 40–46. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10411.
2. Гордиенко А.Н., Амелина Т.Ю., Фадькин Г.Н. Влияние гуматов на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожай картофеля при совместном применении с комплексным удобрением // Вестник РГАТУ. 2020. № 3 (47). С. 126–132. DOI: 10.36508/RSATU.2020.61.86.022.
3. Давыдов А.Ю., Каменев Р.А., Турчин В.В. Применение кремне-гуминового удобрения Агровит-Кор марки А на озимой пшенице на черноземе южном // Мат.

- Межд. научн.-практ. конф., посвященной 115-летию агрономического факультета Донского ГАУ / Развитие аграрной науки и практики: состояние, проблемы и перспективы. Персиановский, 2022. С. 105–109.
4. Козлов А.В., Куликова А.Х., Уромова И.П. Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 183–198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
 5. Костенко М.Ю., Горячкина И.Н., Тетерин В.С. и др. Анализ применения различных видов гуматов и способов их использования при возделывании картофеля // Вестник РГАТУ. 2018. № 3(39). С. 88–93.
 6. Матыченков И.В., Хомяков Д.М., Пахненко Е.П. и др. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2016. № 3. С. 37–46.
 7. Наумов М.О., Тюкина Е.В., Бочкарев Д.В. и др. Совместное применение гербицида и органоминерального удобрения при возделывании амаранта на зерно // Плодородие. 2021. № 1. С. 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.03.
 8. Пироговская Г.В., Ермолович И.Е., Матыченков В.В. и др. Содержание кремния в атмосферных осадках, почвах и почвенных растворах, потери при вымывании и потребление его культурами звена севооборота, возделываемых на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах Республики Беларусь // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 2 (69). С. 84–96. DOI: 10.47612/0130-8475-2022-2(69)-84-96.
 9. Смирнова Ю.Д., Рабинович Г.Ю., Фомичева Н.В. Получение наноразмерного кремнегуминового препарата и его первичная апробация // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11. № 3 (38). С. 421–429. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-3-421-429.
 10. Тедеева А.А., Тедеева В.В. Применение регулятора роста «Эдагум СМ» на посевах озимой пшеницы в РСО-Алания // Аграрный вестник Урала. 2022. № 04 (219). С. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36.
 11. Фомичева Н.В., Рабинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д. Влияние технологических приёмов применения гуминового препарата на продуктивность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 9. С. 53–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10910.
 12. Якименко О.С., Терехова В.А. Гуминовые препараты и оценка их биологической активности для целей сертификации // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1334–1343.
- REFERENCES**
1. Bezruchko E.V. Kremnij – nedoocenennyj element pitaniya rastenij // Zemledelie. 2020. № 4. С. 40–46. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10411.
 2. Gordienko A.N., Amelina T.Yu., Fad'kin G.N. Vliyanie gumatov na plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy i urozhaj kartofelya pri sovместnom primenenii s kompleksnym udobreniem // Vestnik RGATU. 2020. № 3 (47). С. 126–132. DOI: 10.36508/RSATU.2020.61.86.022.
 3. Davydov A.Yu., Kamenev R.A., Turchin V.V. Primenenie kremne-guminovogo udobreniya Agrovit-Kor marki A na ozimoy pshenice na chernozeme yuzhnom // Mat. Mezhd. nauchn.-prakt. konf., posvyashchennoj 115-letiyu agromicheskogo fakul'teta Donskogo GAU / Razvitie agrarnoj nauki i praktiki: sostoyanie, problemy i perspektivy. Persianovskij, 2022. С. 105–109.
 4. Kozlov A.V., Kulikova A.H., Uromova I.P. Podvizhnost' silikatov, pokazateli plodorodiyi dernovo-podzolistoj pochvy, bioakkumulyaciya kremniya i produktivnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur pod dejstviem ceolita // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. Т. 56. № 1. С. 183–198. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.183rus.
 5. Kostenko M.Yu., Goryachkina I.N., Teterin V.S. i dr. Analiz primeneniya razlichnyh vidov gumatov i sposobov ih ispol'zovaniya pri vozdel'vaniy kartofelya // Vestnik RGA-TU. 2018. № 3 (39). С. 88–93.
 6. Matychenkov I.V., Homyakov D.M., Pahnenko E.P. i dr. Podvizhnye kremnievye soedineniya v sisteme pochva-rastenie i metody ih opredeleniya // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. 2016. № 3. С. 37–46.
 7. Naumov M.O., Tyukina E.V., Bochkarev D.V. i dr. Sovmestnoe primenenie gerbicide i organomineral'nogo udobreniya pri vozdel'vaniy amaranta na zerno // Plodorodie. 2021. № 1. С. 10–12. DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.03.
 8. Pirogovskaya G.V., Ermolovich I.E., Matychenkov V.V. i dr. Soderzhanie kremniya v atmosferynyh osadkah, pochvah i pochvennyh rastvorah, poteri pri vymyvaniy i potrebleniye ego kul'turami zvena sevooborota, vozdel'yaemyh na dernovo-podzolistyh legkosuglinistyh i ryhlosupeschanyh pochvah Respubliki Belarus' // Pochvovedenie i agrohimiya. 2022. № 2 (69). С. 84–96. DOI: 10.47612/0130-8475-2022-2(69)-84-96.
 9. Smirnova Yu.D., Rabinovich G.Yu., Fomicheva N.V. Poluchenie nanorazmernogo kremneguminovogo preparata i ego pervichnaya aprobaciya // Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2021. Т. 11. № 3 (38). С. 421–429. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-3-421-429.
 10. Tedeeva A.A., Tedeeva V.V. Primenenie regul'yatora rosta "Edagum SM" na posevah ozimoy pshenicy v RSO-Alaniya // Agrarnyj vestnik Urala. 2022. № 04 (219). С. 26–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-219-04-26-36.
 11. Fomicheva N.V., Rabinovich G.Yu., Smirnova Yu.D. Vliyanie tekhnologicheskikh priyomov primeneniya guminovogo preparata na produktivnost' yarovoj pshenicy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Т. 34. № 9. С. 53–58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10910.
 12. Yakimenko O.S., Terekhova V.A. Guminovye preparaty i ocenka ih biologicheskoy aktivnosti dlya celej sertifikacii // Pochvovedenie. 2011. № 11. С. 1334–1343.

Поступила в редакцию 04.04.2023

Принята к публикации 18.04.2023

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ АГРОМЕЛИОРАНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

Дмитрий Георгиевич Свириденко, кандидат биологических наук

Светлана Петровна Арышева, кандидат биологических наук

Константин Владимирович Петров, научный сотрудник

Николай Геннадьевич Иванкин, научный сотрудник

Олеся Юрьевна Баланова, научный сотрудник

Алексей Афанасьевич Суслов, кандидат сельскохозяйственных наук

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» –

«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,

г. Обнинск, Калужская обл., Россия

E-mail: sedelnikov167@gmail.com

Аннотация. По результатам трехлетних производственных испытаний дана оценка эффективности новых агромелиорантов (комплексное удобрение ФосАгро NPK и органо-минеральный комплекс Гумитон) при выращивании ячменя на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почвах Новоzybковского района Брянской области. Показано, что некорневая обработка посевов ячменя в фазе колошения Гумитоном (1 л/га) способствовала росту урожая зерна на 17–29% по отношению к контролю в зависимости от года. Внесение удобрения ФосАгро NPK (0,3 т/га) дало прибавку урожая зерна 22–39%. Совместное применение удобрения и препарата повысило урожайность на 18–72%. Кратность снижения перехода ^{137}Cs в зерно при обработке посевов Гумитоном составляет до 2,3 раза, при использовании препарата и удобрения – 4,7 раза по сравнению с контролем. Применение Гумитона и ФосАгро NPK гарантировало получение зерна с содержанием ^{137}Cs , соответствующим нормативам СанПиН 2.3.2. 2650-10. Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя составил 3,75–17,6 руб. Как внесение ФосАгро NPK в почву, так и обработка Гумитоном посевов ячменя достоверно не повлияли на показатели качества зерна (содержание протеина, золы, жира, клетчатки). Показано, что органо-минеральный комплекс Гумитон и комплексное удобрение ФосАгро NPK – эффективные агромелиоранты в технологиях возделывания ячменя на радиоактивно загрязненных почвах.

Ключевые слова: Гумитон, ФосАгро NPK, дерново-подзолистая почва, коэффициент перехода ^{137}Cs , ячмень, урожайность, качество зерна

EFFECTIVENESS OF NEW AGROMELIORATIONS UNDER BARLEY CULTIVATION IN RADIONUCLIDE SOIL CONTAMINATION

D.G. Sviridenko, *PhD in Biological Sciences*

S.P. Arysheva, *PhD in Biological Sciences*

K.V. Petrov, *Researcher*

N.G. Ivankin, *Researcher*

O.Yu. Balanova, *Researcher*

A.A. Suslov, *PhD in Agricultural Sciences*

National Research Center “Kurchatov Institute” – Russian Institute of Radiology and Agroecology,

Obninsk, Kaluga region, Russia

E-mail: sedelnikov167@gmail.com

Abstract. Based on the results of three-year production tests, the effectiveness of new agromeliorants (PhosAgro NPK complex fertilizer and Gumiton organo-mineral complex) was evaluated when growing barley on radioactively contaminated sandy loam soddy-podzolic soils of Novozybkovsky district of Bryansk region. It is shown that non-root treatment of barley crops in the earing phase with Gumiton (1 l/ha) without the use of fertilizer contributed to an increase in grain yield by 17–29% relative to the control, depending on the year. The introduction of PhosAg-ro NPK fertilizer (0.3 t/ha) gave an increase in yield of 22–39%. The combined use of fertilizer and the drug increased the yield by 18–72%. The multiplicity of the decrease in the intake of ^{137}Cs in grain during the treatment of crops with Gumiton was up to 2.3 times, with the combined use of the drug and fertilizer – up to 4.7 times compared with the control. The use of Gumiton and PhosAgro NPK guaranteed the production of grain with a content of ^{137}Cs corresponding to the standards of Sanitary Rules and Regulations 2.3.2. 2650-10. The conditional net income per 1 ruble of costs for processing barley crops with Gumiton amounted to 3.75–17.6 rubles, depending on the year. Both the introduction of PhosAgro NPK and the treatment of barley crops with Gumiton did not significantly affect the grain quality indicators: the content of protein, ash, fat, fiber. Thus, it is shown that the organo-mineral complex Gumiton and complex fertilizer PhosAgro NPK are effective agromeliorants in barley cultivation technologies in conditions of radioactive contamination of soils.

Keywords: Gumiton, PhosAgro NPK, soddy-podzolic soil, transition coefficient ^{137}Cs , barley, yield, grain quality

Авария 1986 года на Чернобыльской АЭС привела к масштабному радиоактивному загрязнению территории бывшего СССР. На более 150 тыс. км² содержание ^{137}Cs превысило 37 кБк/м². [4, 7] Сель-

скохозяйственные угодья на отдельных территориях оказались непригодными для использования из-за высокой степени загрязнения. После 30 лет процесса естественного радиоактивного распада

Таблица 1.

Агрохимическая и радиологическая характеристика почвы перед закладкой опытов по годам

pH _{KCl}	Гумус, %	Содержание				Подвижные формы микроэлементов, мг/кг			Плотность загрязнения почвы	
		Мм(экв)/100 г		мг/кг		В	Мо	Mn	кБк/м ²	Ки/км ²
		Ca	Mg	P _{подв}	K _{обм}					
2020										
5,75	2,41	11,27	0,87	393	119	1,10	0,71	62,40	473...637	12,8...17,1
2021										
5,10	1,05	-	-	206	94	-	-	-	600...641	16,2...17,3
2022										
6,30	2,15	7,8	1,3	117	95	0,67	0,15	29,43	373...446	10,1...12,1

и реализации Российской Федерацией комплекса защитных и реабилитационных мероприятий загрязненные территории вводятся в сельскохозяйственный оборот. [1] Ведущие позиции при этом занимают агротехнологии, обеспечивающие снижение поступления загрязняющих веществ в растения.

В комплексе реабилитационных мероприятий особое внимание уделяют технологиям, включающим использование местных источников сырья, новых видов сорбентов, комплексных удобрений и биологически активных веществ, обеспечивающих производство экологически безопасной продукции. [5] К таким удобрениям относятся органоминеральные комплексы на основе торфа, например препарат Гумитон, разработанный во ВНИИРАЭ. [6] Элементный состав (% на сухую массу): N – 10...12; P₂O₅ – 20...24; K₂O – 27...30; органическое вещество – 18...22, в том числе водорастворимые гуматы – 11...14; микроэлементы: В – 0,2; Мо – 0,1; Mn – 0,1. В производственных условиях применение Гумитона позволяет получать дополнительную сельскохозяйственную продукцию. [8]

Ранее проведенные экспериментальные исследования показали, что данный препарат обеспечивает повышение урожайности растений, а также снижает поступление радиоактивных веществ в продукцию. [16]

Широкое распространение при возделывании сельскохозяйственных культур получило комплексное удобрение ФосАгро NPK (8:20:30), которое отличается высоким содержанием К, Р и низким – N, хорошо подходит для основного внесения осенью в дозе 0,3...0,5 т/га, высокоэффективно на легких по гранулометрическому составу почвах с низким содержанием подвижного К, промывным водным режимом. [12, 13]

Удобрение ФосАгро NPK сертифицировано на соответствие Стандарту СТО-56171713-023-2020 «Удобрения минеральные. Требования экологической безопасности и методы оценки», разработано Экологическим Союзом и признано Всемирной ассоциацией экомаркировки (GEN), получено АО «Апатит» (Группа «ФосАгро»).

Цель работы – дать оценку эффективности новых агроメリорантов в повышении урожайности и снижении поступления ¹³⁷Cs в зерно ячменя на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях Брянской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках выполнения Программы совместной деятельности России и Беларуси по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, в 2019–2022 годах в Брянской области (Новозыбковский и Красногорский районы) проведены испытания новых агроメリорантов на посевах сельскохозяйственных культур для обеспечения производства продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям.

В 2020–2022 годах на дерново-подзолистых супесчаных почвах СПК «Заречье» Новозыбковского района Брянской области было изучено действие агроメリоранта ФосАгро NPK и нового органи-

минерального комплекса Гумитон в условиях техногенного радиоактивного загрязнения на посевах ярового ячменя (табл. 1).

Планирование полевых опытов, учет урожая после уборки ячменя проводили по Б.А. Доспехову. [3]

Схема опыта: 1. Фон, технология хозяйства (150 кг/га NH₄NO₃ – N₅₃); 2. Фон + ФосАгро NPK, 0,3 т/га; 3. Фон + Гумитон; 4. Фон + ФосАгро NPK + Гумитон. Вегетирующие растения обрабатывали Гумитоном в фазе колошения – 1,0 л/300 л воды/га. В контроле основное удобрение (NH₄NO₃) вносили весной перед вспашкой почвы. Площадь делянки – 1 га, повторность четырехкратная, размещение вариантов – рендомизированное.

Содержание органического вещества в почве определяли по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 2642385), Нг – по Каппену (ГОСТ 26212-91), подвижные формы P₂O₅ и K₂O по Кирсанову (ГОСТ 26207-91). После уборки ячменя определяли количество ¹³⁷Cs в зерне (Бк/кг) и почве (кБк/м²) для расчета коэффициента перехода (Кп) ¹³⁷Cs в зерно. Измерения проводили в аккредитованной испытательной лаборатории радиационного контроля ФГБНУ ВНИИРАЭ по аттестованным методикам, используя полупроводниковый гамма-спектрометр Canberra с программным обеспечением Genie-2000.

После уборки урожая в опыте 2020 года определяли содержание в зерне сырого протеина, золы, жира, клетчатки с применением спектроскопии в ближней ИК области (ГОСТ Р 50817-95 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье»).

Экспериментальные данные обрабатывали методами непараметрической статистики (Excel).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт 2020 года

Результаты исследований показали, что повышение урожайности ячменя при внесении удобрения: ФосАгро NPK без Гумитона составило 7,4 ц/га (39,1%) по сравнению с фоном. Некорневая обработка посевов Гумитоном способствовала росту урожайности ячменя на 6,4 ц/га (29,1%). Совместное применение Гумитона и ФосАгро NPK привело к росту урожайности культуры на 72,2% по сравнению с фоном (табл. 2).

Таблица 2.
Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро NPK и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2020 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро NPK						
1. Фон	22,0	–	15,2	541	0,028	–
2. Фон+ФосАгро NPK	30,6	39,1	6,1	634	0,010	2,8
НСР ₀₅	2,8	–				
Гумитон						
1. Фон+Гумитон	28,4	29,1	5,5	473	0,012	2,3
2. Фон+ФосАгро NPK+Гумитон	37,9	72,2	3,5	606	0,006	4,7
НСР ₀₅	3,9					

Таблица 3.
Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро NPK и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2021 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро NPK						
1. Фон	14,0	–	3,3	600	0,006	
2. Фон+ФосАгро NPK	17,5	25,0	6,6	611	0,011	–
НСР ₀₅	1,7	–				
Гумитон						
1. Фон+Гумитон	16,5	17,9	1,7	610	0,003	2,0
2. Фон+ФосАгро NPK+Гумитон	17,5	25,0	3,4	641	0,005	1,2
НСР ₀₅	1,8					

Несмотря на достаточно высокую плотность загрязнения почвы, содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе и в контроле, оказалось не выше 30 Бк/кг, что гораздо ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (70 Бк/кг) [2]. Кп¹³⁷Cs в зерно – 0,006...0,028.

По кратности снижения поступления ¹³⁷Cs в зерно ячменя эффективным оказалось удобрение ФосАгро NPK (2,8 раза по сравнению с фоном).

Определение содержания в зерне сырого протеина, золы, жира, клетчатки показало, что внесение удобрения и обработка Гумитоном посевов ячменя достоверно не повлияли на показатели качества зерна.

Окупаемость затрат (условно чистый доход на 1 руб. затрат) при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2020 году – 17,6 руб.

Опыт 2021 года

Результаты исследований по оценке эффективности ФосАгро NPK и Гумитона в технологиях производства ячменя представлены в табл. 3.

Урожайность ячменя была низкой (14,0 ц/га на контроле и 17,5 ц/га в варианте ФосАгро NPK + Гумитон). По данным Новозыбковской метеостанции условия для роста и развития яровых зерновых культур в мае-августе были неблагоприятными: избыток влаги в мае (126,7 мм осадков при норме 54,0 мм), высокие температуры воздуха при дефиците осадков в июне и июле (температура на 4,1...5,0°C выше нормы, а осадков в июне всего 48% нормы). В августе высокие температуры воздуха (на 1,9°C выше нормы) сопровождалась выпадением осадков, в 2,2 раза превышающих норму. [14] Все это вызвало ускоренное созревание, низкорослость растений ячменя, слабую озерненность колоса. Эффективность удобрения для повышения урожайности ячменя без применения Гумитона составила 25%.

Плотность загрязнения почвы по всем вариантам опыта высокая (600...641 кБк/м² или 16,2...17,3 Ку/км²). Содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе контроле, было 1,7...6,6 Бк/кг, что в 10,6...41,2 ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10.

Обработка вегетирующих растений Гумитоном повышала урожай зерна ячменя в контроле на 17,9%.

Наибольший эффект по снижению перехода ¹³⁷Cs в зерно в эксперименте с применением Гумитона получен в контроле и при внесении ФосАгро NPK (2,0 и 1,2 раза соответственно).

Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2021 году составил 6,13 руб.

Опыт 2022 года

Результаты исследований по оценке эффективности нового удобрения и Гумитона при выращивании ячменя для повышения урожая зерна и снижения накопления ¹³⁷Cs в продукции представлены в таблице 4.

Урожайность ячменя была средней (от 23 ц/га на контроле до 32 ц/га при совместном применении ФосАгро NPK и Гумитона).

Внесение ФосАгро NPK повысило урожай зерна ячменя на 21,7% по сравнению с контролем.

Содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе в контроле, составило 1,8...4,9 Бк/кг, что в 14,3...38,9 раза ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (70 Бк/кг). Кп¹³⁷Cs в зерно – 0,004...0,011.

Обработка вегетирующих растений Гумитоном повышала урожай зерна ячменя в контроле на 17,4%, при применении с ФосАгро NPK – на 39,1% соответственно.

Снижение перехода ¹³⁷Cs в зерно при применении Гумитона составило 1,3 раза.

Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2022 году – 3,75 руб.

Таким образом, по результатам трехлетних опытов с применением комплексного удобрения ФосАгро NPK и органико-минерального комплекса Гумитон на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почвах Новозыбковского района Брянской области показано, что некорневая обработка посевов ячменя в фазе колошения Гумитоном (1 л/га) без применения удобрения способствовала росту урожая зерна на 17...29% по

Таблица 4.
Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро NPK и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2022 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро NPK						
1.Фон	23,0	–	1,8	439	0,004	
2.Фон+ФосАгро NPK	28,0	21,7	4,9	446	0,011	–
НСР ₀₅	2,5					
Гумитон						
1.Фон+Гумитон	27,0	17,4	1,7	610	0,003	1,3
2.Фон+ФосАгро NPK+Гумитон	32,0	39,1	3,4	641	0,005	–
НСР ₀₅	1,8					

отношению к контролю, в зависимости от года. Внесение удобрения ФосАгро NPK (0,3 т/га) дало прибавку урожая 22...39%. Совместное применение удобрения и препарата повысило урожайность на 18...72%. Кратность снижения поступления ¹³⁷Cs в зерно при обработке посевов Гумитоном составила до 2,3 раза, при совместном использовании препарата и удобрения – до 4,7 раза по сравнению с контролем. Применение Гумитона и ФосАгро NPK гарантировало получение зерна с содержанием ¹³⁷Cs, соответствующим нормативам СанПиН 2.3.2. 2650-10.

В технологиях возделывания ячменя на радиоактивно загрязненных почвах органо-минеральный комплекс Гумитон и комплексное удобрение ФосАгро NPK показали высокую эффективность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Актуальные вопросы радиэкологии: Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. Вып. Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. 170 с.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.2650-10.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
4. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. 1986. Т. 61. Вып. 5. С. 301–320.
5. Панов А.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г. и др. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 3. С. 46–50.
6. Патент на изобретение № 2709737 «Биологически активный органо-минеральный комплекс и способ его получения» (авторы – Санжарова Н.И., Петров К.В., Ратников А.Н. и др.). Описание изобретения к патенту. Бюл. № 35. 19.12.2019. 6 с.
7. Радиэкологические последствия аварии на чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Под ред. чл.-

корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко. М.: РАН. 2018. 278 с.

8. Ратников А.Н., Петров К.В., Иванкин Н.Г. и др. Влияние нового органо-минерального препарата «Гумитон» на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 86–95.
9. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П. и др. Оценка применения органо-минерального комплекса Гумитон на яровых зерновых культурах // Агробиохимический вестник. 2020. № 4. С. 21–24.
10. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Семешкина П.С. Влияние нового органо-минерального комплекса ГУМИТОН на продуктивность и качество зерновых культур на различных типах почв // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 29–37.
11. Свидетельство о депонировании файла «Применение органо-минерального комплекса Гумитон при возделывании зерновых культур». Рег. № 384-693-589. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», соавторы: Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П. и др. Хэш файла MD5. Сертификат ЭЦП № 5469A10072A-B698E43EE0436E40B99EB.
12. Электронный ресурс: <https://www.phosagro.ru/production/fertilizer/azotno-fosforno-kalijnye-udobreniya/169553/>. Date of access 31.03.2023.
13. Электронный ресурс: <https://dacha-dacha.ru/sorta/yachmen-yarovoj/vladimir>. Date of access 31.03.2023.
14. Электронный ресурс: https://nowohistory.ru/w/Климат_Новозыбкова_в_2021_году. Date of access 31.03.2023.
15. Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Ratnikov A.N. et al. Gumiton – New Organo-Mineral Complex to Increase the Productivity of Agricultural Cultures // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878. Volume 8. Issue 4. November 2019. P. 3374–3381.
16. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Petrov K.V. et al. Yield and quality of carrots when using the Gumiton organo-mineral complex in conditions of radioactive contamination // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. 2021. Vol. 12. № 5. P. 1955–1959.

REFERENCES

1. Aktual'nye voprosy radioekologii: Trudy FGBNU VNIIRAE. Vyp. 1. Pod red. chl.-korr. RAN N.I. Sanzharovoj. Obninsk: FGBNU VNIIRAE, 2018. 170 s.
2. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. SanPiN 2.3.2.2650-10.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 336 s.
4. Informaciya ob avarii na Chernobyl'skoj AES i ee posledstviyah, podgotovlennaya dlya MAGATE//Atomnaya energiya. 1986. T. 61. Vyp. 5. S. 301–320.
5. Panov A.V., Ratnikov A.N., Sviridenko D.G. i dr. Reabilitaciya sel'skohozyajstvennyh zemel' pri masshtabnom radioaktivnom zagryaznenii (k 35-letiyu avarii na Chernobyl'skoj AES) // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2021. № 3. S. 46–50.
6. Patent na izobretenie № 2709737 «Biologicheskii aktivnij organo-mineral'nyj kompleks i sposob ego polucheniya (avtory – Sanzharova N.I., Petrov K.V., Ratnikov A.N. i dr.). Opisanie izobreteniya k patentu. Byul. № 35. 19.12.2019. 6 s.

