

Научно-теоретический журнал

ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

www.vestnik-rsn.ru

DOI: 10.31857



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

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

$$P = \left(\frac{m}{n}\right) \cdot x \cdot 100\%$$

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL
VESTNIK OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL SCIENCE

№5 ————— 2023
Сентябрь-Октябрь
September-October

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 «Шелково 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 (К1) 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.

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** Акименко А.С., Свиридов В.И., Дудкина Т.А., Долгополова Н.В. / Akimenko A.S., Sviridov V.I., Dudkina T.A., Dolgopolova N.V.
Закономерности для цифровизации производства зерновых культур в севооборотах лесостепи Центрального Черноземья / Patterns for digitalization of grain crop production in the crop rotations of the Central Black Earth Region forest-steppe
- 10** Баташева Б.А., Ковалева О.Н., Абдуллаев Р.А. и др. / Batasheva B.A., Kovaleva O.N., Abdullaev R.A. et al.
Изучение дикорастущих видов ячменя в условиях Южного Дагестана / Study of wild barley species in Southern Dagestan conditions
- 14** Максимов В.А., Лапшин Ю.А., Золотарева Р.И. / Maksimov V.A., Lapshin Yu.A., Zolotareva R.I.
Экологическое испытание новых сортов яровой тритикале в Республике Марий Эл / Ecological testing of spring triticale new varieties in Mari El Republic
- 18** Захарова М.Н., Рожкова Л.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. / Zakharova M.N., Rozhkova L.V., Svirina V.A., Chernogaev V.G.
Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта *Геоorgia* в Рязанской области / Influence of the technology elements on the soybean *Georgia*'s variety yield in the Ryazan region
- 22** Синеговский М.О. / Sinegovskiy M.O.
Соя – культура мирового земледелия / Soybean it is the crop of world farming
- 26** Новицкий Г.Г., Золотарев В.Н. / Novitskiy G.G., Zolotarev V.N.
Оценка видов и сортов многолетних мятликовых трав для создания газонов / Evaluation of perennial poaceae grasses species and varieties for creating lawns
- 33** Гусейнов А.А., Арсланов М.А., Гасанов Г.Н. и др. / Guseynov A.A., Arslanov M.A., Gasanov G.N. et al.
Продуктивность севооборотов в зависимости от степени насыщения люцерной и озимой пшеницей с пожнивным естественным фитоценозом в Западном Прикаспии / Productivity of crop rotations depending on the degree of saturation of alfalfa and winter wheat with stubble natural phytocenosis in the Western Caspian region
- 37** Евстратова Л.П., Николаева Е.В. / Evstratova L.P., Nikolaeva E.V.
Влияние трещиноватости посадочного материала на урожайность и поражаемость картофеля отдельными видами парши в условиях Карелии / Influence of sowing material cracking on potatoes yield and susceptibility to certain types of scab in the Karelia's conditions
- 42** Седов Е.Н., Корнеева С.А., Янчук Т.В. / Sedov E.N., Korneeva S.A., Yanchuk T.V.
Селекционные учреждения России и их вклад в совершенствование сортимента яблони / Breeding institutions of Russia and their contribution to improving the apple tree assortment
- 47** Галашева А.М., Макаркина М.А., Ветрова О.А. / Galasheva A.M., Makarkina M.A., Vetrova O.A.
Содержание аскорбиновой кислоты в плодах летних сортов яблони в зависимости от подвоя и метеорологических условий вегетационного периода / Ascorbic acid content in summer apple tree varieties fruit depending of rootstock and metrological conditions of vegetable period
- 52** Семин И.В. / Semin I.V.
Технологические аспекты выращивания перспективных семенных подвоев для груши на основе айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК / Technological aspects of growing promising seed rootstocks for pears based on common quince selection VNIISPК
- 57** Абиьфазова Ю.С. / Abilfazova Yu.S.
Адаптивность сорто-подвойных комбинаций персика и нектарина в субтропиках России / Adaptability of variety and rootstock combinations of peach and nectarine in the Russia subtropics
- 60** Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов А.П. / Saltykova T.I., Vakhrusheva N.S., Sofronov A.P.
Результаты изучения сортов смородины черной по комплексу хозяйственно ценных признаков в условиях Кировской области / Results of the study of black currant varieties on the complex of economically valuable traits in Kirov region conditions

- 64** Сопрунова О.Б., Сопрунова В.Е., Луценко А.В., Габитова Н.М. / *Soprunova O.B., Soprunova V.E., Lutsenko A.V., Gabitova N.M.*

Оценка безопасности штамма *Bacillus Atrophaeus* ВКПМ В–11474, перспективного для разработки микробного био-препарата комплексного действия / Safety assessment of *Bacillus Atrophaeus* strain VKPM V-11474, which is promising for the development of a microbial biological product with complex action

- 68** Удалова Е.Ю., Замятин С.А. / *Udalova E.Yu., Zamyatin S.A.*

Влияние применения фунгицидов на рост, развитие и урожайность картофеля / Influence of fungicides usage on the growth, development and yield of potatoes

● ЗЕМЛЕДЕЛИЕ/ FARMING

- 71** Иванов Д.А., Рублюк М.В., Анциферова О.Н. / *Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Antsiferova O.N.*

Особенности динамики закисления почв в агроландшафте / Features of the soil acidification dynamics in agricultural landscape

● ЗООТЕХНИЯ/ ZOOTECHNICS

- 78** Котегова К.А., Забережный А.Д., Неминушая Л.А. и др. / *Kotegova K.A., Zaberezhniy A.D., Neminushchaya L.A. et al.*

Оценка стабильности производства иммунобиологических лекарственных средств для ветеринарного применения с помощью контрольных карт Шухарта / Stability assessment of immunobiological medicinal products manufacturing for veterinary use with Shewhart control charts

- 83** Юрочка С.С., Павкин Д.Ю., Пехальский И.А. и др. / *Yurochka S.S., Pavkin D.Yu., Pekhalskiy I.A. et al.*

Технология бесконтактной оценки физиологического состояния вымени для ранней диагностики заболеваний / Technology for non-contact assessment of the udder physiological state for early diseases diagnosis

- 90** Ключникова Н.Ф., Ключников М.Т. / *Klyuchnikova N.F., Klyuchnikov M.T.*

Некоторые аспекты жизнеспособности коров в условиях Приамурья / Several aspects of the cows viability in the Amur region

- 93** Петров Е.Б., Владимиров Ф.Е., Базаев С.О. / *Petrov E.B., Vladimirov F.E., Bazaev S.O.*

Изучение показателей реализации генетического потенциала мясного скота для цифровизации оценки племенных качеств животных / Study of the beef cattle genetic potential realization indicators for digitalization of the animals breeding qualities assessment

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

- 98** Дорохов А.С., Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. и др. / *Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. et al.*

Концептуальные основы создания автоматизированного комбайна для уборки картофеля с цифровой системой идентификации почвенных комков