7. Radioekologicheskie posledstviya avarii na chernobyl'skoj AES: biologicheskie efekty, migraciya, rehabilitaciya zagryaznennyh territorij. Pod red. chl.-korr. RAN N.I. Sanzharovoj i prof. S.V. Fesenko. M.: RAN. 2018. 278 s.
8. Ratnikov A.N., Petrov K.V., Ivankin N.G. i dr. Vliyanie novogo organomineral'nogo preparata "Gumiton" na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2019. № 4 (20). S. 86–95.
9. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P. i dr. Ocenka primeneniya organomineral'nogo kompleksa Gumiton: na yarovyh zernovyh kul'turah // Agrohimicheskij vestnik. 2020. № 4. S. 21–24.
10. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P., Semeshkina P.S. Vliyanie novogo organo-mineral'nogo kompleksa GUMITON na produktivnost' i kachestvo zernovyh kul'tur na razlichnyh tipah pochv // Agrarnyj vestnik Urala. 2020. № 4 (195). S. 29–37.
11. Svidetel'stvo o deponirovanii fajla "Primenenie organo-mineral'nogo kompleksa Gumiton pri vzdelyvanii zernovyh kul'tur". Reg. № 384-693-589. FGBNU "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut radiologii i agroekologii", soavtory: Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P. i dr. Hesh fajla MD5. Sertifikat ECP № 5469A10072AB698E43EE0436E40B99EB.
12. Elektronnyj resurs: <https://www.phosagro.ru/production/fertilizer/azotno-fosforno-kalijnye-udobreniya/169553/>. Date of access 31.03.2023.
13. Elektronnyj resurs: <https://dacha-dacha.ru/sorta/yachmen-yarovoj/vladimir>. Date of access 31.03.2023.
14. Elektronnyj resurs: https://nowohistory.ru/w/Klimat_Novozybkova_v_2021_godu. Date of access 31.03.2023.
15. Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Ratnikov A.N. et al. Gumiton – New Organo-Mineral Complex to Increase the Productivity of Agricultural Cultures//International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878. Volume 8. Issue 4. November 2019. R. 3374–3381.
16. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Petrov K.V. et al. Yield and quality of carrots when using the Gumiton organo-mineral complex in conditions of radioactive contamination // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. 2021. Vol. 12. № 5. R. 1955–1959.

Поступила в редакцию 06.04.2023

Принята к публикации 20.04.2023

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФЛОРУ**Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3999-9179****Раисия Болеславовна Максимова, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-0324-8525**

Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –

филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»,
п. Руэм, Республика Марий Эл, Россия

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних исследований по изучению биологической активности дерново-подзолистой почвы аппликационным методом на полевых шестипольных севооборотах в условиях Республики Марий Эл. Экспериментальные работы выполняли в длительном стационаре Марийского научно-исследовательского института сельского хозяйства на опытах, заложенных в 1996 году. Повторность вариантов трехкратная, расположение делянок систематическое. Наибольшая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почве на естественном фоне была во II плодосменном севообороте, с внесением навоза под картофель – 23,5% в первый срок экспозиции и 54,7% – во второй. Наименьшая биологическая активность почвы за первые 45 дн. (17,7) отмечена в зернотравяном севообороте (83% зерновых) и 43,1% – во второй срок экспозиции. Это связано с дефицитом поступления органического вещества. Внесение минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под основную обработку достоверно повышает микробиологическую активность почвы по отношению к контрольному варианту. Высокую интенсивность разложения льняного полотна наблюдали в III плодосменном севообороте за первые 45 дн. – 22,7, 90 дн. – 56,7%. Корреляционный анализ (1996–2021 годы) показал тесную прямую зависимость между средним разложением льняного полотна под культурами и значением гидротермического коэффициента (ГТК) за весь период вегетации. Этот показатель в первые 45 дн. составил 0,84–0,86, во второй срок экспозиции – 0,78–0,82.

Ключевые слова: Республика Марий Эл, севооборот, биологическая активность почвы, минеральные удобрения, аппликационный метод

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZER ON SOIL MICROFLORA**S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences****R.B. Maksimova, Researcher**

Mari Agricultural Research Institute – Mari Agricultural Research Institute –

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

E-mail: zamyatin.ser@mail.ru

Abstract. The biomass of organic matter entering the soil after a particular crop affects the formation of humus, the phytosanitary state of the soil, and agricultural crops can use nutrients from plant residues much more efficiently than from mineral fertilizers. The article presents the results of many years of experiments on the study of the effect of stubble and root residues on the biological activity of soddy-podzolic soil using the application method in a field six-field crop rotation in the conditions of the Republic of Mari El. The experimental part of the work was carried out in the field on the experimental field of the Mari Research Institute of Agriculture – a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FARC of the North-East according to the experience laid down in 1998. The repetition of options is three times, the location of the plots is systematic. It has been established that the activity of soil microflora mainly depends on the presence of organic matter in the soil. The highest activity of cellulose-destroying microorganisms on a natural background of fertility is observed in the second crop rotation when manure is applied for potatoes – 22.9% in the first period of exposure and 54.7% in the second period of exposure. The lowest biological activity of the soil for the first 45 days was noted in the grain-grass crop rotation (83% of cereals) – 17.7% and 43.4% – in the second period of exposure. This is due to the deficiency of organic substances due to their insufficient intake. The application of mineral fertilizers at a dose of $N_{60}P_{60}K_{60}$ for pre-sowing cultivation significantly increases the biological activity of the soil in relation to the unfertilized background, and a rather high intensity of decomposition of flax cloth was observed in the second crop rotation – for the first 45 days – 24.9%, for 90 days – 56.8%. Correlation analysis (1998–2019) between the average value of canvas decomposition under crops for the entire growing season and the value of the hydrothermal coefficient (HTC) showed a close direct relationship, which in the first exposure period (45 days) was 0.87–0.90, in the second period of exposure – 0.86...0.89.

Keywords: Mari El Republic, fertility, biological activity of the soil, mineral fertilizers, application method

Почва играет важную роль в жизнедеятельности человека, как основное средство сельскохозяйственного производства, относится к незаменимым природным ресурсам. Недостаточное внесение органических и минеральных удобрений, длительное возделывание пропашных культур на одном и том же месте приводит к снижению гумуса, ухудшению водных, физических и физико-химических свойств почвы, истощению плодородия. Эффективное ведение сельскохозяйственного произ-

водства возможно при обязательном применении прогрессивных технологий с использованием сбалансированных, хорошо организованных и экономически обоснованных методов. Основные критерии деятельности такого производства – сохранение естественных ресурсов, снижение себестоимости продукции, стремление к получению максимальной прибыли. [10]

Биологическая активность почвы зависит от численности и видового состава обитающих в ней

Таблица 1.

Схема опыта

№ севооборота	Фактор А (вид севооборота)	Фактор В (минеральные удобрения)
1	Зернотравяной (овес + клевер, клевер 1 г. п., озимые, вика/овес на зерно, яровая пшеница, ячмень)	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
2	I плодосменный (вика/овес на зеленую массу, озимые, ячмень, картофель, вика/овес на зерно, яровая пшеница)	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
3	II плодосменный (вика/овес на зерно, яровая пшеница, картофель (навоз 80 т/га), ячмень + клевер, клевер 1 г.п., озимые)	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀
4	III плодосменный (ячмень + клевер, клевер 1 г. п., клевер 2 г. п., озимые, картофель, овес)	Без удобрений N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

живых микроорганизмов. Агротехнические мероприятия, направленные на повышение плодородия почвы, должны иметь почвенно-микробиологическое обоснование. [7, 9] На активность почвенной микрофлоры также влияет благоприятное сочетание температуры, влажности и плотности. [8, 13]

Из-за небольшого удельного веса многолетних трав в севооборотах снизилось плодородие почвы Нечерноземья. Поживные остатки и корневая масса сельскохозяйственных культур иногда единственный источник органического вещества.

Многие ученые подтверждают, что регулирование интенсивности биологических процессов в почве возможно только с помощью плодосменных севооборотов. [4, 6]

Внесение минеральных удобрений увеличивает биологическую активность почвы на 3...6%. Недостаточное количество атмосферных осадков при повышенном температурном режиме замедляет процесс разложения почвенной микрофлоры. [11, 12]

Важная характеристика растений в севообороте – почвоулучшающая способность. Чередование культур приводит к изменению уровня накопления фитомассы и интенсивности ее разрушения в почве, а также различиям в составе и биохимической деятельности микроорганизмов. [1, 2]

Растительные остатки участвуют в круговороте углерода, формируют сообщество из почвенных организмов, которые стимулируют структурную устойчивость почвы. [14–17]

Один из способов оценки биологической активности почвы – определение ее целлюлозоразлагающей способности аппликационным методом. [5]

Цель работы – исследование влияния минеральных удобрений на биологическую активность почвы под культурами экспериментальных полевых шести-польных севооборотов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект изучения – полевые севообороты, минеральные удобрения. На поле Марийского научно-исследовательского института сельского хозяйства был заложен многолетний (1996–2021 годы) двухфакторный опыт: фактор А – виды севооборотов, фактор В – внесение минеральных удобрений (табл. 1).

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая (табл. 2). Агротехника возделывания культур общепринятая для условий Республики Марий Эл.

Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий) вносили перед посевом культур. Азотные удобрения под бобовые не применяли. Навоз в дозе 80 т/га разбрасывали во II плодосменном севообороте под картофель.

Повторность вариантов трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянок первого порядка 330 м², второго – 165 м². Учетная площадь – 60 м². Биологическую активность почв определяли методом аппликации. В опытах использовали льняную ткань из-за ее однородности по химическому составу, способности быстро разлагаться и отражать исходную биологическую активность почвы. До закладки льняные полотна (5×20 см) взвешивали на аналитических весах ACCULAB ALC – 110d4 с точностью до 0,001 г. К образцам с одной стороны прикрепляли синтетическими нитками полиэтиленовые пленки и закапывали на глубину пахотного слоя. Время экспонирования – 90 дн. Через 45 дн. часть полотен извлекали. По уменьшению массы ткани судили о биологической активности почвы (%).

Период исследований состоял из благоприятных и экстремальных по погодным условиям вегетационных периодов. Близкое к средней многолетней норме количество осадков выпало в 1997, 1998, 2004, 2005, 2011, 2013, 2021 годах. Засушливыми были 1999, 2001, 2002, 2009, 2010, 2014, 2016, 2018 годы, избыточно влажными – 2000, 2007, 2008, 2012, 2017, 2019, 2020.

Учеты и наблюдения проводили общепринятыми методами по Б.А. Доспехову. [3] Основные результаты исследований математически обрабатывали с помощью дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Почвенные микроорганизмы – индикаторы процессов превращения органических и минераль-

Таблица 2.

Агрохимические показатели почвы опытного участка

Показатель	Значение
pH _{кон.}	5,67
Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г	1,41
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г	8,9
P ₂ O ₅ (по Кирсанову), мг/кг	270
K ₂ O (по Кирсанову), мг/кг	130
Гумус по Тюрину, %	1,72
Общий азот, %	0,19

Таблица 3.

Биологическая активность почвы по севооборотам, среднее за 1996–2021 годы

Севооборот	Удобрение	Разложение полотна, %	
		45 дн.	90 дн.
1. Зернотравяной (83% зерновых)	Без удобрений	17,7	43,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,4	45,9
2. I плодосменный (67% зерновых)	Без удобрений	19,0	50,2
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,6	54,0
3. II плодосменный (67% зерновых)	Без удобрений	23,5	54,7
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,6	57,3
4. III плодосменный (50% зерновых)	Без удобрений	21,2	54,9
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,7	57,9
НСР ₀₅ частных различий	частных различий 1	4,2	10,5
	частных различий 2	0,9	1,4
	фактор А (севооборот)	3,0	7,4
	фактор В (удобрения)	0,4	0,7

ных соединений почв и удобрений, синтеза и разложения перегноя.

Интенсивность разложения льняного полотна в пахотном слое почвы изменялась в течение вегетационного периода (табл. 3). Биологическая дея-

тельность почвы в первые 45 дн. на удобренных делянках – 17,7...23,5%. Активность разложения полотна в этот период относительно высока, что обусловлено составом почвы и благоприятным температурным режимом. За 26 лет исследований лучшую активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов на естественном фоне плодородия наблюдали во втором плодосменном севообороте в первый срок определения – 23,5, второй – 54,7%. Менее активно из-за дефицита органического вещества микробиологическая деятельность почвы протекала в зернотравяном севообороте (83% зерновых) – 17,7 и 43,1% соответственно.

В вариантах с включением бобовых культур степень разложения полотна значительно повышается, так как в почве остается большая масса богатого азотом легкоразлагающегося органического вещества (III плодосменный севооборот). Лучшие условия для активизации микробиологической деятельности почвы создаются при внесении минеральных удобрений (N₆₀P₆₀K₆₀) под основную обработку. Высокую интенсивность разложения льняного полотна наблюдали во II плодосменном севообороте за первые 45 дн. – 24,6, 90 дн. – 57,3%. Наибольшее разложение льняного полотна было под картофелем при внесении навоза в дозе 80 т/га. Положительное влияние навоза проявляется с первых дней.

С помощью корреляционного анализа (1996–2021 годы) между средним разложением льняного полотна под культурами за весь период вегетации и значением гидротермического коэффициента (ГТК) выявили тесную прямую зависимость в первый срок экспозиции – 0,84...0,87, во второй – 0,78...0,82 (табл. 4).

Таким образом, биологическая деятельность почвы в течение вегетационного периода была наиболее выражена во II и III плодосменных севооборотах, слабее – в I, незначительно – в зерновом.

Выводы. Изменение биологической активности зависит от вида сельскохозяйственных культур, их предшественников и метеорологических условий. Внесение минеральных удобрений перед посевом существенно активизирует разложение льняного полотна. Наибольшая биологическая активность наблюдается под яровыми зерновыми культурами, возделываемыми после картофеля. При насыщении севооборотов зерновыми культурами микробиологическая активность почвы снижается. Меньшая степень разложения в указанных вариантах объясняется незначительным поступлением в почву органического вещества, состоящего из корневых остатков, поскольку надземная масса была удалена за пределы поля вместе с урожаем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аристовская Т.В., Чугунова М.В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
2. Берестецкий О.А., Торжевский В.И., Мочалов Ю.М. Особенности микрофлоры дерново-подзолистой почвы при бессменном выращивании сельскохозяйственных растений и в севообороте // Микробиология. 1976. Т. 45. Вып. 4. С. 710–716.
3. Доспехов Б.А. Методы полевого опыта с основами статистической обработки / Изд-е 5-е, дополненное и переработанное. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Таблица 4.

Корреляционная зависимость разложения льняного полотна от ГТК

Год	Разложение ткани за 45 дн., %		ГТК за первую половину вегетации	Разложение ткани за 90 дн., %		ГТК за вегетацию
	без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		без удобрений	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	
1996	18,4	19,9	1,38	29,0	31,9	1,07
1997	20,9	22,8	1,88	31,2	33,9	1,30
1998	15,5	15,1	0,61	38,6	38,5	0,97
1999	12,7	12,4	0,57	39,7	39,9	0,99
2000	37,9	40,7	2,61	83,9	91,3	1,73
2001	27,0	31,0	1,66	40,8	44,3	1,03
2002	12,0	11,9	0,53	28,6	28,9	0,56
2003	21,8	26,5	1,77	62,5	72,0	1,64
2004	20,5	21,7	1,38	43,9	46,1	1,15
2005	19,6	20,9	1,25	41,2	44,3	1,14
2006	26,1	29,2	1,15	60,5	62,6	1,48
2007	13,7	14,9	0,87	49,1	54,7	1,34
2008	36,0	38,1	2,06	85,8	88,7	1,71
2009	8,3	7,8	0,78	37,0	36,1	0,77
2010	12,9	11,7	0,51	21,5	19,1	0,37
2011	29,8	30,3	1,52	86,9	88,7	1,22
2012	23,0	25,0	1,04	63,9	66,7	1,24
2013	21,4	21,4	0,93	42,2	45,0	1,21
2014	12,8	13,4	0,80	25,6	28,0	0,84
2015	19,5	21,9	0,77	61,9	67,8	1,29
2016	9,5	9,7	0,50	25,7	28,6	0,56
2017	32,4	37,7	2,87	78,0	86,8	1,85
2018	20,9	22,1	1,37	40,6	44,3	0,87
2019	17,6	19,3	1,31	65,4	68,4	1,76
2020	26,4	31,0	1,40	51,3	58,5	1,86
2021	8,2	8,3	0,88	33,5	34,4	0,84
r	0,84	0,86		0,78	0,82	

4. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Гаджиумаров Р.Г. Экономическая эффективность севооборотов при возделывании полевых культур без обработки почвы // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 4 (12). С. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
5. Замятин С.А., Максимова Р.Б. Влияние культур севооборотов на биологическую активность почвы. Зерновое хозяйство России. 2021. № 4 С. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-39-44.
6. Карабутов А.П., Соловиченко В.Д., Никитин В.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов // Земледелие. 2019. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.
7. Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А. Оптимизация полевых севооборотов, как фактор сохранения почвенного плодородия и экологизации земледелия // Агроэкология. 2020. № 3. С. 147–153. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-147-153.
8. Кузминых А.Н. Влияние видов паров на микробиологическую активность почвы // Аграрная наука Северо-Востока. 2012. № 5 (30). С. 44–46.
9. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т., Микробиология. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. 368 с.
10. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Навальнев В.В., Карабутов А.П. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на изменение органического вещества в черноземе типичном // Агрохимия. 2017. № 2. С. 233.
11. Обшия Е.Н. Хрипунов А.И. Целлюлозоразлагающая активность почвы в условиях склоновых земель ландшафтов как один из элементов ее биологической активности // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2 (12). С. 25–28. DOI: 10.25930/004.2.12.2019.
12. Применение метода льняных полотен для учета биологической активности почвы в условиях техногенного загрязнения / Экологическая безопасность в АПК. РЖ. М., 2008. № 1. 18 с.
13. Саегалиева Г.Э. Ферментативная активность почвы как показатель ее плодородия // Молодой ученый. 2014. С. 277–278.
14. Bardgett R.D., Mommer L., De Vries F.T. Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes//Trends Ecol. Evol. 2014. № 29. P. 692–699. DOI: 10.1016/j.tree.2014.10.006.
15. Bisen N., Rahangdale C.P. Crop residues management option for sustainable soil health in rise-wheat system: a review // International Journal of Chemical Studies. 2017. № 5 (4). PP. 1038–1042. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_system_a_review (дата обращения: 10.01.2023).
16. Hirte J. et al. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter // Front Plant Sci. 2017. № 8. p. 284. DOI: 10.3389/fpls.2017.00284.
17. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere // Nat. Rev. Microbiol. 2013. № 11. P. 789–799. DOI: 10.1038/nrmicro3109.
2. Beresteckij O.A., Torzhevskij V.I., Mochalov Yu.M. Osobnosti mikroflory dernovo-podzolistoj pochvy pri bessmennom vyrashchivanii sel'skohozyajstvennyh rastenij i v sevooborote // Mikrobiologiya. 1976. Т. 45. Vyp. 4. S. 710–716.
3. Dospekhov B.A. Metody polevogo opyta s osnovami statisticheskoj obrabotki / Izd-e 5-e, dopolnennoe i pererabotannoe. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
4. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhiumarov R.G. Ekonomicheskaya effektivnost' sevooborotov pri vozdelevanii polevyh kul'tur bez obrabotki pochvy // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2019. № 4 (12). S. 6–12. DOI: 10.25930/0372-3054/001.4.12.2019.
5. Zamyatin S.A., Maksimova R.B. Vliyanie kul'tur sevooborotov na biologicheskuyu aktivnost' pochvy. Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2021. № 4. S. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-39-44.
6. Karabutov A.P., Solovichenko V.D., Nikitin V.V. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov // Zemledelie. 2019. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10201.
7. Kozlova L.M., Noskova E.N., Popov F.A. Optimizaciya polevyh sevooborotov, kak faktor sohraneniya pochvennogo plodorodiya i ekologizacii zemledeliya // Agroekologiya. 2020. № 3. S. 147–153. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-147-153.
8. Kuzminyh A.N. Vliyanie vidov parov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' pochvy // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2012. № 5 (30). S. 44–46.
9. Mishustin E.N., Emcev V.T., Mikrobiologiya. Izd. 3-e, pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1987. 368 s.
10. Nikitin V.V., Solovichenko V.D., Naval'nev V.V., Karabutov A.P. Vliyanie sevooborotov, sposobov obrabotki pochv i udobrenij na izmenenie organicheskogo veshchestva v chernozeme tipichnom // Agrohimiya. 2017. № 2. S. 233.
11. Obshchiya E.N. Hripunov A.I. Cellyulozorazlagayushchaya aktivnost' pochvy v usloviyah sklonovyh zemel' landshaftov kak odin iz elementov ee biologicheskoy aktivnosti // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2019. № 2 (12). S. 25–28. DOI: 10.25930/004.2.12.2019.
12. Primenenie metoda l'nyanyh poloten dlya ucheta biologicheskoy aktivnosti pochvy v usloviyah tekhnogenno go zagrязneniya / Ekologicheskaya bezopasnost' v APK. RZH. M., 2008. № 1. 18 s.
13. Saetgalieva G.E. Fermentativnaya aktivnost' pochvy kak pokazatel' ee plodorodiya // Molodoy uchenyj. 2014. S. 277–278.
14. Bardgett R.D., Mommer L., De Vries F.T. Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes// Trends Ecol. Evol. 2014. № 29. P. 692–699. DOI:10.1016/j.tree.2014.10.006.
15. Bisen N., Rahangdale C.P. Crop residues management option for sustainable soil health in rise-wheat system: a review // International Journal of Chemical Studies. 2017. № 5 (4). PP. 1038–1042. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_system_a_review (data obrashcheniya: 10.01.2023).
16. Hirte J. et al. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter // Front Plant Sci. 2017. № 8. p. 284. DOI: 10.3389/fpls.2017.00284.
17. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere // Nat. Rev. Microbiol. 2013. № 11. P. 789–799. DOI: 10.1038/nrmicro3109.

REFERENCES

Поступила в редакцию 05.04.2023
Принята к публикации 19.04.2023

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**Игорь Витальевич Дудкин, доктор сельскохозяйственных наук****Дмитрий Иванович Жилыков, доктор экономических наук****Наталья Валерьевна Долгополова, доктор сельскохозяйственных наук****Екатерина Владимировна Малышева, кандидат сельскохозяйственных наук****ФГБОУ ВО Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, г. Курск, Россия****E-mail: dunaj-natalya@yandex.ru**

Аннотация. В статье отмечена важность бережного отношения к природной среде при сельскохозяйственном землепользовании. Рассмотрены отдельные направления воздействия человека на почву, растения и другие объекты агроэкосистем. Указывается на негативную роль эрозии почвы, получившей большое распространение. В Курской области 23% пашни эродировано. Смыв почвы на некоторых полях достигает 20 т/га. Эрозия приводит к снижению содержания гумуса и питательных веществ в почве. Меры по ее устранению – гидротехнические сооружения, противоэрозионная организация территории, система контурно-мелиоративного земледелия, лесомелиоративные мероприятия, почвозащитная обработка почвы, севооборот и другие. Для усиления почвозащитных свойств растительного покрова в севооборотах увеличивают площади озимых культур и многолетних трав. Взамен чистого пара применяют занятый. В статье даны примеры создания противоэрозионной агросреды. Рассмотрены причины приобретения почвой токсических свойств. Основные источники поступления в почву токсикантов – пестициды, минеральные удобрения и другие агрохимикаты. При определенных условиях севооборот и обработка почвы могут способствовать росту токсичности. Наши исследования показали, что токсичность почвы под озимой пшеницей, которой предшествовал сидеральный пар, была ниже, чем при выращивании ее по черному и занятому пару. Установлена положительная роль как органических, так и минеральных удобрений в повышении биологической активности почвы и снижении ее токсичности. Обращено внимание на проблему обеспечения качества продукции и безопасности продуктов питания. Указано на биологизацию земледелия как необходимое направление улучшения экологического состояния агроландшафтов. Названы факторы биологизации – севооборот, промежуточные культуры, многолетние травы, использование органических удобрений (навоз, компост, сидерат, солома). Выделен резерв защиты культурных растений от сорняков и возможная альтернатива химическим мерам – фитоценотический метод. Отмечена важность комплексного подхода в решении экологических проблем почвоведения и земледелия.

Ключевые слова: экология, почвоведение, земледелие, защита растений, водная эрозия почвы, токсичность почвы

ECOLOGICAL PROBLEMS OF SOIL SCIENCE AND FARMING**I.V. Dudkin, Grand PhD in Agricultural Sciences****D.I. Zhilyakov, Grand PhD in Economic Sciences****N.V. Dolgoplova, Grand PhD in Agricultural Sciences****E.V. Malysheva, PhD in Agricultural Sciences****Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk, Russia****E-mail: dunaj-natalya@yandex.ru**

Abstract. The article noted the importance of respect for the natural environment in agricultural land use. Separate directions of human impact on the soil, plants and other objects of agroecosystems are considered. The negative role of soil erosion, which has become widespread, is indicated. Soil loses in some fields reaches 20 t/ha. In the Kursk region the 23% of arable land is eroded. Erosion leads to a decrease in the content of humus and nutrients in the soil. Measures to eliminate it are hydraulic structures, anti-erosion organization of the territory, the system of contour-reclamation agriculture, forest reclamation measures, soil protection tillage, crop rotation and others. In order to increase the soil-protective properties of the vegetation cover in crop rotations, the areas of winter crops and perennial grasses are increased. A seeded fallow is used instead of an unoccupied one. The article gives examples of creating an anti-erosion agro-environment. The reasons for the acquisition of toxic properties by the soil are considered. The main sources of toxicants entering to the soil are pesticides, mineral fertilizers and other agrochemicals. Under certain conditions crop rotation and tillage can increase toxicity. Our studies showed that the toxicity of soil under winter wheat, which was preceded by green manure fallow, was lower than when it was grown in black and seeded fallow. The positive role of both organic and mineral fertilizers in increasing the biological activity of the soil and reducing its toxicity has been established. Drawn attention to the problem of ensuring product quality and food safety. The biologization of agriculture is indicated as a necessary direction for improving the ecological state of agricultural landscapes. The biologization factors are named – crop rotation, intermediate crops, perennial grasses, the use of organic fertilizers (manure, composts, green manure, straw). A reserve for the cultivated plants protection against weeds and a possible alternative to chemical measures (the phytocenotic method) have been identified. The importance of an integrated approach in solving the environmental problems of soil science and agriculture is noted.

Keywords: ecology, soil science, agriculture, plant protection, water erosion of soil, soil toxicity

Проблема сохранения природной среды важнейшая для человеческой цивилизации. Антропогенное давление на природу с каждым годом возрастает.

Считается, что наибольшее негативное влияние оказывает промышленность. С нашей точки зрения, сельское хозяйство – это та сфера человеческой

деятельности, где возникновение и решение экологических проблем для будущего планеты имеет не меньшее значение. Это связано с ростом объемов потребления продуктов питания, получаемых в результате сельскохозяйственной деятельности, большим и постоянным действием на экосистемы.

Почва играет роль полифункциональной природной системы, регулирующей устойчивое функционирование биосферы. [15, 24]

По выражению Л.О. Карпачевского [19], почва – экологический гарант жизни на Земле и в этом ее фундаментальное значение в системе других природных тел.

Если в естественных ценозах почва, как правило, покрыта растительностью, то в агроценозах в течение продолжительного времени нет. Это приводит к возникновению эрозии. Также важны условия рельефа, в частности, наличие склонов различной формы, экспозиции и крутизны, климатические и ряд антропогенных факторов. В Центрально-Черноземном регионе России наибольший вред наносит водная эрозия. Площадь эрозионноопасных земель коррелирует с распаханностью земельных угодий.

В Курской области на склонах с уклоном свыше 1° в среднем по области находится 58,4% пашни, от 1° до 3° – 44,8%, от 3° до 5° – 10,6%, более 5° – 3,0% пашни. Почвы, подвергшиеся эрозии, занимают около 23% пашни. Сток талых вод на серых лесных почвах на зяби составляет 30...40 мм, уплотненной пашне – 60...70 мм, на черноземах – 25...30 мм и 55...65 мм соответственно. Сток 10% обеспеченности может достигать на черноземах с зяби – 100...110 мм, с уплотненной пашни – 140...150 мм. Фактический смыв почвы колеблется от 1,0 до 20,0 т/га. [30]

В результате эрозии возрастает расчлененность территории, происходит рост промоин и оврагов, снижается содержание органического вещества и элементов питания в почве, ухудшаются ее агрофизические и биологические свойства, падает плодородие. Часть твердого вещества почв, подвергшегося смыву, переносится вниз по склону или попадает в водоемы и плодородный слой уменьшается.

Сокращение запасов гумуса в результате эрозии почв непосредственно влияет на круговорот элементов питания в агроэкосистеме. Уменьшение катионного обмена органического вещества снижает способность почв их удерживать. Совокупность этих факторов и увеличение внесения удобрений на эродированных участках приводят к возрастанию потенциального переноса питательных веществ в результате эрозии поверхностного слоя почвы и внутрисочвенного выщелачивания. [29]

Почва в определенной мере может самоочищаться, что связано с ее большой активной в химическом и биологическом отношении поверхностью. Значительная часть вредных веществ задерживается почвой и обезвреживается в ней, не попадая в водоемы и грунтовые воды. Однако при возросшей нагрузке на природу эффективность процессов самоочищения бывает недостаточной для поддержания экологического равновесия, требуется вмешательство человека.

Выработан целый комплекс мер, препятствующих развитию эрозионных процессов и снижающих ее отрицательные последствия. При больших масштабах эрозии на водосборах могут быть построены противоэрозионные гидротехнические сооружения. Обязательно нужно вести борьбу с оврагами, устраивать различные противоэрозионные преграды на пути стока талых и ливневых вод, выполаживание.

Эффективными приемами снижения стока и смыва почвы исследователи называют живые изгороди, полосное выращивание сельскохозяйственных культур, нулевую обработку почвы, мульчирование поверхности почвы. [36]

На склоновых землях следует отказаться от традиционной вспашки, заменив ее почвозащитной обработкой с оставлением стерни (нулевая обработка). Хорошие результаты дает поделка на поверхности почвы микрорельефа. Нежелательно использовать на эрозионно-опасных склонах тяжелую сельскохозяйственную технику.

От дождевой эрозии хорошо защищает растительный покров. [26] Системы севооборотов следует проектировать с учетом их экологической безопасности и экономической эффективности. Для повышения почвозащитных свойств растительности увеличивают процентное содержание в структуре посевных площадей озимых культур и многолетних трав. Чистый пар должен быть заменен занятым.

Дифференцированное использование пашни в системе разных видов севооборотов на основе противоэрозионной организации территории позволяет повысить ее продуктивность на 10...15%. [11]

При уклоне более 5° пашню можно применять ограниченно, выращивая озимую пшеницу, озимую рожь, ячмень, овес, клевер, эспарцет, злаковые многолетние травы, суданскую траву. [21]

На крутых склонах предпочтительнее провести залужение, что позволяет создать растительный покров, максимально препятствующий смыву почвы. При этом выбирают травы с мощной корневой системой.

На землях с проявлениями водной эрозии должны быть предусмотрены агротехнические и мелиоративные мероприятия по восстановлению смытых почв, повышению их плодородия. Препятствует увеличению площадей эродированных почв лесомелиорация.

Крупномасштабный эксперимент по противоэрозионной организации территории и контурно-мелиоративному земледелию проводится в Курской области с 1982 года. В качестве противоэрозионных средств и приемов использовали гидротехнические сооружения, напашные валы-террасы, лесные полосы с канавой, контурную обработку. Достигнуты положительные результаты. Получен большой объем научной информации. [17]

В СХА «Дружба» Кантемировского района Воронежской области создана противоэрозионная агросреда, сформированы системы земледелия в соответствии с экологическими требованиями. [23] Лесоаграрный полосный ландшафт с глубоко дифференцированным использованием земель улучшил на полях энергетику, микроклимат, усилил компенсационные и регуляторные механизмы, повысил устойчивость к вредным факторам земледелия.

Экономическая эффективность новой системы земледелия проявляется в том, что урожайность сельскохозяйственных культур в СХА «Дружба» на 30..40% выше, чем в других предприятиях с такими же почвами. Поэтому этот положительный опыт заслуживает распространения.

Стоит задача более эффективного использования агресурсного потенциала сельского хозяйства России, региона и каждого конкретного хозяйства, оптимизации организации аграрных территорий, в том числе пахотных земель, на разных уровнях, создания устойчивого к неблагоприятным природным и антропогенным факторам агроландшафта.

Формируемые технологии выращивания сельскохозяйственных культур должны быть гибкими. Следует избегать шаблонов, учитывать действие многих факторов и все сложившиеся к моменту принятия решений условия и обстоятельства. [20]

Практика показала, что агротехнические, луго- и лесомелиоративные мероприятия с простейшими гидротехническими сооружениями способны снизить потери почвы до допустимого уровня. Достичь результат можно, применяя различные наборы мероприятий. [21]

Экологическое неблагополучие сельскохозяйственных территорий во многом связано с применением токсических веществ, в частности, пестицидов. Сельскохозяйственные ядохимикаты могут негативно влиять на человека, животных, птиц, полезных насекомых, почвенные микроорганизмы.

Закрепление остаточных количеств пестицидов в почве определяет долговременность их негативных экологических эффектов. [3]

А.А. Жученко отмечал, что возможности преимущественно химико-техногенной системы интенсификации растениеводства к настоящему времени еще не исчерпаны. В этой важнейшей сфере обеспечения жизненных потребностей человека имеются глубокие противоречия, которые все острее проявляются и быстро нарастают, угрожая самому существованию человеческой цивилизации. Эти утверждения, написанные в конце прошлого века, не потеряли актуальность и в настоящее время. [16]

Использование в течение длительного периода одних и тех же или однотипных препаратов для защиты растений, а также сортов и гибридов сельскохозяйственных культур позволяет вредным организмам (сорняки, вредители, патогены) сформировать новые устойчивые к пестицидам биотипы и снизить эффективность защитных мероприятий.

При неправильном применении химического метода остатки пестицидов накапливаются в растениях и снижают качество продукции.

Решению проблемы негативного влияния пестицидов способствуют ландшафтный подход, экологическое устройство агроэкосистем. По мнению М.И. Лопырева, конструктивные особенности агроландшафтов могут помочь становлению земледелия без пестицидов. [23]

Предложенная А.А. Жученко адаптивная интенсификация растениеводства, способствующая сохранению экологического равновесия биосферы, ориентирована на более полное вовлечение в про-

дукционный и средообразующий процессы агроэкосистем неисчерпаемых и воспроизводимых ресурсов природной среды на основе всесторонней биологизации и экологизации интенсификационных процессов и ухода от истощительной химико-техногенной интенсификации. Автор указывает на необходимость дифференцированного использования неравномерно распределенных во времени и пространстве лимитирующих величину и качество урожая природных факторов (климат, почва, рельеф), а также техногенных, трудовых, материальных, экономических и других ресурсов.

Под действием различных факторов почва способна приобретать токсические свойства. Источником могут быть пестициды, минеральные и органические удобрения, другие агрохимикаты, перенос токсических веществ при движении воздушных масс, осадками, с поверхностным стоком и внутрипочвенным передвижением влаги, а также химические и биологические процессы, протекающие в почве, в результате которых образуются опасные химические соединения.

Неправильно построенная система удобрений может вызывать накопление нитратов в почве и растениях. В ходе химических превращений образуются еще более токсические вещества – нитриты. Снизить их вредное действие можно, если применять безопасные дозы азотных удобрений, использовать азотные удобрения только в сбалансированном соотношении с другими элементами питания (фосфор и калий), вносить удобрения, содержащие микроэлементы, прежде всего, молибден, контролировать содержание нитратов и нитритов в почве и продукции. [33]

С применением различного рода ксенобиотиков и по ряду других причин в почве, а затем и в выращиваемых растениях, накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные вещества. Ухудшать экологическое состояние почв могут допущенные ошибки при использовании мелиорантов и других агрохимикатов. [2, 32, 34, 35, 37]

На полях токсичность почвы способна меняться под действием севооборота, обработки, удобрений и средств защиты растений. Исследования, проведенные нами в Курской области на черноземе типичном тяжелосуглинистом, показали, что токсичность почвы под озимой пшеницей, идущей по сидеральному пару, была ниже, чем в вариантах, где предшественниками были черный и занятый пар. Внесение органических и минеральных удобрений способствовало росту активности микроорганизмов в обрабатываемом слое и снижению токсичности почвы. [14]

Обеспечение качества продукции и безопасности продуктов питания – большая проблема, требующая отдельного рассмотрения, но она тоже связана с вопросами химизации земледелия. [28]

Защита растений должна стать более природоохранной, экологически обоснованной. [8] Недопустима стратегия сплошной химизации и достижения высоких урожаев любой ценой. Во всех случаях, когда для решения фитосанитарных задач можно отказаться от пестицидов или снизить их количество, заменяя другими нехимическими мерами, это должно быть сделано.

Один из главных путей сокращения применения и снижения отрицательного влияния сельскохозяйственных ядохимикатов на природную среду – биологизация земледелия. Факторы биологизации – севооборот, выращивание промежуточных культур и многолетних трав (бобовые, способные к симбиотической азотфиксации), использование органических удобрений (навоз, компост, сидерат, солома). Биологизация земледелия позволяет решать многие проблемы, в том числе и фитосанитарные. [7, 12, 13, 31]

В борьбе с сорными растениями эффективный и фактически неиспользуемый резерв улучшения фитосанитарного состояния посевов – фитоценоотические меры, базирующиеся на теоретическом фундаменте агрофитоценологии. [7, 22, 25] В научной литературе приведены примеры успешного применения фитоценоотического метода подавления сорняков. [1, 4, 10]

Борьба с вредными организмами на полях будет эффективнее, если различные фитосанитарные меры применять комплексно, приоритет следует отдавать экологически более безопасным способам. [5, 9, 18, 27]

Снижение хаотичности, непродуманных решений в земледельческой практике позволит избежать накопления экологических проблем. Верный путь – это ведение растениеводства в соответствии с разработанными экологически безопасными системами земледелия и технологиями возделывания культур, строгое следование разработанным рекомендациям, общий подъем культуры земледелия.

Относительно новое направление в фитосанитарии – генно-модифицированные растения. Площади под такими растениями в мире увеличиваются. Но отношение к этому методу, в том числе и в научной среде, неоднозначное. Уже известно о некоторых негативных эффектах при его применении. В связи с этим в ряде стран, чтобы предотвратить генетическое загрязнение, избежать отрицательных последствий или снизить их, были разработаны ограничивающие или запретные меры.

Защита окружающей среды от загрязнений, соблюдение экологических требований, в частности, в аграрной сфере, нахождение баланса между экономикой и экологией позволит вести экологически безопасное растениеводство, создать устойчивые экономически эффективные экологизированные агрокомплексы, производящие в необходимых объемах качественную и безопасную для человека продукцию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Басакин М.П. Агротехнические и фитоценоотические методы борьбы с горчаком ползучим на каштановых почвах Волго-Донского междуречья // Вестник Прикаспия. 2018. № 1 (20). С. 18–22.
2. Берсенева М.А. Содержание некоторых тяжёлых металлов в зерне пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2018. № 2. С. 266–272.
3. Быковская Т.К., Ковалёва Н.С., Парамонова Т.А. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и состояние почв России // Аграрная наука. 1999. № 7. С. 25–26.
4. Дворянкин Е.А., Боронтов О.К. Способы подавления овсяга в зернопаропропашном севообороте // Сахарная свёкла. 2021. С. 27–29.
5. Долгополова Н.В. Рост и развитие яровой пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 9. С. 60–67.
6. Долгополова Н.В. Эффективность действия микроэлемента молибдена на продуктивность озимой пшеницы в структуре севооборота // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 48–52.
7. Долгополова Н.В., Балабанов С.С., Тимонов В.Ю. Влияние приёмов биологизации на почвенные условия возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2009. № 3 (16). С. 35–39.
8. Долгополова Н.В., Трутаева Н.Н. Экологическое обособление защитных мероприятий в агроландшафтах // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2018. С. 141–144.
9. Дорожко Г.Р., Целовальников В.К., Шутко А.П. Система интегрированной защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности, вредителей и болезней // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 52. С. 67–72.
10. Дудкин И.В. Фитоценоотические меры борьбы с засорённостью посевов / Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия / Сб. докл. науч.-практ. конф. Курского отд. МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2013. С. 62–69.
11. Дудкин В.М., Акименко А.С. Основные принципы экологизации земледелия // Земледелие. 1989. № 11. С. 32–35.
12. Дудкин В.М., Дудкин И.В., Ланина Н.В. Контроль засорённости полей в условиях биологизации земледелия // Достижения науки и техники АПК. 1997. № 4. С. 22–24.
13. Дудкин И.В., Дудкина Т.А. Действие факторов биологизации земледелия на засорённость посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 3. С. 41–43.
14. Дудкина Т.А., Дудкин И.В. Роль севооборота и удобрений в формировании биологических свойств почвы // Земледелие. 2006. № 2. С. 12–13.
15. Ершов Е.Ю. Органическое вещество биосферы и почвы. Новосибирск: Наука, 2004. 104 с.
16. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства // Доклады РАСХН. 1999. № 2. С. 5–11.
17. Здоровцов И.П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР // Вестник Курской ГСХА. 2012. № 7. С. 53–54.
18. Игнатова Г.А. Стратегия защиты агроэкосистем от вредных видов растений, насекомых и микроорганизмов // Биотехнологические приёмы производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Мат. Всерос. (национальной) науч.-практ. конф. (Курск, 8 февраля 2021 г.). Курск, Изд-во КГСХА, 2021. С. 298–303.
19. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 334 с.

20. Каштанов А.Н., Гуреев И.И., Дудкин И.В. и др. Концепция формирования гибких агротехнологий в ландшафтном земледелии. Курск, 1998. 44 с.
21. Каштанов А.Н., Дудкин В.М., Дудкин И.В. и др. Система управления плодородием почв в Центрально-Чернозёмной зоне. Курск, Изд-во КГСХА, 1996. 136 с.
22. Коротких Е.В. Агрофитоценология: Учеб. пособие. Воронеж, 2016. 88 с.
23. Лопырев М.И. Об экологизации земледелия на основе ландшафтного потенциала // Земледелие. 2002. № 5. С. 10–13.
24. Мельников А.А. Проблемы окружающей среды и стратегия её сохранения: учеб. Пособие для вузов. М.: Академический проект Гаудеамус, 2009. 720 с.
25. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Концепция растительного сообщества: история и современное состояние // Журнал общей биологии. 2015. Т. 76. № 1. С. 63–76.
26. Прущик А.В., Сухановский Ю.П. Влияние растительного покрова на защиту почв от дождевой эрозии // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия / Сборник докладов Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева» Курск, 2018. С. 371–373.
27. Санин С.С. Защита растений и устойчивое земледелие в XXI столетии // Защита и карантин растений. 2020. № 4. С. 9–16.
28. Сергеев В.Р., Бухонова Ю.В. На пути к органическому земледелию // Защита и карантин растений. 2007. № 7. С. 22–23.
29. Танасиенко А.А., Путилин А.Ф., Артамонова В.С. Экологические аспекты эрозионных процессов: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН, Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН; Науч. ред. И.М. Гаджиев. Новосибирск, 1999. 89 с. (Сер. Экология. Вып. 55).
30. Черкасов Г.Н., Здоровцов И.П., Дудкин И.В. и др. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. 188 с.
31. Чалабянц С.А., Картамышев Н.И., Карых Т.А., Бойченко В.Л. Внесение органических удобрений при бесплужной обработке почв // Достижения науки и техники АПК. 1990. № 5. С. 20–22.
32. Щелкова Ю.А. Исследование влияния тяжёлых металлов на рост растений и микрофлору почв // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25. № 11 (127). С. 75–78.
33. Экология Центрального Черноземья: Учебное пособие. 2-е изд. / Д.В. Муха, А.И. Стифеев, В.П. Герасименко и др. Курск: Изд-во КГСХА, 2002. 191 с.
34. Hanguan Shi, Peng Wang, Jiatong Zheng et al. A comprehensive framework for identifying contributing factors of soil trace metal pollution using Geodetector and spatial bivariate analysis // Science of The Total Environment. Volume 857, Part 3. 20 January 2023, 159636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159636.
35. Jin Wu, Jiao Li, Yanguo Teng et al. A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks // Journal of Hazardous Materials. Vol. 388. 15 April 2020. 121766. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121766.
36. Joy Rajbanshi, Sharmistha Das, Roni Paul. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis // Science of The Total Environment. Vol. 864. 15 March 2023. 161015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161015.
37. Yunfeng Xie, Tong-bin Chen, Mei Lei et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis // Chemosphere. Vol. 82. Issue 3. January 2011. P. 468–476. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.09.053.

REFERENCES

- Basakin M.P. Agrotekhnicheskie i fitocenoticheskie metody bor'by s gorchakom polzuchim na kashtanovyh pochvah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Vestnik Prikaspiya. 2018. № 1 (20). S. 18–22.
- Berseneva M.A. Soderzhanie nekotoryh tyazhyolyh metallov v zerne pshenicy // Vestnik KrasGAU. 2018. № 2. S. 266–272.
- Bykovskaya T.K., Kovalyova N.S., Paramonova T.A. Ekologicheskie problemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva i sostoyanie pochv Rossii // Agrarnaya nauka. 1999. № 7. S. 25–26.
- Dvoryankin E.A., Borontov O.K. Sposoby podavleniya ovsyuga v zernoparopropashnom sevooborote // Saharnaya svyokla. 2021. S. 27–29.
- Dolgopolova N.V. Rost i razvitie yarovoj pshenicy v zavisimosti ot ekspozitsii sklona v usloviyah Kurskoj oblasti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 9. S. 60–67.
- Dolgopolova N.V. Effektivnost' dejstviya mikroelementa molibdena na produktivnost' ozimoj pshenicy v strukture sevooborota // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 1. S. 48–52.
- Dolgopolova N.V., Balabanov S.S., Timonov V.Yu. Vliyaniye priyomov biologizatsii na pochvennye usloviya vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2009. № 3(16). S. 35–39.
- Dolgopolova N.V., Trutaeva N.N. Ekologicheskoe obosnovaniye zashchitnykh meropriyatij v agrolandshaftah // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya / Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Kurskogo otdeleniya MОО "Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva". Kursk, 2018. S. 141–144.
- Dorozhko G.R., Celoval'nikov V.K., Shutko A.P. Sistema integrirovannoj zashchity sel'skohozyajstvennykh kul'tur ot sornoj rastitel'nosti, vreditelej i boleznej // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 52. S. 67–72.
- Dudkin I.V. Fitocenoticheskie mery bor'by s zasoryonost'yu posevov / Agroekologicheskie problemy pochvovedeniya i zemledeliya / Sb. dokl. nauch.-prakt. konf. Kurskogo otd. MОО "Obshchestvo pochvovedov imeni V.V. Dokuchaeva". Kursk, 2013. S. 62–69.
- Dudkin V.M., Akimenko A.S. Osnovnyye principy ekologizatsii zemledeliya // Zemledelie. 1989. № 11. S. 32–35.
- Dudkin V.M., Dudkin I.V., Lanina N.V. Kontrol' zasoryonnosti polej v usloviyah biologizatsii zemledeliya // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 1997. № 4. S. 22–24.
- Dudkin I.V., Dudkina T.A. Dejstvie faktorov biologizatsii zemledeliya na zasorennost' posevov ozimoj pshenicy // Zemledelie. 2014. № 3. S. 41–43.
- Dudkina T.A., Dudkin I.V. Rol' sevooborota i udobrenij v formirovaniy biologicheskikh svojstv pochvy // Zemledelie. 2006. № 2. S. 12–13.
- Ershov E.Yu. Organicheskoe veshchestvo biosfery i pochvy. Novosibirsk: Nauka, 2004. 104 s.

16. Zhuchenko A.A. Strategiya adaptivnoj intensivkacii rastenievodstva // Doklady RASKHN. 1999. № 2. S. 5–11.
17. Zdorovcov I.P. Vliyanie pochvovodoohrannogo zemledeliya na erozionno-gidrologicheskie processy i produktivnost' agrolandshaftov v CCHR // Vestnik Kurskoj GSKHA. 2012. № 7. S. 53–54.
18. Ignatova G.A. Strategiya zashchity agroekosistem ot vrednyh vidov rastenij, nasekomyh i mikroorganizmov // Biotehnologicheskie priyomy proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii / Mat. Vseros. (nacional'noj) nauch.-prakt. konf. (Kursk, 8 fevralya 2021 g.). Kursk, Izd-vo KGSKHA, 2021. S. 298–303.
19. Karpachevskij L.O. Ekologicheskoe pochvovedenie. M.: GEOS, 2005. 334 s.
20. Kashtanov A.N., Gureev I.I., Dudkin I.V. i dr. Konceptiya formirovaniya gibkih agrotekhnologij v landshaftnom zemledelii. Kursk, 1998. 44 s.
21. Kashtanov A.N., Dudkin V.M., Dudkin I.V. i dr. Sistema upravleniya plodorodiem pochv v Central'no-CHernozyomnoj zone. Kursk, Izd-vo KGSKHA, 1996. 136 s.
22. Korotkih E.V. Agrofytocenologiya: Ucheb. posobie. Voronezh, 2016. 88 s.
23. Lopyrev M.I. Ob ekologizacii zemledeliya na osnove landshaftnogo potenciala // Zemledelie. 2002. № 5. S. 10–13.
24. Mel'nikov A.A. Problemy okruzhayushchej sredy i strategiya eyo sohraneniya: ucheb. Posobie dlya vuzov. M.: Akademicheskij proekt Gaudeamus, 2009. 720 s.
25. Mirkin B.M., Naumova L.G. Konceptiya rastitel'nogo soobshchestva: istoriya i sovremennoe sostoyanie // Zhurnal obshchej biologii. 2015. T. 76. № 1. S. 63–76.
26. Prushchik A.V., Suhanovskij Yu.P. Vliyanie rastitel'nogo pokrova na zashchitu pochv ot dozhdevoj erozii // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya / Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Kurskogo otdeleniya MOO "Obshchestvo pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva" Kursk, 2018. S. 371–373.
27. Sanin S.S. Zashchita rastenij i ustojchivoe zemledelie v XXI stoletii // Zashchita i karantin rastenij. 2020. № 4. S. 9–16.
28. Sergeev V.R., Buhonova Yu.V. Na puti k organicheskomu zemledeliyu // Zashchita i karantin rastenij. 2007. № 7. S. 22–23.
29. Tanasienko A.A., Putilin A.F., Artamonova V.S. Ekologicheskie aspekty erozionnyh processov: Analit. obzor / GPNTB SO RAN, In-t pochvovedeniya i agrohimii SO RAN; Nauch. red. I.M. Gadzhiev. Novosibirsk, 1999. 89 s. (Ser. Ekologiya. Vyp. 55).
30. Cherkasov G.N., Zdorovcov I.P., Dudkin I.V. i dr. Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoj sistemy zemledeliya Kurskoj oblasti. Kursk: FGBNU VNIIZiZPE FANO Rossii, 2017. 188 s.
31. Chalabyanc S.A., Kartamyshev N.I., Karyh T.A., Bojchenko V.L. Vnesenie organicheskikh udobrenij pri bespluzhnoj obrabotke pochv // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 1990. № 5. S. 20–22.
32. Shchelkova Yu.A. Issledovanie vliyaniya tyazhyolyh metallov na rost rastenij i mikrofloru pochv // Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii. 2011. T. 25. № 11 (127). S. 75–78.
33. Ekologiya Central'nogo Chernozem'ya: Uchebnoe posobie. 2-e izd./ D.V. Muha, A.I. Stifeev, V.P. Gerasimenko i dr. Kursk: Izd-vo KGSKHA, 2002. 191 s.
34. Hangyuan Shi, Peng Wang, Jiatong Zheng et al. A comprehensive framework for identifying contributing factors of soil trace metal pollution using Geodetector and spatial bivariate analysis // Science of The Total Environment. Volume 857, Part 3. 20 January 2023, 159636. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.159636.
35. Jin Wu, Jiao Li, Yanguo Teng et al. A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks // Journal of Hazardous Materials. Vol. 388. 15 April 2020. 121766. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.121766.
36. Joy Rajbanshi, Sharmistha Das, Roni Paul. Quantification of the effects of conservation practices on surface runoff and soil erosion in croplands and their trade-off: A meta-analysis // Science of The Total Environment. Vol. 864. 15 March 2023. 161015. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.161015.
37. Yunfeng Xie, Tong-bin Chen, Mei Lei et al. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis // Chemosphere. Vol. 82. Issue 3. January 2011. P. 468–476. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.09.053.

Поступила в редакцию 12.04.2023

Принята к публикации 26.04.2023

ОБЪЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МАЛОЧИСЛЕННЫХ ПОРОД СКОТА*

Михаил Елисеевич Гонтов, кандидат сельскохозяйственных наук
Дмитрий Николаевич Кольцов, кандидат сельскохозяйственных наук
Валентина Ивановна Дмитриева, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия
E-mail: gontov@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований по сохранению генетических особенностей сычевской породы крупного рогатого скота в условиях голштинизации с использованием маркерных генов групп крови. Исследования проводили с 1977 по 2021 год в племенных заводах Смоленской области. Установлена возможность сохранения методом иммуногенетического мониторинга ценных наследственных особенностей, выдающихся по молочной продуктивности, коров из маточных семейств сычевской породы, что позволяет сохранять гены сычевского скота в поколениях, тем самым поддерживать наследственную изменчивость и повышать молочную продуктивность животных. Под иммуногенетическим контролем желательные гены рекордистки сычевской породы коровы Добрыня 5141, родившейся в 1963 году, маркированные EAB-аллелем A'B', сохранены на протяжении шести поколений и получают распространение в генотипах женских потомков стада племзавода «Рыбковское». Генетическая предрасположенность коров к высокой молочной продуктивности также остается. Предлагаем использовать в селекции апробированный на животных сычевской породы способ сохранения генов для сбережения генофонда других малочисленных или исчезающих пород скота.

Ключевые слова: сычевская порода, семейство, генетический маркер, мониторинг, изменчивость

AN OBJECTIVE WAY TO PRESERVE THE GENES OF DOMESTIC SMALL IN NUMBER CATTLE BREEDS

M.E. Gontov, *PhD in Agricultural Sciences*
D.N. Koltsov, *PhD in Agricultural Sciences*
V.I. Dmitrieva, *PhD in Agricultural Sciences*
FSBSI "Federal Research Center for Bast Fiber Crops", Tver, Russia
E-mail: gontov@yandex.ru

Abstract. The results on the preservation of the genetic characteristics of the breed of Sychevka of cattle under conditions admixture of Holstein blood using marker genes of blood groups are presented. The studies were conducted from 1977 to 2021 in pedigree farms of the Smolensk region. The possibility of preserving by the method of immunogenetic monitoring of valuable hereditary traits of cows outstanding in milk productivity, from the families of the breed of Sychevka cattle, which allows preserving their genes in generations, thereby maintaining hereditary variability and increasing the dairy productivity of animals, has been established. Under immunogenetic control, the desirable genes of the Dobrynya 5141 cow, born in 1963 of the breed of Sychevka, marked with the A'B' EAB-allele, have been preserved for 6 generations and are distributed in the genotypes of female offspring of the herd pedigree farm Rybkovskoe. The genetic predisposition of cows to high milk productivity is also preserved. It is proposed to use a method tested on animals of the breed of Sychevka in breeding to preserve the gene pool of other small or endangered breeds cattle.

Keywords: breed of Sychevka, family, genetic marker, monitoring, variability

История создания сычевской породы крупного рогатого скота начинается в 1870 году, когда в хозяйства Сычевского района Смоленской области, разводившие в то время холмогорский, тирольский, голландский скот, стали завозить быков-производителей симментальской породы. Имея преимущества по сравнению с другими породами по молочной и мясной продуктивности, приспособленности к местным условиям кормления и содержания, симментальский скот хорошо распространяется. Благодаря селекционной работе возрастает молочная продуктивность животных. В 1939 году удой отдельных коров превышает 6000 кг молока за лактацию,

что свидетельствует о генетическом потенциале молочной продуктивности. Животные также обладают высокими мясными качествами. Живая масса быков-производителей достигает 1300 кг. По фенотипическим показателям выведенная селекционерами группа животных была выделена в отдельную породу и в 1940 году подготовлена к апробации, но из-за войны 1941–1945 годов утверждена только в 1950. [6]

Несмотря на высокую приспособленность животных к разным условиям обитания, при переходе на интенсивные технологии промышленного содержания возникла необходимость улучшить их

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS – 2019-0012) / The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of the State Task of the Federal Scientific Center for Bast Crops (No. FGSS – 2019-0012).

качества. Требовалось получить животных с приспособленной к машинному доению формой вымени, повысить скорость молокоотдачи и молочную продуктивность. С 1983 года проводится плановое скрещивание с *голитинской* породой красно-пестрой масти. [4] В результате проведенной работы в 2008 году утвержден тип Вазузский *сычевской* породы, удовлетворяющий поставленным задачам, отличимость которого от исходного стада подтверждают генетические маркеры. [1]

Большинство хозяйств России переходит на разведение *голитинской* породы молочного направления продуктивности, требовательной к условиям кормления и содержания, сокращается доля пород местного значения, что может привести к их полному исчезновению. В Смоленской области также сокращается общее поголовье молочных коров, в том числе и *сычевской* породы, которая отнесена к разряду редких. В племенных хозяйствах области насчитывается 2350 племенных коров. Генетическое разнообразие среди крупного рогатого скота позволяет селекционерам быстро реагировать на меняющийся спрос человеческого общества на продукты животноводства. Поэтому сохранение генов отечественных пород в поколениях имеет актуальное значение не только для сохранения генетической изменчивости, обусловленной степенью разнообразия полиморфных генов и выявляемой иммуногенетическими исследованиями, но и для совершенствования их продуктивных качеств. [7] Родословные животных не всегда отражают генофонд, который при прилитии крови улучшающей породы может быть частично или полностью утерян. Например, животные отдельных, существующих в настоящее время линий *сычевского* скота, утратили генетическое сходство с родоначальниками, что подтверждается исследованием групп крови. [2] Актуально находить способы сохранения ценных наследственных особенностей, характерных для отечественного скота с использованием иммуногенетического мониторинга. [3]

Цель работы — сохранение в поколениях ценных наследственных особенностей животных *сычевской* породы для поддержания генетического разнообразия и потенциала молочной продуктивности с использованием иммуногенетических маркеров. Решали задачи: воспроизводства и идентификации реагентов для определения групп крови крупного рогатого скота; идентификации животных по группам крови с определением генотипов; выделения в ведущих семействах выдающихся животных и изучения их генетических особенностей с помощью маркерных генов ЕАВ-локуса групп крови; иммуногенетического мониторинга передачи ценных генов в поколениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на базе лаборатории Федерального научного центра лубяных культур (обособленное подразделение Смоленский НИИСХ), в племенных хозяйствах *сычевской* породы крупного рогатого скота «Дугино», «Рыбковское» и «Смоленское» Смоленской области с 1977 по 2021 год. Для получения реагентов по определению групп крови,

идентификации животных и установления их генотипов следовали методическим рекомендациям. [5] Животные были взяты с подтвержденными генетической экспертизой записями о происхождении. В качестве генетических маркеров наследственных особенностей животных использовали аллели ЕАВ-локуса групп крови. Молочную продуктивность коров учитывали с помощью базы данных хозяйств, качественные показатели молока определяли в лаборатории ОП Смоленский НИИСХ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В племенном заводе «Дугино» Смоленской области идентифицировали животных маточных семейств *сычевской* породы крупного рогатого скота с помощью маркерных аллелей групп крови. Наибольшее влияние на совершенствование породы оказало семейство препотентной рекордистки коровы Добрыня 5141, родившейся в 1963 году, от которой за 305 дней четвертой лактации получили 9489 кг молока с содержанием жира 4,28%. Генотип коровы в ЕАВ-локусе групп крови — $O_1 / A/V'$. Ценный генетический материал Добрыни 5141, маркированный аллелем A/V' , сохраняется и распространяется у ее потомков в основном через быков-производителей. От Добрыни были получены и использовались в случной сети шесть сыновей и три внука, из них восемь быков-производителей по качеству потомства получили племенные категории (табл. 1).

Для селекции наиболее высокий интерес представляют потомки коровы Добрыни, унаследовавшие ее хромосому, маркированную аллелем A/V' . Генетический материал Добрыни с этим маркером через сына — быка-производителя Дуная 5785 и внучку корову Блоху 7905 унаследовал бык-производитель Беляк 6687. Его использовали в племенном заводе «Рыбковское» Смоленской области и получили значительное количество потомков. Продуктивность матери Беляка 6687 коровы Блохи 7905 составляла 5933 кг молока с содержанием в нем жира — 3,83, белка — 3,27%. Потомство Добрыни отличалось высоким продуктивным долголетием. Отмеченные генетические особенности предков Беляка 6687 проявились у его потомков. От 44 дочерей в среднем за 8,2 лактации получено по 38718 кг молока при выходе молочного жира и белка по 2714 кг.

Животные с ЕАВ-аллелем A/V' характеризуются продолжительным сроком использования и высокой продуктивностью, поэтому отбор коров в стаде сопровождается сохранением этого аллеля в поколениях.

В племенном заводе «Рыбковское» выделено два новых семейства коров Кобра 2589 и Бедная 4489 с маркерными аллелями Добрыни 5141 (см. рисунок).

Таким образом, с использованием маркерных аллелей становится возможным объективно контролировать передачу, сохранять и распространять ценный генетический материал выдающихся животных отечественной *сычевской* породы у их потомков.

Аналогичные исследования по сохранению в семье коровы Фиалка 40 на протяжении семи

Потомки сычевской коровы Добрыня 5241 (ЕАВ–генотип O1/A/V, молочная продуктивность 4 – 9489 – 4,28)

Потомок	Аллель от отца	Аллель от матери	r_m	Категория	Удой дочерей, кг ± к стандарту породы
Сын					
Борец 5562	A ₁ 'B'	A ₁ 'B'	0,5	A ₂	80
Родник 5741	O ₁ Q'	A ₁ 'B'	0,6	A ₂	656
Дунай 5785	P ₁ E ₁ 'I'G''	A ₁ 'B'	0,7	A ₂	488
Дельфин 5608	Q'	O ₁	0,7	A ₂	349
Дивный 5909	Q'	O ₁	0,7	A ₃	190
Денек 6207	Q'	O ₁	0,6		
Дочь					
Держава 6312	I'Q'	O ₁	0,6		1048
Добрая 7449	Q'	A ₁ 'B'	0,4		3240
Брусничка 5618					1194
Внук					
Лимон 5758	P ₁ QA ₁ 'E ₁	O ₁		A ₂	487
Мираж 6014	A ₁ 'B'	A ₁ 'B'		A ₃ B ₃	
Микрон 6140	Q'	b		A ₂	
Внучка					
Блоха 7905	A ₁ 'B'		0,4		2777
Правнук					
Беляк 6687 от Блохи 7905	V ₂ G ₂ O ₁	A ₁ 'B'	0,5		

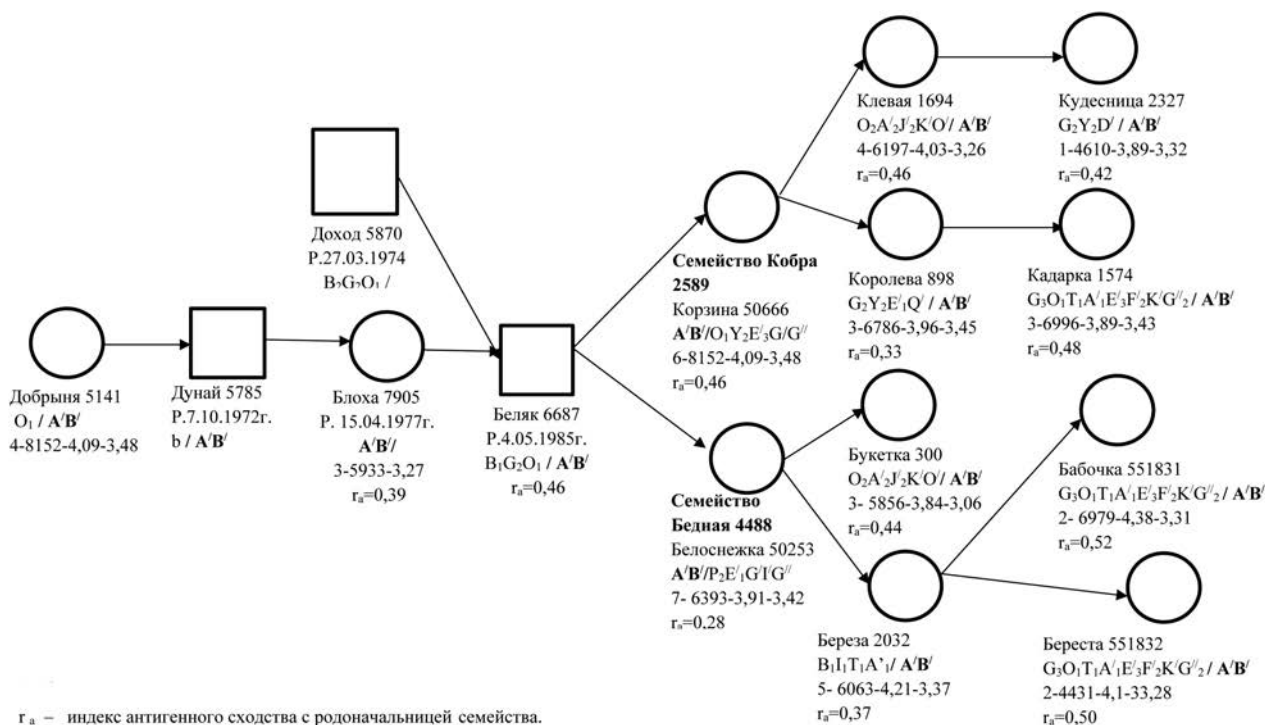
поколений ее генетического материала, маркированного ЕАВ–аллелем Y₁A₁'₁, провели в племзаводе «Смоленское». В семействе Фиалки 40 от коровы Форсунья 173 (7 – 12077 – 3,87 – 3,26) с генотипом V₁O₁ / Y₁A₁'₁ получен бык-производитель Финик 6797, унаследовавший маркер родоначальницы Y₂A₁'₁. Установлено преимущество в молочной продуктивности дочерей Финика, унаследовавших

его маркер Y₁A₁'₁, по сравнению с полусестрами, имеющими альтернативный маркер O₁I'Q'.

В племзаводе «Рыбковское» от быка Финик 6797 и коровы Лагуна 50357 с маркером семейства Добрыня 5141 (A₁'B') получены потомки с генотипом в ЕАВ-локусе Y₁A₁'₁ / A₁'B', которые унаследовали от Финика ЕАВ-аллель Y₁A₁'₁, специфичный для семейства Фиалки 40, и гены Добрыня 5141, маркированные ЕАВ-аллелем A₁'B'. В результате такого сочетания ценных генов из двух семейств в генотипах животных они проявили достаточно высокую, по сравнению с другими животными хозяйства, молочную продуктивность. Удой за 305 дней лучшей лактации составил в среднем 7045 кг молока с содержанием жира – 3,93, белка – 3,25%, что свидетельствует об аддитивном характере проявления влияющих на продуктивные признаки, желательных маркированных генов, унаследованных от родителей из разных семейств.

Выводы. В результате проведенных исследований с использованием иммуногенетического мониторинга установлена возможность выявлять ценный генетический материал животных локальной сычевской породы крупного рогатого скота и объективно контролировать его присутствие в генотипах потомков, что позволяет повышать генетический потенциал молочной продуктивности и сохранять наследственную изменчивость в популяции. Возможно применение данного способа для других малочисленных или исчезающих пород.

При разведении по семействам после оценки родоначальницы по молочной продуктивности потомков следует идентифицировать лучшую часть ее генотипа маркерными аллелями групп крови и учитывать при отборе, оставляя животных с желательными сочетаниями.



Сохранение в поколениях ценного генотипа сычевской коровы Добрыня 5141, идентифицированного ЕАВ-маркером A/V.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Авторское свидетельство № 49712 Крупный рогатый скот Вазузский // Бюллетень госкомиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. 16.11.2008. № 139.
2. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И., Русанова С.А. Иммуногенетический мониторинг линий сычевской породы крупного рогатого скота // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 60–65.
3. Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е., Багиров В.А. и др. Эффективность мониторинга групп крови на этапах селекции сычевской породы крупного рогатого скота в Смоленской области // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 44–46.
4. Программа селекционно-племенной работы с породами крупного рогатого скота в Смоленской области на 2003–2012 годы. Смоленск. 2003. 200 с.
5. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы. 1974. 40 с.
6. Фетисова Л.В. Создание и совершенствование сычевской породы крупного рогатого скота // Смоленск: Смоленское книжное издательство. 1959. 163 с.
7. Электронный ресурс <https://helpiks.org/1-117630.html?ysclid=lapdi0v0h7318783663> (дата обращения 28.12.2022)

REFERENCES

1. Avtorskoe svidetel'stvo № 49712 Krupnyj rogatyj skot Vazuzskij // Byulleten' goskomissii Rossijskoj Federacii po ispytaniyu i ohrane selekcionnyh dostizhenij. 16.11.2008. № 139.
2. Gontov M.E., Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I., Rusanova S.A. Immunogeneticheskij monitoring linij sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2022. № 6. S. 60–65.
3. Kol'cov D.N., Gontov M.E., Bagirov V.A. i dr. Effektivnost' monitoringa grupp krovi na etapah selekcii sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T. 29. № 9. S. 44–46.
4. Programma selekcionno-plemennoj raboty s porodami krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti na 2003–2012 gody. Smolensk. 2003. 200 s.
5. Sorokovoj P.F. Metodicheskie rekomendacii po issledovaniyu grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota. Dubrovicy. 1974. 40 s.
6. Fetisova L.V. Sozdanie i sovershenstvovanie sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota // Smolensk: Smolenskoe knizhnoe izdatel'stvo. 1959. 163 s.
7. Elektronnyj resurs <https://helpiks.org/1-117630.html?ysclid=lapdi0v0h7318783663> (data obrashcheniya 28.12.2022)

Поступила в редакцию 24.03.2023

Принята к публикации 07.04.2023

ПРОДУКТИВНОСТЬ, МЕТАБОЛИТЫ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА СЫВОРОТКИ КРОВИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕЧЕНИ ЦЫПЛЯТ–БРОЙЛЕРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЭМУЛЬГАТОРОВ*

Кристина Владимировна Рязанцева, младший научный сотрудник

Елена Анатольевна Сизова, доктор биологических наук

Ксения Сергеевна Нечитайло, научный сотрудник

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук,
г. Оренбург, Россия

E-mail: reger94@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния скормливания цыплятам-бройлерам веществ с эмульгирующими свойствами (соевый лецитин, кормовая добавка Лесимакс Премиум) на продуктивность, метаболиты липидного обмена сыворотки крови и химический состав печени. Эмульгаторы применяют в кормлении животных для лучшего эмульгирования жиров и увеличения абсорбции. Печень — центральный орган, контролирующий гомеостаз липидов посредством сложных, но точно регулируемых биохимических, сигнальных и клеточных путей. В работе показана лучшая результативность Лесимакс Премиум по сравнению с соевым лецитином. К концу эксперимента лидерство по живой массе цыплят-бройлеров по сравнению с контролем составила 7,9%. В эксперименте оба эмульгатора изменяли жирно-кислотный состав печени, при этом повышалась олеиновая кислота и снижалась линолевая, возрастали липопротеины высокой плотности и уменьшались липопротеины низкой плотности сыворотки крови. Использование эмульгаторов в рационах улучшает продуктивность бройлеров.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, эмульгаторы, печень, кровь, элементы

PRODUCTIVITY, METABOLITES OF BLOOD SERUM LIPID METABOLISM AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE BROILER CHICKEN LIVER ON THE BACKGROUND OF FEEDING EMULSIFIERS

K.V. Ryazantseva, Junior Researcher

E.A. Sizova, Grand PhD in Biological Sciences

K.S. Nechitaylo, Researcher

Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg, Russia

E-mail: reger94@bk.ru

Abstract. Emulsifiers are used in animal nutrition to improve fat emulsification and increase absorption. The liver is the central organ controlling lipid homeostasis. The aim of the research was identification the effect of feeding various types of substances with emulsifying properties: soy lecithin and Lesimaks Premium feed additive on productivity, metabolites of lipid metabolism in blood serum and the chemical composition of the liver of broiler chickens. Our studies show the effectiveness of “Lesimaks Premium” to a greater extent in comparison with soy lecithin. By the end of the experiment, the lead in live weight of broiler chickens compared to the control was 7.9%. In the experiment, both emulsifiers changed the fatty acid composition of the liver, while oleic acid increased and linoleic acid decreased in the liver, against the background of an increase in HDL and a decrease in serum LDL. The study highlights the promising potential for improving broiler performance through the use of emulsifiers in diets.

Keywords: broiler chickens, emulsifiers, liver, blood, elements

Высокая продуктивность сельскохозяйственной птицы зависит от калорийности рациона. Но высокоэнергетические корма отрицательно влияют на интенсивность работы печени, ее морфофункциональные особенности и могут провоцировать дистрофические изменения. [1] Птица обладает способностью запасать большое количество избыточной энергии в виде триглицеридов в печени и жировой ткани. Печень регулирует липидный обмен и секрецию желчи. [3]

Липиды относятся к основным компонентам липопротеидов. Липогенез происходит в печени птиц

и включает в себя ряд связанных ферментативных катализируемых реакций, в том числе гликолиз и синтез жирных кислот. Большая часть эндогенных липидов организма имеет печеночное происхождение, а развитие жировой ткани зависит от наличия триглицеридов плазмы, которые гидролизуются адипоцитами. Метаболизм жирных кислот в печени четко регулируется и чувствителен к корректировке питания. [4]

Жирные кислоты образуются в результате ферментативного расщепления липидов, но в водной среде желудочно-кишечного тракта птицы нерас-

* Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021–2023 г. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761–2019–0005)/ The research was carried out in accordance with the research plan for 2021–2023 of the Federal State Budgetary Research Center of the BST RAS (No. 0761-2019-0005).

творимые жирные кислоты плохо усваиваются. Этому процессу способствуют желчные кислоты, выступающие в роли природных эмульгаторов. В раннем возрасте выработка желчных кислот и липазы недостаточна для полного переваривания пищевых жиров, поскольку желудочно-кишечный тракт недостаточно зрелый. [2]

Существует необходимость в дополнительном введении эмульгатора для улучшения переваривания жира и получения хорошей конверсии высокоэнергетических комбикормов.

Цель работы – определить влияние кормовых добавок с эмульгирующими свойствами (соевый лецитин, Лесимакс Премиум) на продуктивность, метаболизм липидов и химический состав печени цыплят-бройлеров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводили с 2021 по 2022 год на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. Методом пар – аналогов из семисуточных цыплят-бройлеров кросса Arbor Acres сформировали три группы – контрольную и две опытных (n = 90). Кормление осуществляли рационом, сформированным согласно рекомендациям ВНИТИП (2019). В рацион цыплят-бройлеров I опытной группы добавляли 0,1% эмульгатора Лесимакс Премиум, II – совместно с комбикормом скармливали соевый лецитин в дозе 0,1%. Длительность эксперимента – 35 сут. (возраст – 7...42 сут.).

Концентрацию химических элементов (Cu, Cr, Fe, Zn, Se, Na, Mg, R, Ca) в печени определяли при помощи масс-спектрометрии Elan DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA). Биохимическое исследование крови проводили, используя автоматический биохимический анализатор CS-T240 Dirui Industrial Co. Ltd и коммерческие наборы для ветеринарии Диа-ВетТест. Жирно-кислотный состав печени (C_{16:0} – пальмитиновая, C_{16:1} – пальмитолеиновая, C_{18:0} – стеариновая, C_{18:1} – олеиновая, C_{18:2} – линолевая, C_{18:3} – линоленовая) анализировали на хроматографе Хроматэк-Кристалл 5000. Были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества опытных образцов. Исследования одобрены комиссией по биоэтике ФНЦ БСТ РАН, протокол № 1 от 23 марта 2021 года и выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов, протоколами Женевской конвенции и принципами надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009).

Для статистического анализа использовали программы Microsoft Excel и Statistica 10.0. Различия считали значимыми при p ≤ 0,05 (t-критерий Стьюдента).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На 21 сут. в I опытной группе наблюдали максимальный прирост на 5,3%, во II – снижение на 5%, относительно контроля. К концу экспериментального периода (42 сут.) тенденция лидерства по живой массе цыплят-бройлеров сохраняется у I опытной группы, разница с контролем – 7,9% (рис. 1).

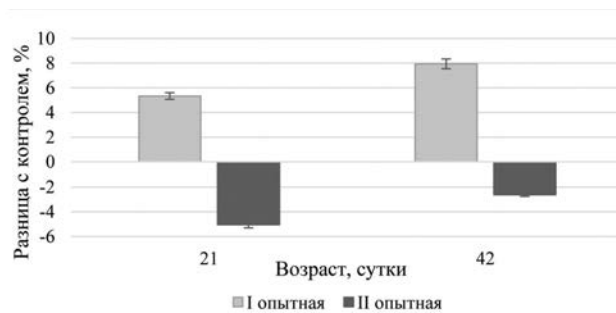


Рис. 1. Динамика живой массы цыплят опытных групп относительно контроля, %.

Соевый лецитин представляет собой смесь различных фосфолипидов, включая фосфатидилхолин, фосфатидилинозитол, фосфатидилэтаноламин и другие. Активные ингредиенты, содержащиеся в соевом лецитине, играют важную роль в поддержании целостности и функций клеточных мембран. При скармливании цыплятам-бройлерам рациона с включением кормовой добавки Лесимакс Премиум в I опытной группе наблюдали повышение массы печени на 9,4%, II – снижение на 11,7% (p ≤ 0,05), относительно контрольных значений (см. таблицу). Возможно, это связано с уменьшением общей массы тела цыплят-бройлеров по сравнению с контрольной. Есть данные и об отсутствии влияния эмульгатора в рационе цыплят-бройлеров на массу печени. [10]

Чрезмерное потребление высококалорийного рациона в сочетании с ограничением физической активности приводит к синдрому жировой дистрофии печени. [11] Возможно, высокая активность метаболизма липидов на фоне использования эмульгатора индуцирует пролиферативную активность гепатоцитов и замедляет рост массы органа. Печень не только основное место липогенеза у птиц, но и центр превращения холестерина в желчные соли, которые реабсорбируются в энтерогапатической системе. Кроме того, печень участвует в клиренсе остатков портомикрона. Жирные кислоты транспортируются в жировую и мышечную ткани через капилляры, а остатки портомикронов, которые в основном состоят из холестерина и белков, направляются в печень для опосредованного эндоцитоза. [9]

Метаболизируясь, лецитин высвобождает в кровь фосфатидилхолин, действующий как субстрат для превращения холестерина в эфир холестерина. Лецитин обладает хорошими гидрофильными, липофильными и эмульгирующими свойствами, способностью разбивать частицы холестерина, которые легко поглощаются тканями через стенки кровеносных сосудов, что снижает уровень липидов в крови. [6]

Биохимический анализ сыворотки крови цыплят-бройлеров I группы показал, что содержание

Масса печени цыплят-бройлеров в возрасте 42 суток, г

Группа	Контрольная	I	II
Масса печени, г	53,33±0,61	58,34±8,56	47,06±0,80*

Примечание. * p<0,05 при сравнении контрольной и опытных групп.

холестерина, липопротеинов высокой (ЛПВП) и низкой (ЛПНП) плотности находилось на уровне контрольных значений, триглицеридов (Тг) — снизилось на 13,9%. Во II группе концентрация холестерина была выше контрольных значений на 11,6%, ЛПНП — ниже на 6,8%. Возможно, подобный результат получен вследствие способности соевого лецитина стимулировать секрецию желчных кислот, увеличивая содержание жира в крови. [7]

Снижение концентрации холестерина и триглицеридов в сыворотке цыплят-бройлеров может быть связано с быстрым образованием хиломикрон из крови. [12] Также триглицериды могут гидролизываться липопротеинлипазой при активации аполипопротеином С-II, приводя к образованию двух свободных жирных кислот, которые затем абсорбируются. Гипотеза была подтверждена повышением уровня липопротеинлипазы при использовании эмульгатора в рационе бройлеров. [5]

Дальнейшие исследования механизма воздействия эмульгаторов на метаболиты крови должны устранить несоответствия, связанные с высоким уровнем холестерина на фоне скармливания эмульгаторов.

Биохимические показатели крови тесно связаны с липидным обменом. Жир, синтезируемый в печени, связывается с аполипопротеином или холестерином с образованием ЛПНП, которые транспортируются через кровь в другие ткани для хранения или использования. [3] ЛПВП и ЛПНП представляют собой два основных класса липопротеиновых частиц, которые синтезируются и секретируются печенью. В нашем исследовании значительные концентрации ЛПВП были у цыплят-бройлеров I группы с наибольшей массой тела, что позволяет предположить наличие эффективного переноса холестерина через кровь и транспорт его в печень. [8]

Печень первая получает и метаболизирует жирные кислоты после переваривания и всасывания липидов. [13] На состав жирных кислот тканей может влиять рацион кормления, а также особенности пищеварительной системы и биосинтетические процессы.

При оценке жирно-кислотного состава печени цыплят-бройлеров I и II опытных групп важно отметить повышение олеиновой кислоты на 11,9 и 15,1% ($p \leq 0,05$) относительно контроля и значительное снижение линолевой кислоты на 19 и 16,5%, по отношению к контрольным показателям соответственно (рис. 2).

Снижение во II группе пальмитиновой кислоты на 0,5%, стеариновой — 10, линолевой — 16,5, арахидоновой — 6,4% возможно связано с подавлением лецитином абсорбции свободных жирных кислот в тонкой кишке из-за увеличения размера мицелл солей желчных кислот, которые медленнее диффундировали. [14] Другая возможная причина заключается в том, что сохранение мицелл солей лецитина и желчных кислот на абсорбирующей клеточной поверхности может изменить распределение свободных жирных кислот. Их абсорбция снижается, если они предпочитают водную среду смешанных мицелл, а не липидную мембрану абсорбирующей клеточной поверхности. [12]

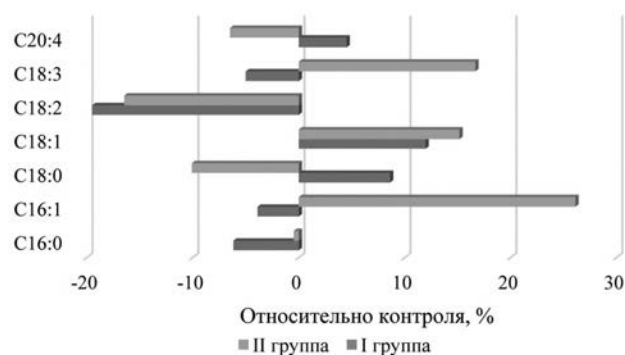


Рис. 2. Жирно-кислотный состав печени опытных цыплят-бройлеров в возрасте 42 сут., %.

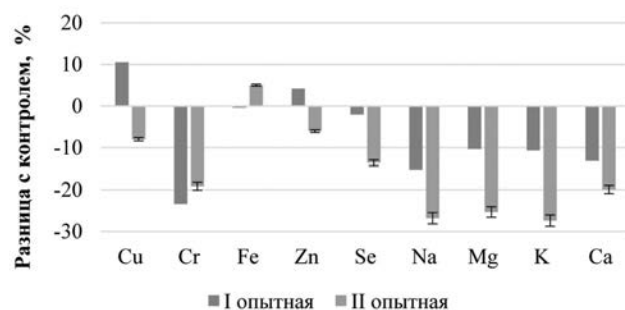


Рис. 3. Элементный состав печени цыплят-бройлеров в возрасте 42 сут.

Анализ содержания химических элементов в печени выявил, что при скармливании II опытной группе соевого лецитина в дозе 0,1%, содержание Na, Mg и K уменьшается в среднем на 26% ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольными значениями. В I группе повышается концентрация Cu и Zn на 10,5 и 4,1% относительно контроля соответственно (рис. 3).

Применение эмульгатора в кормлении может улучшать усвоение кальция и фосфора. [15] Эксперимент не выявил значительного влияния дополнительного эмульгатора на метаболизм микроэлементов.

Выводы. Таким образом, включение в рацион эмульгаторов эффективно увеличивает продуктивность и активизирует липидный обмен. Но необходимо предметно подходить к выбору эмульгатора. В наших исследованиях показана лучшая результативность Лесимакс Премиум. К концу эксперимента лидерство по живой массе цыплят-бройлеров составило 7,9% по сравнению с контролем. Оба эмульгатора изменяли жирно-кислотный состав печени — содержание олеиновой кислоты повышалось, линолевой снижалось на фоне возрастания ЛПВП и уменьшения ЛПНП сыворотки крови. Использование эмульгаторов в рационах улучшает продуктивность бройлеров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Егоров И.А., Андрианова Е.Н., Присяжная Л.М. Использование комбикормов с люпином, обогащенных ферментами, для цыплят-бройлеров // В материалах X Украинской конференции по птицеводству с международным участием. Алушта, 2009. С. 53–56.
- Сизова Е.А., Рязанцева К.В. Жиры и эмульгаторы в кормлении цыплят-бройлеров (обзор) // Сельскохо-

зййственнйя бйологйя. 2022. Т. 57. № 4. С. 664–680. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2022.4.664rus.

3. Alves-Bezerra M., Cohen D.E. Triglyceride metabolism in the liver // *Comprehensive Physiology*. 2017. Vol. 8. No. 1. PP. 1–8. DOI:10.1002/cphy.c170012.
4. Gu T., Duan M., Liu J. et al. Effects of Tributyrin Supplementation on Liver Fat Deposition, Lipid Levels and Lipid Metabolism-Related Gene Expression in Broiler Chickens // *Genes*. 2022. Vol. 13. No. 12. PP. 2219. DOI: 10.3390/genes13122219.
5. Lai W., Huang W., Dong B. et al. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens // *Poultry Science*. 2018. Vol. 97. No. 1. PP. 196–202. DOI: 10.3382/ps/pex288.
6. Li X.J., Ma Y.Y., Wang H.X. et al. Regulatory Effect of Soybean Lecithin on Serum Lipids in Rats // *Chin. J. microecology*. 2015. Vol. 27. No. 8. PP. 878–880. DOI: 10.13381/j.cnki.cjm.201508003.
7. Liu X., Yoon S.B., Kim I.H. Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles, Excreta Microbial Counts, Meat Quality and Organ Weight on Broilers Fed with Deoiled Lecithin Emulsifier // *Animals*. 2020. Vol. 10. No. 3. PP. 478. DOI: 10.3390/ani10030478.
8. Manthei K.A., Yang S.M., Baljinnnyam B. et al. Molecular basis for activation of lecithin: cholesterol acyltransferase by a compound that increases HDL cholesterol // *Elife*. 2018. Vol. 7. DOI: 10.7554/eLife.41604.
9. Oketch E.O., Lee J.W., Yu M. et al. Physiological responses of broiler chickens fed reduced-energy diets supplemented with emulsifiers // *Animal bioscience*. 2022. Vol. 35. No. 12. PP. 1929–1939. DOI: 10.5713/ab.22.0142.
10. Pantaya D., Widayanti A., Jadmiko P., Utami M.M.D. Effect of bile acid supplementation in broiler feed on performance, carcass, cholesterol, triglycerides and blood glucose // *Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 411. PP. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/411/1/012041.
11. Qureshi I.A., Khan S.A., Chaudhry Z.I. et al. Effects of high dietary fat on serum cholesterol and fatty liver syndrome in broilers // *Pakistan Veterinary Journal*. 2004. Vol. 24. No. 3. PP. 153–154.
12. Roy A., Haldar S., Mondal S., Ghosh T.K. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens // *Veterinary medicine international*. 2010. DOI: 10.4061/2010/262604.
13. Van L.H., Nguyen D.V., Vu N.Q. et al. Fatty acid profiles of muscle, liver, heart and kidney of Australian prime lambs fed different polyunsaturated fatty acids enriched pellets in a feedlot system // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. No. 1. PP. 1238. DOI: 10.1038/s41598-018-37956-y.
14. Woods V.B., Fearon A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review // *Livestock Science*. 2009. Vol. 126. PP. 1–20. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.07.002.
15. Zaefarian F., Abdollahi M.R., Cowieson A., Ravindran V. Avian liver: the forgotten organ // *Animals*. 2019. Vol. 9. No. 2. PP. 63. DOI: 10.3390/ani9020063.

REFERENCES

1. Egorov I.A., Andrianova E.N., Prisyazhnaya L.M. Ispol'zovanie kombikormov s lyupinom, obogashchenykh fermentami, dlya cyplyat-brojlerov // *V materialah*

X Ukrainskoj konferencii po pticevodstvu s mezhdunarodnym uchastiem. Alushta, 2009. S. 53–56.

2. Sizova E.A., Ryazanceva K.V. Zhiry i emul'gatory v kormlenii cyplyat-brojlerov (obzor) // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2022. Т. 57. № 4. С. 664–680. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2022.4.664rus.
3. Alves-Bezerra M., Cohen D.E. Triglyceride metabolism in the liver // *Comprehensive Physiology*. 2017. Vol. 8. No. 1. PP. 1–8. DOI: 10.1002/cphy.c170012.
4. Gu T., Duan M., Liu J. et al. Effects of Tributyrin Supplementation on Liver Fat Deposition, Lipid Levels and Lipid Metabolism-Related Gene Expression in Broiler Chickens // *Genes*. 2022. Vol. 13. No. 12. PP. 2219. DOI: 10.3390/genes13122219.
5. Lai W., Huang W., Dong B. et al. Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens // *Poultry Science*. 2018. Vol. 97. No. 1. PP. 196–202. DOI: 10.3382/ps/pex288.
6. Li X.J., Ma Y.Y., Wang H.X. et al. Regulatory Effect of Soybean Lecithin on Serum Lipids in Rats // *Chin. J. microecology*. 2015. Vol. 27. No. 8. PP. 878–880. DOI: 10.13381/j.cnki.cjm.201508003.
7. Liu X., Yoon S.B., Kim I.H. Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles, Excreta Microbial Counts, Meat Quality and Organ Weight on Broilers Fed with Deoiled Lecithin Emulsifier // *Animals*. 2020. Vol. 10. No. 3. PP. 478. DOI: 10.3390/ani10030478.
8. Manthei K.A., Yang S.M., Baljinnnyam B. et al. Molecular basis for activation of lecithin: cholesterol acyltransferase by a compound that increases HDL cholesterol // *Elife*. 2018. Vol. 7. DOI: 10.7554/eLife.41604.
9. Oketch E.O., Lee J.W., Yu M. et al. Physiological responses of broiler chickens fed reduced-energy diets supplemented with emulsifiers // *Animal bioscience*. 2022. Vol. 35. No. 12. PP. 1929–1939. DOI: 10.5713/ab.22.0142.
10. Pantaya D., Widayanti A., Jadmiko P., Utami M.M.D. Effect of bile acid supplementation in broiler feed on performance, carcass, cholesterol, triglycerides and blood glucose // *Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 411. PP. 1–7. DOI: 10.1088/1755-1315/411/1/012041.
11. Qureshi I.A., Khan S.A., Chaudhry Z.I. et al. Effects of high dietary fat on serum cholesterol and fatty liver syndrome in broilers // *Pakistan Veterinary Journal*. 2004. Vol. 24. No. 3. PP. 153–154.
12. Roy A., Haldar S., Mondal S., Ghosh T.K. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens // *Veterinary medicine international*. 2010. DOI: 10.4061/2010/262604.
13. Van L.H., Nguyen D.V., Vu N.Q. et al. Fatty acid profiles of muscle, liver, heart and kidney of Australian prime lambs fed different polyunsaturated fatty acids enriched pellets in a feedlot system // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. No. 1. PP. 1238. DOI: 10.1038/s41598-018-37956-y.
14. Woods V.B., Fearon A.M. Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review // *Livestock Science*. 2009. Vol. 126. PP. 1–20. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.07.002.
15. Zaefarian F., Abdollahi M.R., Cowieson A., Ravindran V. Avian liver: the forgotten organ // *Animals*. 2019. Vol. 9. No. 2. PP. 63. DOI: 10.3390/ani9020063.

Поступила в редакцию 29.03.2023

Принята к публикации 12.04.2023

АНАЛИЗ АЛЛЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ В ГЕНАХ, АССОЦИИРУЕМЫХ С МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ У РАЙОНИРОВАННЫХ ПОРОД МЕЛКОГО РОГАТОГО СКОТА

Алимсолтан Ахмедович Оздемиров, кандидат биологических наук

Рабият Алибулатовна Акаева, научный сотрудник

Етар Магомедовна Алиева, научный сотрудник

Зухра Магомедовна Гусейнова, научный сотрудник

Мадина Адильхановна Даветеева, научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр» Республики Дагестан, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: alim72@mail.ru

Аннотация. Изучен полиморфизм аллельных вариантов генов, ассоциированных с высокими показателями мясной продуктивности, для подбора родительских пар при селекции. Генотипирование (CAST, GH, GDF9) овцеголовья дагестанской горной породы провели с использованием полимеразно-цепной реакции на термоциклере «Терцик». Результаты ПЦР с пробами баранов-производителей свидетельствуют, что полиморфизм гена GH представлен аллелем А с высокой (0,87) и аллелем В низкой (0,13) частотой встречаемости. Полиморфизм гена GDF9 представлен аллелем GDF9^G с высокой (0,82) и аллелем GDF9^A низкой (0,18) частотой встречаемости. Распределение гомозиготного GH^{AA} и гетерозиготного GH^{AB} генотипов доходит до 84 и 16% соответственно. При этом гомозиготный генотип GH^{BB}* в исследованной выборке отсутствовал. Получены новые знания по биоразнообразию и формам ассоциаций полиморфизма генов кальпастанин, соматотропин, дифференциальный фактор роста. Установлены породоспецифические, популяционные особенности аллельного спектра генов CAST, GH, GDF9 у овец породы дагестанская горная.

Ключевые слова: дагестанская горная порода овец, полиморфизм генов GH, CAST, GDF9, генетическая изменчивость, селекционно значимые генетические маркеры

ANALYSIS OF ALLELIC VARIANTS IN GENES ASSOCIATED WITH MEAT PRODUCTIVITY IN REGIONALIZED SMALL CATTLE BREEDS

A.A. Ozdemirov, PhD in Biological Sciences

R.A. Akaeva, Researcher

E.M. Alieva, Researcher

Z.M. Guseinova, Researcher

M.A. Daveteeva, Researcher

Federal Agricultural Research Center of the Republic of Dagestan, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: alim72@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was to study the polymorphism of allelic variants of genes associated with high meat productivity for further selection of parental pairs using genetic methods. Genotyping of the Dagestan mountain sheep breeds (broodstock and rams) was carried out using a polymerase chain reaction. Genotyping was carried out for the following genes: CAST, GH, GDF9 on a Tertsik thermal cyclers. Analysis of the results of PCR carried out with samples of sires of the Dagestan rock breed indicates that the GH gene polymorphism is represented by the A allele, with a high (0.87) and allele B, with a low (0.13) frequency of occurrence. The GDF9 gene polymorphism is represented by the GDF9^G allele with a high (0.82) and the GDF9^A allele with a low (0.18) frequency of occurrence. The distribution of homozygous genotype GH^{AA} and heterozygous GH^{AB} reached 84% and 16%, respectively. At the same time, the homozygous GH^{BB}* genotype was absent in the studied sample. As a result of the research, new knowledge was obtained on biodiversity and forms of associations of polymorphism of the genes calpastatin, somatotropin, differential growth factor; breed-specific, population-specific features of the allelic spectrum of the CAST, GH, GDF9 genes in sheep of the Dagestan mountain sheep breed were established.

Keywords: Dagestan sheep breed, GH, CAST, GDF9 gene polymorphism, genetic variability, selectively significant genetic markers

Главная отрасль животноводства Дагестана – овцеводство, ее развитию благоприятствует наличие в республике обширных кормовых угодий.

Для многих народов самого южного субъекта Российской Федерации овцеводство – основной источник дохода. Удельный вес овец к общему поголовью скота (2021 год) – 47, в хозяйствах горных районов – 60%. [2, 5, 6]

Актуальные задачи – охрана имеющегося генофонда отечественных пород, совершенствование их племенных и продуктивных качеств. [1, 3, 4, 7, 8]

В результате многолетней селекционной работы (скрещивание овец грубошерстных пород с тонкорунными *вюртенбергскими* баранами), в хозяйствах Гунибского района была выведена тонкорунная порода – *дагестанская горная*. Она хорошо приспособлена к горно-отгонному пастбищному содержанию. Для совершенствования продуктивных и племенных качеств животных *дагестанской горной* породы проводят генетические исследования, скрещивая овцематок с производителями отечественных пород. [6]

Таблица 1.

Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 у маточного поголовья дагестанской горной породы

№ п/п	CAST кальпастин			GH соматотропин			GDF9 дифференциальный фактор роста			Количество генетических маркеров, имеющих селекционную значимость
	MM	MN	NN	AA	AB	BB	AA	AG	GG	
1	MM			AA			AA			Два аллеля одного гена
2	MM			AA					GG	
3	MM				AB			AG		Два аллеля двух генов
4		MN			AB				GG	Два аллеля двух генов
5	MM			AA					GG	
6	MM			AA			AA			Два аллеля одного гена
7	MM			AA					GG	
8	MM			AA					GG	
9	MM			AA					GG	
10	MM			AA					GG	
11	MM			AA					GG	
12		MN			AB			AG		Три аллеля трех генов
13	MM			AA					GG	
14	MM			AA					GG	
15	MM				AB			AG		Два аллеля двух генов
16	MM				AB				GG	Один аллель одного гена
Генотип	14	2	0	11	5	0	2	3	11	

Цель работы – генотипирование (CAST, GH, GDF9) овцепоголовья породы *дагестанская горная*, изучение полиморфизма аллельных вариантов генов, ассоциированных с высокими показателями мясной продуктивности, для подбора родительских пар.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В СХК «Агрофирма Согратль» (Гунибский район горной зоны) были сформированы подопытные группы овец (n = 16) и баранов (n = 19) *дагестанской горной* породы. Из образцов крови животных выделили ДНК для скрининга селекционно значимых аллелей генов. В качестве потенциальных маркеров мясной продуктивности и роста рассматривали CAST, GH и GDF9.

Генотипирование овцепоголовья проводили с использованием полимеразно-цепной реакции на термоциклере «Терцик».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что полиморфизм по всем изучаемым генам (CAST, GH, GDF9) был отмечен у двух особей. Генетические маркеры, имеющие селекционную значимость, присутствовали у семи животных в исследованной выборке (табл. 1).

В результате проведенного анализа по генотипированию изучаемого поголовья овец *дагестанской горной* породы выяснили, что полиморфизм исследованных генов, контролирующих рост и развитие, представлен двумя аллелями каждого из них: кальпастин (CAST) – CAST^M и CAST^N; соматотропин (GH) – GH^A и GH^B, а также дифференциальный фактор роста (GDF9) – GDF9^A и GDF9^G, с разной частотой встречаемости (табл. 2).

У гена GDF9 выявлена низкая частота встречаемости аллеля А (0,22) и высокая – G (0,78). Дан-

ная закономерность – основа наличия высокой частоты встречаемости (69%) гомозиготного генотипа GDF9^{GG} и низкой (12%) менее значимого гомозиготного GDF9^{AA}. Гетерозиготный генотип GDF9^{AG} встречался с частотой 19,0%.

Результаты исследований по изучению полиморфизма баранов *дагестанской горной* породы приведены в таблице 3.

Результаты ПЦР с пробами баранов-производителей *дагестанской горной* породы свидетельствуют, что полиморфизм гена GH представлен аллелями А с высокой (0,87) и В низкой (0,13) частотой встречаемости. Полиморфизм гена GDF9 представлен аллелями GDF9^G с высокой (0,82) и GDF9^A низкой (0,18) частотой встречаемости.

Распределение гомозиготного GH^{AA} и гетерозиготного GH^{AB} генотипов доходило до 84 и 16% соответственно. При этом гомозиготный GH^{BB*} в выборке отсутствовал (табл. 4).

Частота встречаемости аллелей, обуславливающих полиморфизм гена CAST: CAST^M – 1,0; CAST^N – 0. Гомозиготный генотип CAST^{MM} имел стопроцентное распределение. Соответственно, гомозиготный CAST^{NN}, а также гетерозиготный CAST^{MN} в выборке отсутствовали.

Таблица 2.

Особенности в аллельном профиле генов CAST, GH, GDF9 баранов *дагестанской горной* породы

Показатель	CAST			GH			GDF9		
	генотип								
	MM (M)	MN	NN (N)	AA (A)	AB	BB* (B)	AA* (A)	AG	GG (G)
Частота встречаемости генотипа, %	87,5	12,5	0	68,8	31,2	0	12,5	18,7	68,8
Аллеля	0,94		0,06	0,84		0,16	0,22		0,78

Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 у баранов дагестанской горной породы

№ п/п	CAST кальпастанин			GH соматотропин			GDF9 дифференциальный фактор роста			Количество генетических маркеров, имеющих селекционную значимость
	MM	MN	NN	AA	AB	BB	AA	AG	GG	
1	MM			AA					GG	
2	MM			AA					GG	
3	MM				AB			AG		Два аллеля двух генов
4	MM				AB				GG	Один аллель одного гена
5	MM			AA					GG	
6	MM			AA					GG	
7	MM			AA					GG	
8	MM			AA					GG	
9	MM			AA					GG	
10	MM			AA					GG	
11	MM			AA					GG	
12	MM			AA					GG	
13	MM				AB		AA			Три аллеля двух генов
14	MM				AB			AG		Два аллеля двух генов
15	MM			AA					GG	
16	MM			AA			AA			Два аллеля одного гена
17	MM			AA					GG	
18	MM			AA					GG	
19	MM				AB			AG		Два аллеля двух генов
Генотип	19	0	0	16	3	0	2	3	14	

При изучении аллелей, обуславливающих полиморфизм гена GDF9, была установлена частота встречаемости GDF9^A – 0,18, GDF9^G – 0,82. Частота встречаемости гетерозиготного (GDF9^{AG}) и гомозиготных (GDF9^{GG} и GDF9^{AA}) генотипов – 15, 74 и 11% соответственно.

Выводы. В результате проведенных исследований получены новые знания по биоразнообразию и формам ассоциаций полиморфизма генов кальпастанин, соматотропин, дифференциальный фактор роста.

Анализ генотипирования овец дагестанской горной породы доказывает наличие полиморфизма в изучаемых генах, контролирующих рост и развитие, который представлен двумя аллелями каждого из них: кальпастанин (CAST) – CAST^M и CAST^N; соматотропин (GH) – GH^A и GH^B, дифференциальный фактор роста (GDF9) – GDF9^A и GDF9^G с разной частотой встречаемости.

Установлены породоспецифические, популяционные особенности аллельного спектра генов CAST, GH, GDF9.

Для объективной оценки генетической ситуации и накопления в стадах желательных генотипов, позволяющих улучшить качество мяса и шерсти, необходимо проведение более широкого мониторинга с вовлечением большего количества крупного и мелкого рогатого скота.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абылкасымов Д., Абрампальская О.В., Шмидт Ю.И., Чергеншвили С.В. Продолжительность продуктивного использования коров разной селекции // Зоотехник. 2019. № 3. С. 26–30.
2. Гаджиев З.К., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н., Евлагина Д.Д. Изучение и проведение ДНК-тестирования сельскохозяйственных животных по генам определяющим продуктивные качества // Методические рекомендации. Ставрополь ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», изд-во «Ставрополь-Сервис-Школа», 2022. 78 с.
3. Еремина М.А., Ездакова И.Ю. Неспецифическая резистентность и показатели продуктивности первотелок-дочерей быков разных генетико-иммунологических групп // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 1. С. 19–21.
4. Зиновьева Н.А., Костюнина О.В., Гладырь Е.А. и др. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных // Зоотехния. 2010. № 1. С. 8–10.
5. Оздемиров А.А., Чижова Л.Н., Хожоков А.А. и др. Гематологический профиль, генетическая изменчивость молочного скота кавказской бурой породы в разных эколого-географических зонах // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16. № 4. С. 146–151.
6. Хожоков А.А., Абакаров А.А., Магомедов Ш.М. Межпородное скрещивание и мясная продуктивность овец в горно-отгонном овцеводстве // Мат. Межд. конф.

Таблица 4. Особенности в аллельном профиле генов CAST, GH, GDF9 баранов дагестанской горной породы

Показатель	CAST			GH			GDF9		
	генотип								
	MM (M)	MN	NN (N)	AA (A)	AB	BB (B)	AA* (A)	AG	GG (G)
Частота встречаемости генотипа, %	100,0	0	0	84,0	16,0	0	11,0	15,0	74,0
Аллеля	1,0	–	0	0,87	–	0,13	0,18	–	0,82

Основные направления развития науки и образования в АПК. Махачкала, 2018. С. 278–281.

7. Volkova V.V., Abdelmanova A.S., Deniskova T.E. et al. Investigation of the genetic diversity of Dagestan mountain cattle using STR-markers // Diversity. 2022. Т. 14. № 7. С. 569.
8. Wang Z., Liu X., Yang B.Z., Gelernter J. The role and challenges of exome sequencing in studies of human diseases // Front. Genet. 2013. V. 4. P. 160.
1. Abylkasymov D., Abrampal'skaya O.V., Shmidt Yu.I., Chergenshvili S.V. Prodolzhitel'nost' produktivnogo ispol'zovaniya korov raznoj selekcii // Zootehnik. 2019. № 3. S. 26–30.
2. Gadzhiev Z.K., Surzhikova E.S., Mihajlenko T.N., Evlagina D.D. Izuchenie i provedenie DNK-testirovaniya sel'skohozyajstvennyh zivotnyh po genam opredelyayushchim produktivnye kachestva // Metodicheskie rekomendacii. Stavropol' FGBNU «Severo-Kavkazskij FNAC», izd-vo «Stavropol'-Servis-Shkola», 2022. 78 s.
3. Eremina M.A., Ezdakova I.Yu. Nespecificeskaya rezistentnost' i pokazateli produktivnosti pervotelok-docherj bykov raznyh genetiko-immunologicheskikh grupp // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 1. S. 19–21.
4. Zinov'eva N.A., Kostyunina O.V., Gladyr' E.A. i dr. Rol' DNK-markerov priznakov produktivnosti sel'skohozyajstvennyh zivotnyh // Zootekhniya. 2010. № 1. S. 8–10.
5. Ozdemirov A.A., Chizhova L.N., Hozhokov A.A. i dr. Gematologicheskij profil', geneticheskaya izmenchivost' molochnogo skota kavkazskoj buroj porody v raznyh ekologo-geograficheskikh zonah // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2021. Т. 16. № 4. S. 146–151.
6. Hozhokov A.A., Abakarov A.A., Magomedov Sh.M. Mezhpородное skreshchivanie i myasnaya produktivnost' ovec v gorno-otgonnom ovcevodstve // Mat. Mezhd. konf. Osnovnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya v APK. Mahachkala, 2018. S. 278–281.
7. Volkova V.V., Abdelmanova A.S., Deniskova T.E. et al. Investigation of the genetic diversity of Dagestan mountain cattle using STR-markers // Diversity. 2022. Т. 14. № 7. S. 569.
8. Wang Z., Liu X., Yang B.Z., Gelernter J. The role and challenges of exome sequencing in studies of human diseases // Front. Genet. 2013. V. 4. P. 160.

REFERENCES

Поступила в редакцию 28.03.2023

Принята к публикации 11.04.2023

ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА В СОБОЛЕВОДСТВЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Анна Георгиевна Черкашина, доктор сельскохозяйственных наук
 ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»,
 г. Якутск, Республика Саха, Россия
 E-mail: ecag@mail.ru

Аннотация. *Соблеводство — новая перспективная отрасль звероводства Якутии. С конца 2019 года в ООО «Зверохо-зяйство Покровское» и в МУП «Золотинка» из Иркутской области и Республики Татарстан завозят клеточных соболей. Природа и климат нашей республики существенно отличаются от регионов России, присутствуют и различия в кормо-вой базе звероводческих предприятий. Первоначальная цель — сохранение завозных племенных соболей для дальнейшего их воспроизводства. В статье проанализировано влияние адаптогена на сохранность клеточных соболей. В работе исполь-зовали янтарную кислоту (экологически безопасное биологически активное вещество) в дозе 40 мг/гол. один раз в день. В I и II опытах сохранность в опытных группах была выше на 5,56–40,0% по сравнению с контрольными. Стресс у со-болей, адаптирующихся к новым климатическим и кормовым условиям, провоцирует развитие лейкопении (контрольная группа). В крови зверей опытной группы содержание лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина было в пределах физиоло-гической нормы и отмечен рост лейкоцитов, что доказывает положительное влияние адаптогена. Результаты анализа крови свидетельствуют о продолжающемся процессе адаптации животных, а также повышении неспецифической рези-стентности подопытных соболей под влиянием янтарной кислоты.*

Ключевые слова: Республика Саха (Якутия), соболь, соблеводство, янтарная кислота, адаптоген, сохранность, кровь

SUCCINIC ACID IN SABLE BREEDING OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

A.G. Cherkashina, Grand PhD in Agricultural Sciences
 Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Sakha Republic, Russia
 E-mail: ecag@mail.ru.

Abstract. *Sable breeding is a new promising branch of animal husbandry in the Republic of Sakha (Yakutia). Since the end of 2019, caged sables have been imported to the Pokrovskoye Zverokhozyaystvo (eng: Pokrovsk Animal Farm) and MUE “Zolotinka” from the Irkutsk Oblast and the Republic of Tatarstan. The natural and climatic features of our republic differ significantly from other regions of Russia, and there are undoubtedly differences in the provision of animal nutrition to animal breeding enterprises. The initial goal is to increase the survival rate of imported breeding sables for their further reproduction. In the article, the author conducted research on the effect of adaptogen on the survival of cellular sables. An environmentally safe biologically active substance was used — succinic acid at a dose of 40 mg per 1 animal 1 time per day. In the I and II experiments, the safety in the experimental groups was higher by 5.56–40.0%. Evidence of ongoing stress in sables that are in the period of adaptation to new climatic and feeding conditions is leukopenia in the blood of animals of the control group. In the blood of animals of the experimental group, the content of leukocytes, erythrocytes and hemoglobin was within the physiological norm and the growth of leukocytes was noted, which indicates a positive effect of the adaptogen. The results of the blood test indicate the ongoing process of adaptation of sables, as well as an increase in the nonspecific resistance of experimental sables under the influence of succinic acid.*

Keywords: Republic of Sakha (Yakutia), sable, sable breeding, succinic acid, adaptogen, survivability, blood

Звероводство — экспортная отрасль животно-водства России. Якутия — поставщик промысловых шкурок, в основном соболиных. Низкие темпера-туры воздуха способствуют развитию у соболя наи-высших товарных качеств меха (легкость, мягкость, пышность, шелковистость). Это подтверждается ре-зультатами продаж промысловых соболей, добытых на территории нашей республики, на международных пушных аукционах.

Благодаря природно-климатическим условиям разведение клеточных соболей перспективно в Ре-спублике Саха (Якутия).

В Министерстве сельского хозяйства республи-ки проводится работа по охране природы, сохране-нию звероводства в регионе, увеличению поголовья и видового разнообразия животных.

В 2019 году в ООО «Зверохозяйство Покров-ское» Хангаласского и МУП «Золотинка» Нерюн-гринского районов завезли клеточных соболей из

Республики Татарстан, Иркутской и Тверской об-ластей.

Цель соблеводства Якутии — акклиматизация и приспособление зверей к новым кормовым ус-ловиям. Основной критерий успешной адаптации соболей в первые годы — их сохранность.

Исследования многих ученых свидетельствуют, что на иммунную систему животных и усвояемость ими питательных веществ положительно влияют биологически активные вещества. Их можно ис-пользовать для ускорения процесса адаптации и ре-ализации генетического потенциала соболей. [9]

Совершенствование технологии разведения и обеспечение полноценного кормления сельскохо-зяйственных животных для реализации их генетиче-ского потенциала — актуальные задачи зоотехниче-ской науки и практики. [2, 6, 11–15]

Изменения условий содержания и кормления животных не всегда соответствуют физиологическим

потребностям, сложившимся в процессе их разведения, что отрицательно отражается на продуктивности. [1, 7, 10]

Применение экологически безопасных биологически активных веществ для снижения стрессоустойчивости животных и активизации их адаптационных возможностей позволит успешно внедрить соболеводство в звероводство Якутии.

Цель работы – изучение влияния янтарной кислоты на сохранность соболей в условиях Республики Саха (Якутия).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в ООО «Зверохозяйство Покровское» Хангаласского района в 2020 году (I опыт) и МУП «Золотинка» Нерюнгринского района в 2021 году (II опыт). Научно-хозяйственные опыты выполняли в соответствии с методическими указаниями Н.А. Балакирева, В.К. Юдина (см. таблицу).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В хозяйствах по разведению соболей в Республике Саха (Якутия) для всего поголовья применяют одинаковый по составу кормов рацион. По нормам на одну порцию необходимо с марта по май – 9,0 г переваримого протеина, с июня по сентябрь – 8,5, остальные месяцы года – 8,0 г. [3, 4, 8]

На базе кормов, имеющихся в зверохозяйствах, мы разработали рационы. Животные в ООО «Зверохозяйство Покровское» получали куриный и свиной фарш, рыбу (бычок), творог, свиные головы, комбикорм. Доля бычка по протеину в рационе (41%) соответствует рекомендациям. В одной порции количество переваримого протеина составило 9,59 г, жира – 4,15, углеводов – 4,27 г.

Для обеспечения требуемого животным количества обменной энергии и переваримых питательных веществ в сутки необходимо 41,58 г куриного фарша, 29,58 г свиного, 93,66 г рыбы, 44,28 г творога, 40,67 г свиных голов, 29,61 г комбикорма.

Рекомендованный нами рацион для соболей МУП «Золотинка» включает субпродукты мягкие говяжьи (56,6 г), куриные (88,97 г), рыбу бычок (93,66 г), молоко (58,31 г), комбикорм свиной (30,94 г), овощи (15,89 г).

Известно, что соболям можно увеличивать долю рыбных кормов, не имеющих специфического действия, до 50% и более животного протеина, и это не отразится отрицательно на их племенных

качествах, шкурке и воспроизводительной способности. [4, 5, 11]

По результатам I опыта в ООО «Зверохозяйство Покровское» было установлено, что при скармливании с кормом янтарной кислоты сохранность соболей в опытной группе (83,33%) была на 5,56% выше, чем в контрольной (77,77%). Во II (МУП «Золотинка») сохранность соболей опытной группы (76,67%) была выше на 40,0%, чем контрольной (36,67%).

Анализ результатов гематологических исследований крови соболей в I опыте показал, что содержание лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина были наименьшими в контрольной группе. У животных, не получавших янтарную кислоту, отмечается лейкопения, которая свидетельствует о продолжающемся стрессе в связи с приспособлением к новым климатическим и кормовым условиям. В обеих опытных группах количество лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина соответствовало физиологической норме. [11]

Выводы. Сохранность соболей опытных групп, получавших с кормом янтарную кислоту (40 мг/гол.) один раз в сутки в течение месяца была выше на 5,56...40,0% контрольных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Балакирев Н.А. Кормление клеточных пушных зверей как фактор дестимикации // Кролиководство и звероводство. 2019. № 3. С. 4–7. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.3.001.
2. Балакирев Н.А., Перельдик Д.Н., Домский И.А. Содержание, кормление и болезни клеточных пушных зверей. СПб: Лань. 2013. 272 с. ISBN: 978-5-8114-1506-9.
3. Балакирев Н.А., Перельдик Д.Н. Кормление плотоядных пушных зверей. М.: КолосС, 2010. 191 с. ISBN: 978-5-9532-0791-1.
4. Балакирев Н.А., Шумилина Н.Н., Федорова О.И. и др. Соболеводство России: история, состояние и перспективы его развития // Ученые записки Казанской госуд. акад. ветеринар. медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 251. № 3. С. 20–27. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_3_251_20.
5. Балакирев Н.А., Юдин В.Н. Методические указания по применению научно-хозяйственных опытов. М.: РАСХН. 1994. 30 с. EDN: UIRGGR.
6. Бекенев В.А. Продуктивное долголетие животных, способы его прогнозирования и продления // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 4. Т. 54. С. 655–666. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.655rus.
7. Луговая И.С., Азарнова Т.О., Кочиш И.И. и др. Гистолого-биохимические аспекты сочетанного влияния некоторых естественных метаболитов на общую резистентность у яичных цыплят // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 2. Т. 54. С. 269–279. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.269rus.
8. Нормы кормления и нормативы затрат кормов для пушных зверей и кроликов: Справочное пособие / Н.А. Балакирев и др. Москва: РАСХН, 2007. 186 с. EDN: UDGMВH.
9. Протасов Б.И., Комиссаров И.М. Стратегия применения адаптогенов для стимуляции продуктивности у сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственная биология. 2012. Т. 47. № 6. С. 12–23. EDN: PIFXAD.

Схема исследований

Группа	Количество зверей, гол.	Адаптоген
I опыт		
I Контрольная	18	—
II Опытная	18	Янтарная кислота 40 мг/гол. Один раз в сутки в течение месяца
II опыт		
I Контрольная	30	—
II Опытная	30	Янтарная кислота 40 мг/гол. Один раз в сутки в течение месяца

10. Фомичев Ю.П., Боголюбова Н.В., Некрасов Р.В. и др. Физиолого-биохимические эффекты двух кормовых антиоксидантов при моделировании технологического стресса у свиней (SUS SCROFA DOMESTICUS ERXLEBEN, 1777) // Сельскохозяйственная биология. 2020. № 4. Т. 55. С. 750–769. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4.750rus.
11. Черкашина А.Г. Сохранность соболей при введении в рацион адаптогенов в условиях ООО «Зверохозяйство Покровское» Республики Саха (Якутия) // Ветеринария и кормление. 2022. № 4. С. 61–64. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-4-16.
12. Cheng Y., Quan W., Qu T. et al. Effects of Co-irradiation and superfine grinding wall disruption pretreatment on phenolic compounds in pine (Pinus yunnanensis) pollen and its antioxidant and α -glucosidase-inhibiting activities // Food Chemistry, 30 May, 2021. Vol. 345.
13. Ivanova A.V., Gerasimova E.L., Gazizullina E.R. An integrated approach to the investigation of antioxidant properties by potentiometry // Analytika Chimika Acta on ScienceDirect, 15 May, 2020. PP. 83–91.
14. Shazaib R.M., Yalçın S. Effects of supplemental pine needles powder (Pinus brutia) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets // Poultry Science. 2020. V. 99. PP. 479–486.
15. Welson N., Rofaeil R., Ahmed S. Vitamin E protects against gabapentin-induced chronic hepatic and renal damage associated with the inhibition of apoptosis and tissue injury in rats // Life sciences. 2021. V. 267. PP. 48–53.
6. Bekenev V.A. Produktivnoe dolgoletie zhivotnyh, sposobu ego prognozirovaniya i prodleniya // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. № 4. Т. 54. С. 655–666. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.4.655rus.
7. Lugovaya I.S., Azarnova T.O., Kochish I.I. i dr. Gistologo-biohimicheskie aspekty sochetannogo vliyaniya nekotoryh estestvennyh metabolitov na obshchuyu rezistentnost' u yaichnyh cyplyat // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. № 2. Т. 54. С. 269–279. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.2.269rus.
8. Normy kormleniya i normativy zatrat kormov dlya pushnyh zverez i krolikov: Spravochnoe posobie / N.A. Balakirev i dr. Moskva: RASKHN, 2007. 186 s. EDN: UDGMBH.
9. Protasov B.I., Komissarov I.M. Strategiya primeneniya adaptogenov dlya stimulyacii produktivnosti u sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2012. Т. 47. № 6. С. 12–23. EDN: PIFXAD.
10. Fomichev Yu.P., Bogolyubova N.V., Nekrasov R.V. i dr. Fiziologo-biohimicheskie efekty dvuh kormovyh antioksidantov pri modelirovanii tekhnologicheskogo stressa u svinej (SUS SCROFA DOMESTICUS ERXLEBEN, 1777) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020. № 4. Tom 55. С. 750–769. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.4.750rus.
11. Cherkashina A.G. Sohrannost' sobolej pri vvedenii v racion adaptogenov v usloviyah ООО «Zverohozyajstvo Pokrovskoe» Respubliki Saha (Yakutiya) // Veterinariya i kormlenie. 2022. № 4. С. 61–64. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-4-16.
12. Cheng Y., Quan W., Qu T. et al. Effects of Co-irradiation and superfine grinding wall disruption pretreatment on phenolic compounds in pine (Pinus yunnanensis) pollen and its antioxidant and α -glucosidase-inhibiting activities // Food Chemistry, 30 May, 2021. Vol. 345.
13. Ivanova A.V., Gerasimova E.L., Gazizullina E.R. An integrated approach to the investigation of antioxidant properties by potentiometry // Analytika Chimika Acta on ScienceDirect, 15 May, 2020. PP. 83–91.
14. Shazaib R.M., Yalçın S. Effects of supplemental pine needles powder (Pinus brutia) on growth performance, breast meat composition, and antioxidant status in broilers fed linseed oil-based diets // Poultry Science. 2020. V. 99. PP. 479–486.
15. Welson N., Rofaeil R., Ahmed S. Vitamin E protects against gabapentin-induced chronic hepatic and renal damage associated with the inhibition of apoptosis and tissue injury in rats // Life sciences. 2021. V. 267. PP. 48–53.

REFERENCES

1. Balakirev N.A. Kormlenie kletochnyh pushnyh zverez kak faktor domestikacii // Krolikovodstvo i zverovodstvo. 2019. № 3. С. 4–7. DOI: 10.24418/KIPZ.2019.3.001.
2. Balakirev N.A., Perel'dik D.N., Domskij I.A. Soderzhanie, kormlenie i bolezni kletochnyh pushnyh zverez. SPb: Lan'. 2013. 272 s. ISBN: 978-5-8114-1506-9.
3. Balakirev N.A., Perel'dik D.N. Kormlenie plotoyadnyh pushnyh zverez. M.: KolosS, 2010. 191 s. ISBN: 978-5-9532-0791-1.
4. Balakirev N.A., Shumilina N.N., Fedorova O.I. i dr. Sobolevodstvo Rossii: istoriya, sostoyanie i perspektivy ego razvitiya // Uchenye zapiski Kazanskoj gosud. akad. veterinar. mediciny im. N.E. Baumana. 2022. Т. 251. № 3. С. 20–27. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_3_251_20.
5. Balakirev N.A., Yudin V.N. Metodicheskie ukazaniya po primeneniyu nauchno-hozyajstvennyh opytov. M.: RASKHN. 1994. 30 s. EDN: UIRGGR.

*Поступила в редакцию 18.03.2023
Принята к публикации 01.04.2023*

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В РАБОТЕ С ХОЛМОГОРСКОЙ ПОРОДОЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ*

Валентин Петрович Прожерин, доктор сельскохозяйственных наук

Ия Витальевна Селькова, старший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск, Россия
E-mail: selkova2458@bk.ru

Аннотация. Мониторинг генетической структуры пород крупного рогатого скота позволяет получить информацию о частоте генотипов групп крови во времени. Для холмогорской породы провели исследование по десяти временным интервалам наблюдений в стадах племенных заводов Архангельской области ($n = 10983$). Отмечена динамика убыли и возрастания частоты отдельных аллелей. Потеря аллелей приводит к гомозиготной генетической структуре стада или всей популяции. Подобная ситуация сложилась в выборках коров первого и девятого поколений, генетические структуры которых резко отличаются. По результатам исследований установлено, что под влиянием селекционных процессов изменился количественный и качественный состав аллелофонда холмогорского скота Архангельской области. Степень гомозиготности (теоретическая) в поколениях женских особей имеет тенденцию к снижению с 10,5 (третье поколение) до 6,5% (девятое, десятое поколения), а количество эффективных аллелей к росту – с 9,4 до 15,4% соответственно. По генетической панели EAB-локуса маточное поголовье стад племенных заводов Архангельской области было гетерогенным. Наибольшее генетическое расстояние показывают чистопородные коровы холмогорской породы крупного рогатого скота первого-второго интервалов наблюдений с голштинизированными в девятом-десятом интервалах. Оценка генетической изменчивости у стад крупного рогатого скота племенных заводов по поколениям – инструмент успешной селекции. Необходимо создание новых и совершенствование существующих заводских линий с использованием генетических маркеров породной принадлежности. Это позволит нивелировать негативные последствия от родственного спаривания родительских пар, а также избежать нарастания уровня гомозиготности в подконтрольных стадах архангельской популяции холмогорской породы крупного рогатого скота.

Ключевые слова: холмогорская порода крупного рогатого скота, голштинизированные быки-производители, аллелофонд, аллели EAB-локуса групп крови, гомозиготность, генетическое сходство, генетическая дистанция

GENETIC ASPECTS IN WORKING WITH THE *KHOLMOGOR* CATTLE BREED IN THE ARKHANGELSK REGION

V.P. Prozherin, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

I.V. Selkova, *Senior Researcher*

FECIAR UrB RAS, Arkhangelsk, Russia

E-mail: selkova2458@bk.ru

Abstract. Monitoring of the genetic structure of cattle breeds allows conducting studies that provide information about the cross-section in the timeline by the frequencies of genotypes of blood groups. In particular, the study was carried out on 10 time intervals of observations in herds for the Kholmogorsky breed of breeding plants of the Arkhangelsk region ($n = 10983$). The dynamics is shown by the decrease and increase in the frequencies of individual alleles. The genetic structure of the herd becomes more homozygous, as the loss of alleles goes on. A similar situation has developed in the samples of cows of the first and ninth generations, their genetic structures are sharply different. According to the results of the research, it was found that the quantitative and qualitative composition of the allelofund of the Kholmogorsky cattle of the Arkhangelsk region has changed under the influence of breeding processes. It was found that the degree of homozygosity (theoretical) tends to decrease from 10.5% (3rd generation) to 6.5% (9th, 10th generation) in the context of the analyzed generations of females, and the number of effective alleles, respectively, increases from 9.4% to 15.4%. At the same time, it was revealed that the breeding stock of the herds of breeding plants of the Arkhangelsk region was heterogeneous according to the genetic panel of the EAV locus. The greatest genetic distance is shown by purebred cows of the Kholmogorsky breed of cattle of the 1-2 observation intervals with Holstein in the 9-10 intervals. Breeding work and assessment of genetic variability is a tool for successful breeding in cattle herds of breeding plants by generations. The event to create new and improve existing factory lines using genetic markers of breed affiliation is promising. This will reduce the negative consequences of related mating of parent pairs, as well as avoid an increase in the level of homozygosity in the controlled herds of the Arkhangelsk population of the Kholmogorsky cattle breed.

Keywords: Kholmogory breed of cattle, Holsteinized sires, allele pool, alleles of the EAB locus of blood groups, homozygosity, genetic similarity, genetic distance

* Работа выполнена в рамках НИОКТР FUUW – N2022-0059 «Формирование системы совершенствования и рационального использования отечественных генетических ресурсов пород молочного скота»/ The work was carried out within the framework of the FUUW – N2022-0059 R&D center “Formation of a system for improving and rational use of domestic genetic resources of dairy cattle breeds”.

Таблица 1.

Перечень образцов биологического материала

Поколение	Период наблюдений, год		Количество образцов	Порода при регистрации
	начало	окончание		
1G	1965	1974	368	Холмогорская, архангельская популяция
2G	1975	1980	1090	
3G	1981	1985	1526	
4G	1986	1990	1271	
5G	1991	1995	1996	
6G	1996	2000	513	
7G	2001	2005	214	
8G	2006	2010	918	
9G	2011	2015	2101	
10G	2016	2020	986	
Итого			10 983	

Холмогорская порода крупного рогатого скота была выведена в XVII веке в Двинском уезде на севере Русского государства. С 1765 по 1898 год в Архангелогородскую (Архангельская) губернию из Голландии и Голштинии было ввезено 137 голов, в том числе 62 быка. В Холмогорском и Архангельском уездах численность поголовья крупного рогатого скота в этот период составляет 19...23 тыс. гол., из них коров – 52,3...72,3%. В 1936–1937 годах в некоторых хозяйствах по разведению холмогорского скота применяли вводное скрещивание с использованием быков голландской черно-пестрой и остффризской пород для повышения молочности и улучшения экстерьера, но у помесных коров заметно снизилось содержание жира в молоке, поэтому дальнейшее межпородное скрещивание было прекращено. С 1980 года начали использовать быков голштинской породы на холмогорском маточном поголовье.

Фактор, определяющий увеличение производства продуктов животноводства, – грамотное ведение селекционно-племенной работы со стадом. Племенная работа все больше выходит на уровень генетического анализа селекционных процессов. Без знания генотипа животного нельзя в полной мере судить о его индивидуальности, наследственности и изменчивости. [3, 5, 6]

В мониторинге селекционных параметров представляют интерес иммуногенетические и молекулярно-генетические характеристики. В случае достаточной специфичности сывороток и их частоты, а также при применении перекрестных проверок по панелям антигенов иммуногенетический метод пригоден для определения генетической структуры породы, внутривидовых групп и используется в России. [4]

Генофондная структура каждой породы отличается от других популяций и даже каждое стадо в пределах одной породы может значительно различаться. У сельскохозяйственных животных выявлено десять типов генетических систем. Они позволяют получать информацию о разных аллельных вариантах и экспериментально устанавливать, какие варианты отдельных генов и генных ансамблей имеют преимущественное распространение у групп организмов, несущих желательный комплекс признаков в конкретных средовых условиях. Внедрение генетических маркеров в качестве дополнительных критериев при отборе сельскохозяйственных животных может ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность. [11]

Архангельская популяция представляет научный интерес как часть отечественной холмогорской породы. [10] Актуально в теоретическом и практическом отношении исследовать полиморфизм генов, как маркеров молочной продуктивности. Преимущество генетических маркеров – неизменность в онтогенезе, независимость от условий внешней среды, кодоминантный тип наследования и четкий генетический контроль. Использование генетических маркеров молочной продуктивности в практической селекции крупного рогатого скота позволит более достоверно оценить генетический потенциал пород, популяций и отдельных особей, контроли-

ровать селекционные процессы и корректировать их направленность. [7]

Цель работы – изучение генотипа EAB-локуса групп крови у коров в племенных заводах Архангельской области по поколениям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информативная база для проведения математических расчетов – данные по аллелофонду локуса EAB, полученные в лаборатории иммуногенетической экспертизы ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН. Объект исследований – коровы холмогорской породы (N = 10983), принадлежащие племенным заводам Архангельской области. Банк данных по локусу EAB группы крови сформирован нами по поколениям – условным пятилетним периодам рождения подконтрольных животных (табл. 1).

На протяжении всего этапа исследований влияние факторов на номенклатуру и состав аллелей различалось. Постановку реакции гемолиза и семейный анализ проводили по методике П.Ф. Сорокового. [12] Уровень гетерозиготности и гомозиготности, а также предполагаемую частоту аллелей рассчитывали исходя из принципа равновесия генотипов в панмиксной популяции Харди-Вайнберга [14]:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \tag{1}$$

тогда как изучаемый ген имеет два аллельных состояния A и a. В момент времени (или в поколение) n, частота аллеля A = p_n, a = q_n.

Для оценки уровня генетической изменчивости применен метод расчета гетерозиготности H [8]:

$$H = \frac{1}{n} \sum_j^n h_i, \tag{2}$$

где h_i – количество гетерозигот на объем выборки, объединенное по всем исследованным аллелям.

Для анализа филогенетических расхождений внутривидовых структур применили показатели генетического сходства j и I [13]:

$$j_x = \sum x_i^2, j_y = \sum y_i^2, D = -\ln I, I = \frac{J_{XY}}{\sqrt{J_X J_Y}} \quad (3)$$

Рассчитали генетическое расстояние (D) по формуле М. Нея (1975) [9]:

$$D_X(m) = 1 - J_X, D_Y(m) = 1 - J_Y, D_{XY}(m) = 1 - J_{XY}, \quad (4)$$

$$D_m = D_{XY}(m) - \frac{D_X(m) + D_Y(m)}{2}. \quad (5)$$

Отношение степени кровного родства (рассчитанный уровень гомозиготности) – мера степени редукции предков, вычисляется с помощью коэффициента инбридинга. Коэффициент отношения гомозиготности C_a рассчитывается при допущении, что все пути ведут к общему предку двух рассматриваемых родословных и могут не проходить через другого общего предка, тогда достаточно включения в данный путь одного общего предка:

$$r_{AB} = \sum_p 2^{-L(p)}, \quad (6)$$

где $L_{(p)}$ – длина пути p . Таким образом, предполагая, что две особи имеют одного из 32 предков $n = 5$ поколений назад, но не имеют никаких общих предков в четырех или меньшего числа поколений назад, их коэффициент отношения r :

$$r_m = 2^n \cdot 2^{-2n} = 2^5 \cdot 2^{-10} = \frac{1}{32} = 0,0313 = 3\%. \quad (7),$$

Степень теоретической гомозиготности $H_e = 1 - C_a$, C_a – коэффициент гомозиготности:

$$C_a = \sum p_i^2, \quad (8)$$

где p_i^2 – квадратичное частот аллелей локуса. A – количество эффективных аллелей [6]:

$$A_e = \frac{1}{C_a}. \quad (9)$$

Данные статистически обрабатывали при помощи ПО Excel 2003 (Microsoft, США) и Calc (LibreOffice 5.3.2.2, США) в ОС Windows 7.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Благодаря использованию лучшего мирового генофонда *голлитинской* породы повысилась продуктивность коров за лактацию в массивах помесного скота. Однако уровень кровности (по *голлитинской* породе) достиг предела, превышение которого приводит к снижению проявления лучших качеств животных отечественных пород, в том числе и *холмогорской*. Их дальнейшее чистопородное разведение следует проводить с обязательной

оценкой сложившейся генетической изменчивости по показателям суммарного поголовья ведущих племенных заводов.

Частотные генетические характеристики и срезы применяют в определенных временных отрезках, либо периодах смены поколений животных для мониторинга и статистической оценки генетической структуры породы, что позволяет создавать линии животных для разведения с минимальными значениями инбридинга, максимально используя потенциал реализации генотипа в производственной среде по выбранным селекционным признакам молочной продуктивности. Реализация генетического мониторинга экономически эффективна с применением данных об инбридинге и генетической структуре стад при выборе пар для спаривания.

В процессе формирования генетической структуры стада по разным причинам участвует только небольшое число избранных особей, как правило, с неизвестными генотипами. При таком способе селекции возрастает роль генетического дрейфа, из-за которого происходит либо фиксация, либо потеря некоторых хозяйственно ценных аллелей, приводящая к гомозиготной генетической структуре стада и всей популяции. Подобная ситуация сложилась в группах подконтрольных коров первого и девятого поколений, генетические структуры которых существенно отличаются.

Под влиянием селекционных процессов изменился количественный и качественный состав аллелофонда племенных стад *холмогорского* скота архангельской популяции. Наибольшее количество аллелей (50) и концентрация аллелей с частотой менее 1% (22) выявлены у животных в девятом поколении (рис. 1).

Масштабная голштинизация *холмогорского* скота привела к общему увеличению разнообразия аллелей локуса EAB, связанных с улучшающей породой. Но многие аллели *холмогорской* породы сохранились в популяции. Быки-производители были получены от целенаправленных заказных спариваний. При отборе матерей быков селекционеры племенных заводов учитывали продуктивность коров, их линейную принадлежность, продуктивность предков, наличие хозяйственно значимых аллелей, линейных маркеров, повышенной адаптивности, экстерьер и крепость конституции, воспроизводительную способность. [1, 8] Подбор быков-производителей осуществляли с учетом их племенной ценности, продуктивности женских предков, данных по экстерьеру, воспроизводительным качествам по наличию редких аллелей породы, линейных маркеров. [10]

При вычислении частоты аллелей EAB-локуса групп крови у маточного поголовья происходило изменение их встречаемости. Изменение частотных характеристик аллелей в течение десяти поколений коров *холмогорской* породы приведено на рисунках 2, 3.

В результате сравнения крайних значений частоты аллелей локуса EAB выявлено, что аллели B2G2KE'2F'O', B2O2, Q были потеряны в результате селекции, A'O', E'2G'G'', y QE'2Q', O2, Y2A'B'Y', B2G2O2Y2 частота встречаемости уменьшилась, G2Y2E'2Q', O2Y2I', G3O2T2A'F'K', B2O2Y2D', B2I2Y2G'G'', G2O2Y2 B'E'2G' – увеличилась.

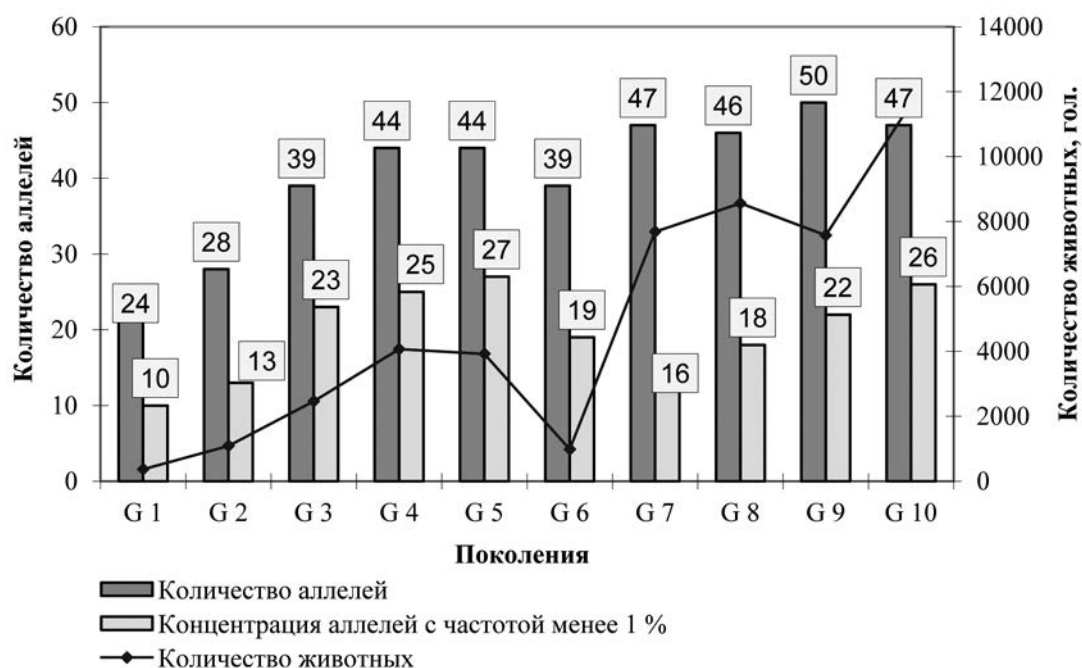


Рис. 1. Количественный состав аллелофонда EAB-локуса групп крови у женских особей крупного рогатого скота по поколениям.

Представленные утраченные аллели можно применять в качестве маркеров чистопородных *холмогорских* быков. Выявление животных, несущих данные аллели, может быть использовано для формирования производителей, содержащих в себе уникальные генотипы исходной основы животных *холмогорской* породы, например, устойчивость к заболеваниям, или свойства приспособляемости к производственной среде предприятий крайнего Севера. Результаты анализа краевых значений ярко демонстрируют различия в генетической структуре анализируемых поколений животных, указывая на активную работу при пороодообразовании в течение времени и формировании ядра производителей современной *холмогорской* породы при интенсивном отборе и применении быков *голландской* породы в качестве источника генетического материала для межпородного скрещивания и использования гете-

розиса для повышения параметров продуктивности при слабом применении отбора среди чистопородных быков *холмогорской* породы. Частота встречаемости выявленных аллелей может измениться с увеличением размера выборки тестируемых животных, в которой они обнаружены, вследствие неравновесия, связанного с различием размеров.

Для сравнения, в группах животных популяции *холмогорской* породы в Республике Коми отмечали сохранение преобладания породных аллелей (A2'O', E3'G'G'') при нарастании частоты встречаемости (G2Y2E1'Q') и появление новых аллелей, характерных для *голландской* породы (O1A'2J'2K'O', B2Q'G'G'', E'3G'Q', B1O2B', O4Y2A2', O4D'E3'F2'G'O'G''). [2]

Исследования по стадам племенных животных *холмогорской* породы в Республике Коми показали, что на начало голштинизации ведущими аллелями

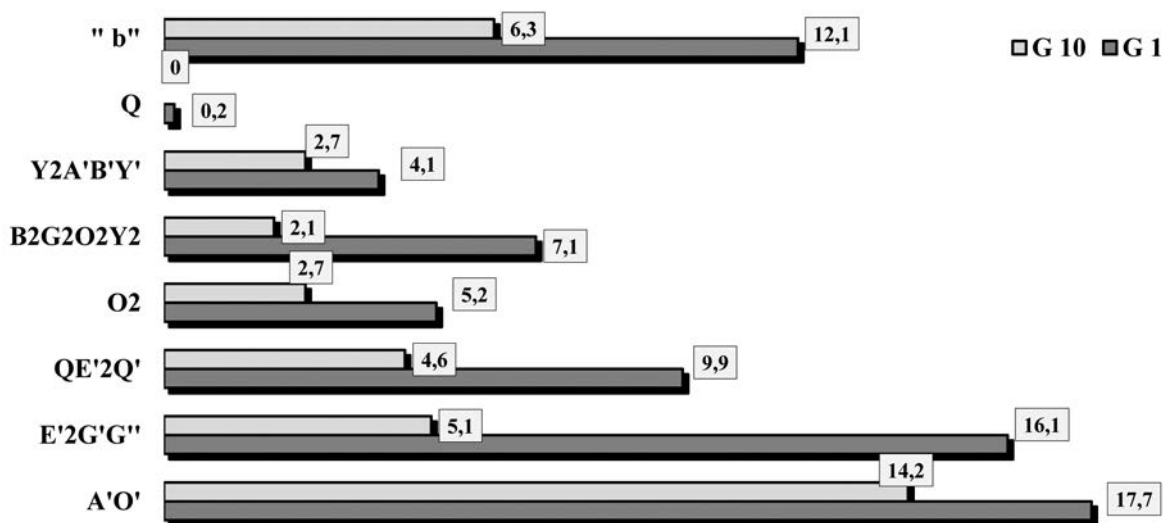


Рис. 2. Краевые значения частоты изменившихся аллелей первого и десятого поколений (в сторону уменьшения).

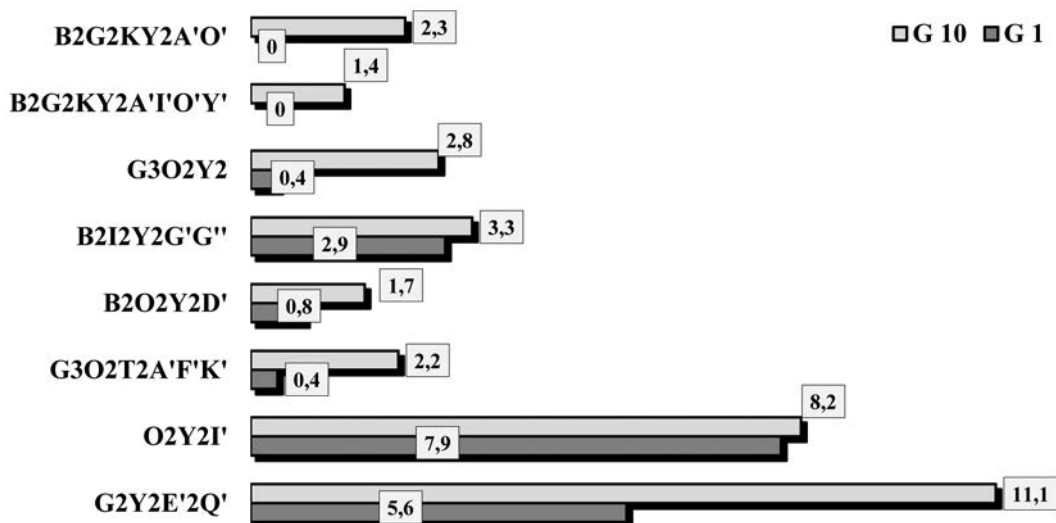


Рис. 3. Краевые значения частоты изменившихся аллелей первого и десятого поколений (в сторону увеличения).

ЕАВ-локуса были А2'О' (0,243), Е3'G'G'' (0,168) и «b» (0,137). Аллель А2'О' также остается самым распространенным в породе – 0,181, что в 1,3 раза ниже, чем тридцать лет назад, а частота встречаемости аллелей Е3'G'G'' и «b» снизилась в 2,5 и 1,7 раза – 0,068 и 0,081 соответственно ($P \leq 0,001$). В 1980 году в стадах холмогорского скота встречался Y2A2'В'Y', но в более поздних наших исследованиях не было обнаружено ни одного животного с этим аллелем. [2]

Установлено, что в первом и втором интервалах все коровы были чистопородными холмогорскими, относящимися к восьми генеалогическим линиям и первой родственной группе породы. Количественный состав голштинизированных коров в интервалах наблюдений со временем увеличился.

По состоянию аллелофонда и показателей уровня гомозиготности (состояние животного, при котором его гомологичные хромосомы имеют одинаковые аллели) в популяции или стаде мож-

но формировать и поддерживать генетически различающиеся между собой структурные единицы. Установлено, что степень гомозиготности (теоретическая) в разрезе анализируемых поколений женских особей имеет тенденцию к снижению с 10,5 (третье поколение) до 6,5% (девятое, десятое), а количество эффективных аллелей к росту – 9,4...15,4% соответственно (рис. 4).

Гетерогенность обусловлена неотъемлемым и нормальным свойством холмогорской породы и рассматривается как жизненно необходимое, обуславливающее ее успешное существование и развитие, адаптивную лабильность и возможность дивергенции. Возникший полиморфизм поддерживается в дальнейшем разными механизмами: неравный кроссинговер; конверсия генов через высокую степень мутационных процессов; экстенсивная гомологичная рекомбинация в отдельных участках локуса; отбор сверхдоминирования и частотно-зависимый.

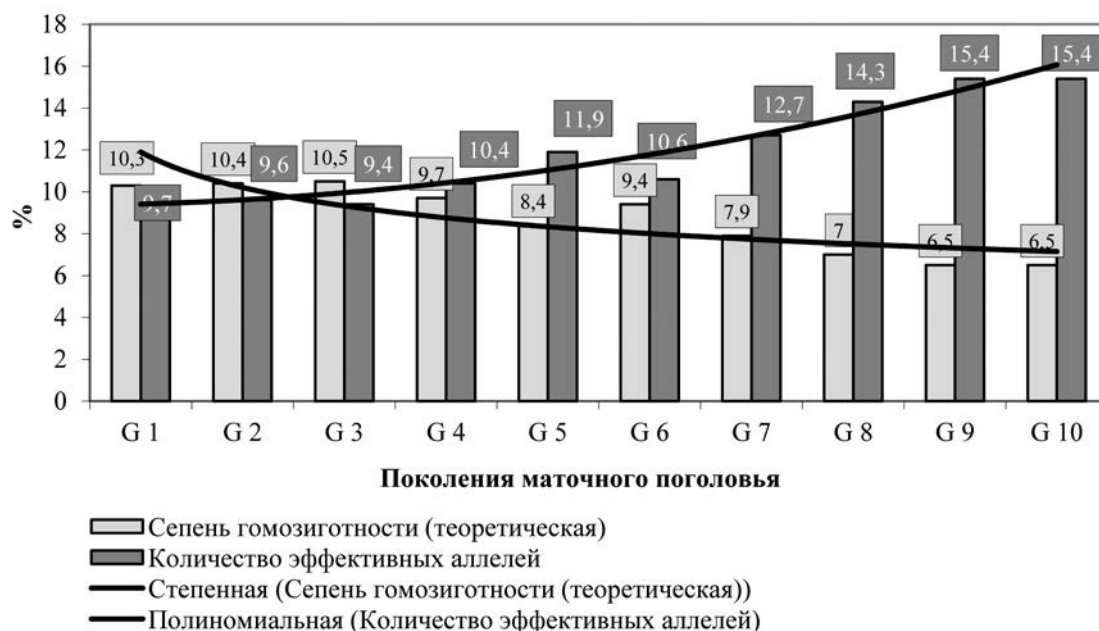


Рис. 4. Иммуногенетические параметры аллелофонда ЕАВ-локуса групп крови маточного поголовья племенных заводов.

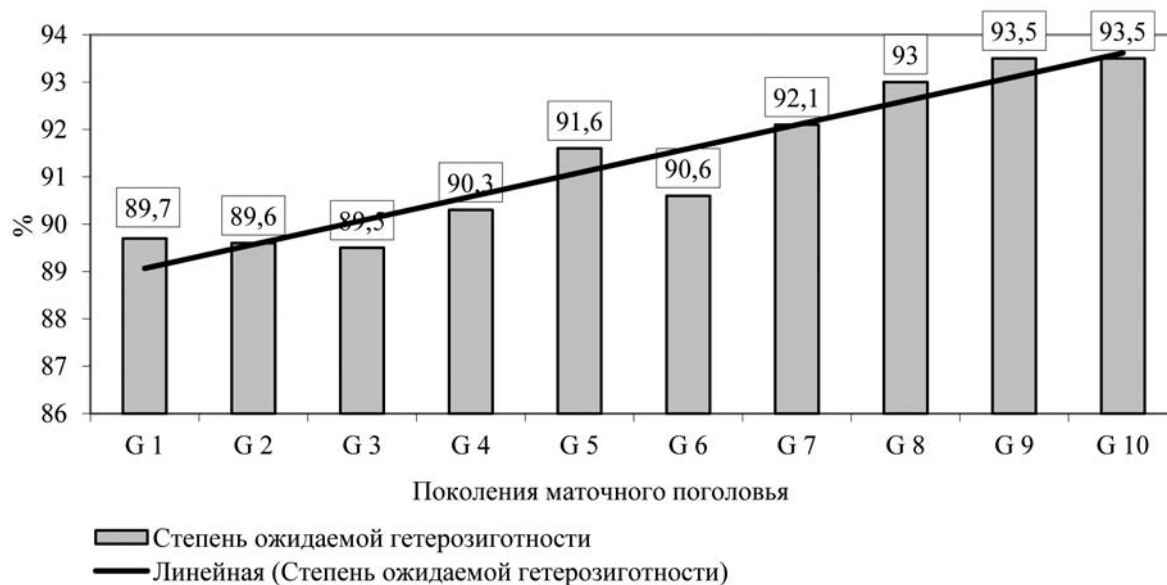


Рис. 5. Ожидаемая гетерозиготность маточного поголовья в периоды наблюдений.

Выявлено, что по генетической панели локуса EAB маточное поголовье стад племенных заводов Архангельской области было гетерогенным (рис. 5).

Изменение генетического паспорта стада данного племенного завода АО «Агрофирма «Вельская»» связано с интродукцией аллелей EAB-локуса чистопородных быков-производителей *голлитинской* породы. Наибольшее распространение получили B2O2B', OE'2F'G'O'G'', OD'E'2F'G'O', OTG'G'', G2Y2E'2Q', Q', OD'G'Q'G'' наряду с высокочастотными или дрейфующими аллелями. Широкий спектр контролируемых аллелей-маркеров обуславливает устойчивость уровня групповой гомо-гетерозиготности, что препятствует нарастанию внутрипородного инбридинга. Аллелофонд стада в большей степени относится к *голлитинской* породе. Его изменение будет зависеть от степени «открытости» субпопуляций (*холмогорская* и *голлитинская* породы), а также интенсивности использования быков-лидеров *голлитинской* породы (рис. 6). За семь периодов наблюдений (с четвертого по десятое поколение) уровень гомозиготности стада находится на одном уровне, лишь в пятом поколении он составил 6,43%.

Одно из важных направлений генетического мониторинга — оценка филогенетических рас-

хождений внутривидовых структур. Устойчивое совершенствование стад и всей породы возможно при определенном сдвиге в их генофонде. Для выявления тенденций в селекции *холмогорского* скота мы рассчитали генетическое сходство и расстояние у маточного поголовья по поколениям (табл. 2).

Наибольшее генетическое расстояние имеют чистопородные коровы *холмогорской* породы второго-седьмого, второго-десятого поколений (0,122 и 0,107 соответственно), первого-второго интервалов наблюдений с голштинизированными в девятом-десятом.

В *холмогорской* породе популяции Республики Коми индекс генетического сходства увеличился в два раза за последние пять лет. [2]

Оценка генетической изменчивости у стад крупного рогатого скота племенных заводов по поколениям — инструмент успешной селекции. Необходимо создание новых и совершенствование существующих заводских линий с использованием генетических маркеров породной принадлежности. Это позволит нивелировать негативные последствия от родственных спариваний родительских пар, а также избежать нарастания уровня гомозиготности в подконтрольных стадах архан-

Генетическое сходство и генетическая дистанция у женских особей в разрезе поколений

Таблица 2.

Поколение	1 n=368	2 n=1090	3 n=1526	4 n=1271	5 n=1996	6 n=513	7 n=214	8 n=918	9 n=2101	10 n=986
1	0	0,973	0,979	0,981	0,961	0,951	0,814	0,892	0,855	0,812
2	0,012	0	0,982	0,955	0,951	0,918	0,755	0,869	0,838	0,831
3	0,009	0,008	0	0,981	0,973	0,948	0,814	0,917	0,883	0,831
4	0,007	0,021	0,011	0	0,974	0,977	0,858	0,938	0,896	0,846
5	0,018	0,022	0,012	0,012	0	0,962	0,871	0,958	0,928	0,886
6	0,022	0,037	0,023	0,011	0,017	0	0,879	0,937	0,903	0,854
7	0,091	0,122	0,089	0,067	0,061	0,056	0	0,918	0,912	0,851
8	0,049	0,061	0,037	0,028	0,019	0,028	0,037	0	0,968	0,935
9	0,068	0,077	0,054	0,048	0,032	0,044	0,041	0,014	0	0,964
10	0,091	0,107	0,081	0,072	0,053	0,068	0,071	0,029	0,016	0

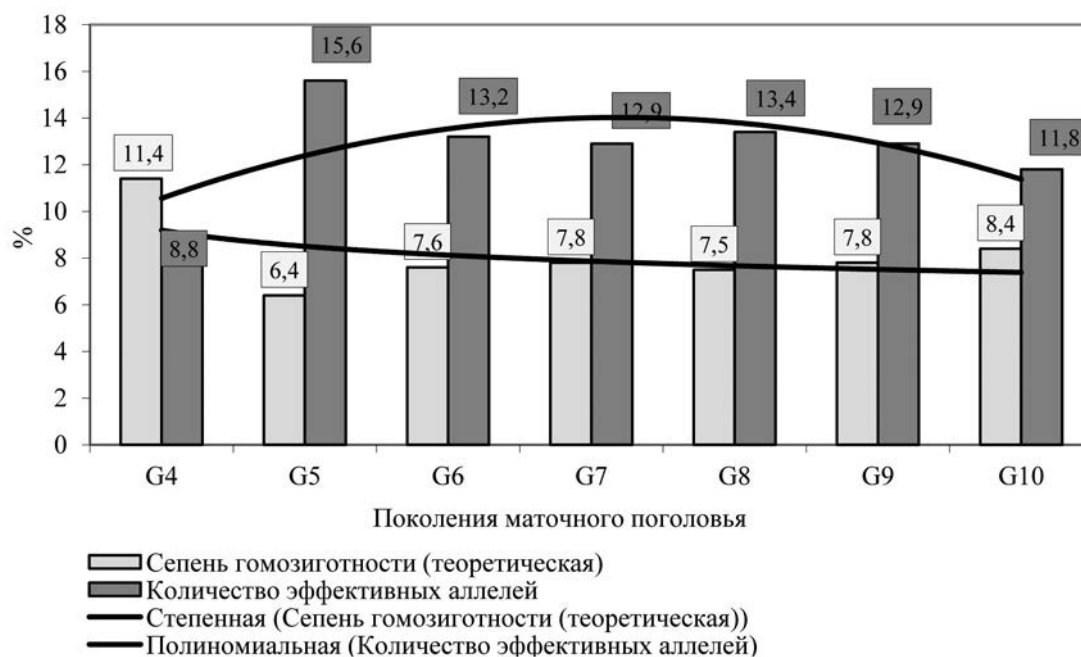


Рис. 6. Популяционно-генетические параметры групп животных в периоды наблюдений в АО «Агрофирма «Вельская»».

гельской популяции холмогорской породы крупного рогатого скота.

Выводы. Проведена оценка генетической структуры коров холмогорской породы крупного рогатого скота, принадлежащих племенным заводам области при помощи иммуногенетического анализа аллелей EAV-локуса групп крови. В процессе селекционных мероприятий у животных увеличивается число аллелей, а чистопородные коровы генетически дистанцируются от коров голштинизированного поголовья в ряде поколений с течением времени. Это подтверждается уменьшением и исчезновением числа уникальных для чистопородных холмогорских коров аллелей и появлением новых аллелей, привнесенных в процессе межпородного скрещивания, а также увеличением частоты их встречаемости. Результаты мониторинговых исследований делают возможным применение генетических маркеров в качестве критериев отбора, обеспечивающих достоверную оценку генетического потенциала породы, популяции и отдельных особей, а также позволяет точнее контролировать селекционные процессы в стаде и корректировать их направленность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Винокуров А.Ю. Использование групп крови крупного рогатого скота при характеристике популяционно-генетических процессов. Молодые ученые – агропромышленному комплексу. Ульяновск. С. 91–94.
2. Деева В.С., Сухова Н.О. Группы крови крупного рогатого скота и их селекционное значение. РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИПТИЖ. Новосибирск, 2002. 172 с.
3. Ильина А.В., Муштукова Ю.В., Хуртина О.А. Генетическая оценка состояния популяционного генофонда крупного рогатого скота ярославской породы в ОАО «Михайловское» Ярославского района // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 3 (27). С. 39–42.
4. Калязина Т.В. Использование генной технологии для характеристики аллелофонда черно-пестрого скота. Дис. к.б.н. 06.02.07 п. Быково Моск. обл. М., 2012. 113 с.

5. Коновалов А.В., Ильина А.В., Хуртина О.А., Зверева Е.А. Иммуногенетические маркеры популяции крупного рогатого скота ярославской породы. Интенсивные технологии производства продукции животноводства: Сборник статей Межд. науч.-практ. конф. Пенза, С. 28–32.
6. Коновалов А.В., Косяченко Н.М., Ильина А.В. Информационная база данных в оценке иммуногенетических и молекулярно-генетических характеристик ярославской породы крупного рогатого скота // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015. № 3 (43). С. 153–156.
7. Марзанова Л.К., Попов Н.А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 16–18. DOI: 10.25632/MMS.2018.75.35.004.
8. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. Учебные пособия для факультетов повышения квалификации руководящих кадров колхозов и совхозов, и специалистов сельского хозяйства. М., 1977. 189 с.
9. Новиков А.А., Хрунова А.И., Рыжова Н.Г. Влияние голштинизации скота холмогорской породы на частоты встречаемости аллелей EAV-локуса групп крови. Сборник статей X Международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию со дня рождения Н.В. Верещагина. Тверь, С. 136–139.
10. Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Рухлова Т.А. и др. Система селекционно-племенной работы с холмогорской породой крупного рогатого скота в Архангельской области на период 2014–2019. М-во агропром. комплекса и торговли Арханг. обл., ФГБНУ «Архангельский НИИСХ», Центр информ. обеспечения по холмогор. породе крупного рогатого скота. Архангельск, 2014. 122 с.
11. Семенюк О.В. Молекулярно-генетические аспекты оценки и прогнозирования молочной продуктивности крупного рогатого скота. Дис. к.б.н. 03.00.23. Ставрополь, 2006. 147 с.
12. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции

- крупного рогатого скота. Дубровицы: Издательство ВИЖ, 1974. 40 с.
13. Nei, M. The theory of genetic distance and evolution of human races. // Jap Human Genetics. 1978. V. 23. P. 341–369. DOI: 10.1007/BF01908190.
 14. Rendel J., Gahne B. Serological and biochemical methods for diagnosis of zygosity in cattle twins // Proc. EAAP meeting in Stockholm. 1960. № 8. P. 162–190.
- REFERENCES**
1. Vinokurov A.Yu. Ispol'zovanie grupp krovi krupnogo rogatogo skota pri harakteristike populyacionno-geneticheskikh processov. Molodye uchenye – agropromyshlennomu kompleksu. Ul'yanovsk. S. 91–94.
 2. Deeva V.S., Suhova N.O. Gruppy krovi krupnogo rogatogo skota i ih selekcionnoe znachenie. RASKHN. Sib. otd-nie. SibNIPTIZH. Novosibirsk, 2002. 172 s.
 3. Il'ina A.V., Mushtukova Yu.V., Hurtina O.A. Geneticheskaya ocenka sostoyaniya populyacionnogo genofonda krupnogo rogatogo skota yaroslavskoj porody v OAO «Mihajlovskoe» Yaroslavskogo rajona // Vestnik APK Verhnev-olzh'ya. 2014. № 3 (27). S. 39–42.
 4. Kalyazina T.V. Ispol'zovanie gennoj tekhnologii dlya harakteristiki allelofonda cherno-pestrogo skota. Dis. k.b.n. 06.02.07 p. Bykovo Mosk. obl. M., 2012. 113 s.
 5. Konovalov A.V., Il'ina A.V., Hurtina O.A., Zvereva E.A. Immunogeneticheskie markery populyacii krupnogo rogatogo skota yaroslavskoj porody. Intensivnye tekhnologii proizvodstva produkcii zhivotnovodstva: Sbornik statej Mezhd. nauch.-prakt. konf. Penza, S. 28–32.
 6. Konovalov A.V., Kosyachenko N.M., Il'ina A.V. Informacionnaya baza dannyh v ocenke immunogeneticheskikh i molekulyarno-geneticheskikh harakteristik yaroslavskoj porody krupnogo rogatogo skota // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. 2015. № 3 (43). S. 153–156.
 7. Marzanova L.K., Popov N.A. Kontrol' za geneticheskoy izmenchivost'yu v stadah molochnyh porod // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 8. S. 16–18. DOI: 10.25632/MMS.2018.75.35.004.
 8. Merkur'eva E.K. Geneticheskie osnovy selekcii v skotovodstve. Uchebnye posobiya dlya fakul'tetov povysheniya kvalifikacii rukovodyashchih kadrov kolhozov i sovhozov, i specialistov sel'skogo hozyajstva. M., 1977. 189 s.
 9. Novikov A.A., Hrunova A.I., Ryzhova N.G. Vliyanie golstinizacii skota holmogorskoj porody na chastoty vs-trechaemosti allelej EAV-lokusa grupp krovi. Sbornik statej X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 180-letiyu so dnya rozhdeniya N.V. Vereshchagina. Tver', S. 136–139.
 10. Prozherin V.P., Yaluga V.L., Ruhlova T.A. i dr. Sistema selekcionno-plemennoj raboty s holmogorskoj porodoj krupnogo rogatogo skota v Arhangel'skoj oblasti na period 2014–2019. M-vo agroprom. kompleksa i trgovli Arhang. obl., FGBNU «Arhangel'skij NIISKH», Centr inform. obespecheniya po holmogor. porode krupnogo rogatogo skota. Arhangel'sk, 2014. 122 s.
 11. Semenyuk O.V. Molekulyarno-geneticheskie aspekty ocenki i prognozirovaniya molochnoj produktivnosti krupnogo rogatogo skota. Dis. k.b.n.: 03.00.23. Stavropol', 2006. 147 s.
 12. Sorokovoj P.F. Metodicheskie rekomendacii po issledovaniyu i ispol'zovaniyu grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota. Dubrovicy: Izdatel'stvo VIZH, 1974. 40 s.
 13. Nei, M. The theory of genetic distance and evolution of human races. // Jap Human Genetics. 1978. V. 23. P. 341–369. DOI: 10.1007/BF01908190.
 14. Rendel J., Gahne B. Serological and biochemical methods for diagnosis of zygosity in cattle twins // Proc. EAAP meeting in Stockholm. 1960. № 8. P. 162–190.

Поступила в редакцию 12.04.2023

Принята к публикации 26.04.2023

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Юрий Фёдорович Лачуга¹, академик РАН, профессор
Владимир Иванович Зеников², кандидат технических наук, старший научный сотрудник

¹Российская академия наук, г. Москва, Россия

²ООО ГПП по освоению новой техники и технологии «Веер», Московская обл., Россия

E-mail: ilios-astro@bk.ru

Аннотация. Существующие способы производства органических удобрений не позволяют эффективно решить проблему восстановления плодородия почв. Компьютерное моделирование процесса перемешивания в буртах различными агрегатами показало крайнюю неравномерность распределения частиц компоста. Усвоение органического вещества в почве при этом составляет менее 2%. Получивший широкое распространение способ компостирования во вращающихся барабанах ведет к выделению аммиака, что свидетельствует о процессе аммонификации, то есть разложении органического вещества под воздействием гнилостных, плесневых и других микроорганизмов. Такой компост наносит вред почве и урожаю. Предлагаем новое направление в производстве органических удобрений, основанное на культивировании в специальных помещениях микробиологического сообщества почвенных микроорганизмов, вырабатывающих ферменты, которые существенно ускоряют биохимические процессы формирования гумуса почвы.

Ключевые слова: органические удобрения, новое направление, компьютерное моделирование, аммонификация, почвенно-биологический комплекс, аэробная ферментация

NEW DIRECTION IN ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION

Yu.F. Lachuga¹, Academician of the RAS, Professor
V.I. Zenilov², PhD in Engineering Sciences, Senior Researcher

¹Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²LLC GPP for the development of new equipment and technology "Fan", Moscow Region, Russia

E-mail: ilios-astro@bk.ru

Abstract. Our analysis of existing methods of production of organic fertilizers does not allow us to effectively solve the problem of reproduction of soil fertility. Computer simulation of the mixing process in the burts by various aggregates showed the extreme unevenness of the distribution of particles of the resulting compost. The assimilation of organic matter in the soil is less than 2%. The recently widespread method of composting in rotating drums leads to the release of ammonia, which indicates the ongoing process of ammonification, which means that the decomposition of organic matter under the influence of putrefactive, moldy and other microorganisms. The resulting compost causes some damage to the soil and crop. A new direction in the production of organic fertilizers is proposed, based on the cultivation of soil microorganisms in special rooms of the microbiological community. These microorganisms, in turn, produce enzymes that significantly accelerate the biochemical processes in the formation of soil humus.

Keywords: new direction, computer modeling, ammonification, soil-biological complex, aerobic fermentation

Существующие способы производства органических удобрений не позволяют эффективно решить проблему восстановления плодородия почв. [1, 3, 5, 7, 8] Необходимо коренное улучшение положения данного направления в сельском хозяйстве. Суть перспективной технологии в новой подготовке органической смеси (навоз, помет, солома, опилки и другое) с высокой степенью перемешивания в биоконвертере сообщества почвенных микроорганизмов. [2, 4, 6, 9]

Цель работы – на основе анализа способов производства органических удобрений и с учетом их недостатков экспериментально и практически разработать новую технологию, принципиально отличную от существующих.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основные технологии созданы в НИИ удобрений и агрохимии (г. Москва), НИИ органических удобрений (г. Владимир). Способы производства

органических удобрений в современном сельском хозяйстве: в буртах, каналах, траншеях; цилиндрических вращающихся барабанах; культивационных сооружениях.

Для исследования процессов перемешивания компоста в буртах, каналах, траншеях был применен метод компьютерного моделирования. Совместно с Институтом прикладной математики РАН (М.В. Якововский) разработаны техническое задание и методика.

Сначала все технические средства, применяемые для ворошения буртов, были систематизированы.

Основные недостатки: сезонность процесса компостирования и низкий коэффициент использования площади (до 50%); некачественное смешивание компонентов (неравномерность до 70%); капитальные вложения выше на 98%, эксплуатационные затраты – 32%, энергозатраты – 17% по сравнению с типовым проектом № 801-9-19.84; большие потери азота и органического вещества (до 30% и выше); мезофильный процесс компостирования с температурой 55...60°C (в центре бурта 35...40% объема) не

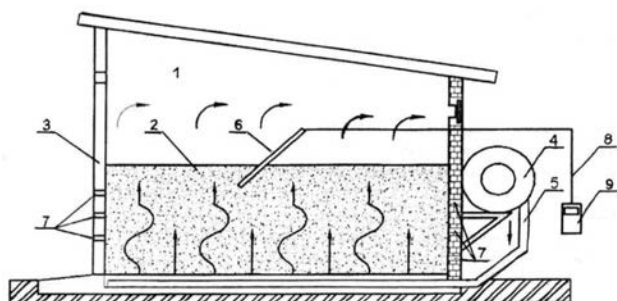


Рис. 2. Камерный биоконвертер: 1 – камера, 2 – компостируемая смесь, 3 – ворота, 4 – вентилятор напорный, 5 – система напорных воздухопроводов, 6 – штанга кислородомера, 7 – отверстия для замера температуры, 8 – гибкий шланг, 9 – кислородомер.

обеспечивает уничтожение семян сорняков и возбудителей болезней; невысокое качество компоста, доза внесения – до 40 т/га; продолжительность компостирования – до 180 сут.

Воршители типа «ВАСКНУС А 45-65» и барабанные, ленточные транспортеры не повлияли на распределение частиц в сечении исходного бурта. Наибольшую неравномерность показал наклонный шнек – 43%.

Ни один из применяемых в стране и мире агрегатов не обеспечивает требуемую равномерность. Неравномерность компоста отрицательно влияет на плодородие почвы, сроки созревания урожая, величину и его качество.

Для переработки органического сырья в сельскохозяйственном производстве применяют вращающиеся барабаны (рис. 1, 3-я стр. обл.).

При практическом применении барабанных установок в процессе работы выделяется аммиак, что свидетельствует о протекании внутри барабана процесса аммонификации. Аммиак образуется при разложении органического вещества гнилостными, плесневыми и другими микроорганизмами. Применение таких удобрений наносит вред почве и урожаю.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Перспективны технологии аэробной ферментации в специальных камерах-биоконвертерах (рис. 2).

Главные преимущества: возможность управления микробиологическим процессом; продолжительность компостирования летом – 28...36 ч, зимой – 72 ч; неравномерность смеси ниже 20%; высокая температура компостирования – до 82,2°С; качественный компост (доза внесения 6...7 т/га); снижение количества сорняков до 20%; уменьшение заболеваемости растений – 20...80%.

Основа способа компостирования в культивационных сооружениях – микробиологическое сообщество, полученное в результате аэробной ферментации, для осуществления которой требуются технологические параметры: влажность исходной смеси 70⁺²₋₅%, что позволяет существенно снизить расход углеродосодержащего компонента (солома, опилки, пожнивные остатки); состав компостируемой смеси рассчитывается по формуле:

$$C_T = \frac{C_H (W_H - W_{CM})}{W_{CM} - W_0}, \quad (1)$$

где: W_0 , W_H , W_{CM} – влажность опилок, навоза и смеси соответственно; C_T – масса влагопоглощающего компонента (опилки); C_H – масса навоза (помет).

Мы предлагаем новую формулу расчета состава смеси (показатели в долях сухого вещества):

$$\frac{C_H + x}{N_H + x \frac{N_K}{C_K}} = 25, \quad (2)$$

где: C_H – содержание углерода в навозе; N_H – содержание азота в органическом компоненте; N_K и C_K – количество азота и углерода в добавленном компоненте смеси; x – содержание добавленного углерода в органическом компоненте..

Расчет для конкретных показателей представлен в таблице.

Таким образом, экономия влагопоглощающего материала, рассчитанная по формуле 2, составляет 10,5% при влажности навоза 76 и 30,17% при 78%. При дальнейшем повышении влажности навоза экономия возрастает многократно. Качество готового компоста зависит от равномерности смешивания компонентов. Она должна быть в пределах 10...15%. Компостирование продолжается до максимальных температур 75...82°С. Необходимо внесение в компостируемую смесь сообщество почвенных микроорганизмов.

Приготовленный по новой технологии компост назван почвенно-биологическим комплексом (ПБК). Полученное сообщество почвенных микроорганизмов продуцирует ферменты (протеаза, уреаз, дегидрогеназа, фосфатаза и другие), ускоряющие сложные биохимические процессы перехода органического вещества в гумус в 10¹⁰...10¹³ раз. Образование ферментов в результате аэробной ферментации существенно отличает технологию от существующих способов производства органических удобрений. Это новое направление – основное в воспроизводстве плодородия почв и залог устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Впервые в стране на двух машинно-испытательных станциях (Центральная и Подольская) была испытана новая технология и рекомендована к внедрению в сельское хозяйство. Технология апробирована на нескольких фермах КРС и птицефабриках, в частности, в течение семи лет в ЗАО «Совхоз имени Ленина».

Проведенные теоретические, экспериментальные, хозяйственно-практические работы и государственные приемочные испытания дают основания и гарантии для широкого применения в сельском хозяйстве новой технологии, определяющей перспективное направление в производстве органических удобрений.

Сравнительные показатели расчетов состава смеси

Показатель	Формула (1)		Формула (2)	
	76	78	76	78
Влажность навоза, %	76	78	76	78
Доля углерода, добавленного к навозу	—	—	0,068	0,0613
Доля опилок, добавленных к навозу	0,2	0,232	0,0179	0,162
Экономия			0,021	0,07

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.И. и др. Биологические основы плодородия почвы. М., 1984. 280 с.
2. Заварзин В.М. Фенотипическая систематика бактерий. М., 1974. 130 с.
3. Захаренко В.А. Экологическая оценка фитосанитарного состояния агроэкосистем в земледелии России // Агрохимия. 2003. № 5. С. 29–40.
4. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 265 с.
5. Марченко Н.М., Личман Г.И. и др. Механизация внесения органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1990. 207 с.
6. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972. 342 с.
7. Мишустин Е.Н. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985. 270 с.
8. Сдобников С.С. Роль органических удобрений в повышении плодородия почвы и интенсивности земледелия // Плодородие почвы и пути его повышения. М.: Колос, 1983. С. 146–153.
9. Умаров М.М. Роль микроорганизмов в газообразных потерях азота из почвы. Удобрения и мелиоранты в агроэкосистеме. Издательство Московского университета, 1998. 44 с.

REFERENCES

1. Beresteckij O.A., Voznyakovskaya Yu.M., Dorosinskij L.I. i dr. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy. M., 1984. 280 s.
2. Zavarzin V.M. Fenotipicheskaya sistematika bakterij. M., 1974. 130 s.
3. Zaharenko V.A. Ekologicheskaya ocenka fitosanitarnogo sostoyaniya argoekosistem v zemledelii Rossii // Agrohimiya. 2003. № 5. S. 29–40.
4. Krasil'nikov N.A. Mikroorganizmy pochvy i vysshie rasteniya. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958. 265 s.
5. Marchenko N.M., Lichman G.I. i dr. Mekhanizaciya vneseniya organicheskikh udobrenij. M.: Agropromizdat, 1990. 207 s.
6. Mishustin E.N. Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya. M.: Nauka, 1972. 342 s.
7. Mishustin E.N. Mineral'nyj i biologicheskij azot v zemledelii SSSR. M.: Nauka, 1985. 270 s.
8. Sdobnikov S.S. Rol' organicheskikh udobrenij v povyshenii plodorodiya pochvy i intensivnosti zemledeliya // Plodorodie pochvy i puti ego povysheniya. M.: Kolos, 1983. S. 146–153.
9. Umarov M.M. Rol' mikroorganizmov v gazoobraznykh poteryah azota iz pochvy. Udobreniya i melioranty v agroekosisteme. Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1998. 44 s.

Поступила в редакцию 28.04.2023

Принята к публикации 12.05.2023

К сведению авторов!

При подготовке статей для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки» мы рекомендуем руководствоваться следующими правилами:

- Направлять в редакцию материалы по эл. почте — vrspn@vestnik-rsn.ru с решением Ученого совета института (учреждения) о возможности опубликования представленной НИР и с рецензией ведущих ученых.
- Статья не должна превышать **25 стр. компьютерного набора через два интервала (Word 2000)** с рисунками и таблицами. Необходимо указать ученые степени авторов, адрес института с индексом.
- Рисунки (графический материал) следует присылать по возможности в черно-белом цвете.
- Формулы, символы в текст необходимо вписывать четко, в электронном виде (редактор формул версия 3.01), избегайте громоздких обозначений.
- Желательно определить индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).
- Необходим перевод на английский язык ученых степеней авторов, названия института, организации, адреса.
- Список источников (не более 20 наименований) помещайте в конце статьи по алфавиту на русском языке, сначала — отечественных, затем — зарубежных авторов, с соответствующими ссылками в тексте (образец списка источников в приложении). Необходимы ссылки на журналы, входящие в базу данных Scopus и Web of Science.
- Цитируемость на свои работы — не более 15%, приветствуется наличие иностранных источников.
- К статье напишите реферат объемом 200–250 слов на русском и на английском языках.
- Обязательное наличие ключевых слов на русском и английском языках. В случае описания региональных специфик, регион должен тоже быть ключевым словом.
- Публикация платная, цена договорная. Оплата возможна по договору с юридическим или физическим лицом.
- **Просьба указывать в контактах почтовый и электронный адреса, телефоны.**

Журнал рассылается только по подписке, в розничную продажу не поступает.

Оформление списка источников для журнала «Вестник российской сельскохозяйственной науки»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев А.М., Кравченко Л.В., Наумова Л.Г., Ганич В.А. Донские аборигенные сорта винограда. 2-е изд., перераб. и доп. Новочеркасск, 2013. 132 с. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Дзюбенко Н.И. Генетические ресурсы культурных растений — основа продовольственной и экологической безопасности России // Вестник Российской академии наук. 2015. № 85 (1). С. 3–8. DOI: 10.7868/S0869587315010041.
3. Романишин П.Е., Попандопуло В.Г., Якименко Е.Н. и др. Технологическая направленность донских аборигенных сортов винограда в условиях Кубани. Мат. Межд. конф. Повышение конкурентоспособности продукции виноградарства и виноделия на основе создания новых сортов и технологий. Новочеркасск, 2012. С. 187–190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No. 1. PP. 1–8. DOI: 10.5073/vitis.2018.57.1-8.

REFERENCES

1. Aliev A.M., Kravchenko L.V., Naumova L.G., Ganich V.A. Donskie aborigennyye sorta vinograda. 2-e izd., pererab. i dop. NovoCherkassk, 2013. 132 s. ISBN: 978-5-85633-033-4.
2. Dzyubenko N.I. Geneticheskie resursy kul'turnykh rastenij — osnova prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2015. № 85 (1). S. 3–8. DOI: 10.7868/S0869587315010041.
3. Romanishin P.E., Popandopulo V.G., Yakimenko E.N. i dr. Tekhnologicheskaya napravlennost' donskih aborigennykh sortov vinograda v usloviyah Kubani. Mat. Mezhdun. konf. Povyshenie konkurentosposobnosti produkcii vinogradarstva i vinodeliya na osnove sozdaniya novykh sortov i tekhnologij. NovoCherkassk. 2012. S. 187–190.
4. Labagnara T., Bergamini C., Caputo A.R., Cirigliano P. Vitis vinifera L. germplasm diversity: a genetic and ampelometric study in ancient vineyards in the South of Basilicata region (Italy) // Vitis. Journal of Grapevine Research. 2018. Vol. 57. No. 1. PP. 1–8. DOI: 10.5073/vitis.2018.57.1-8.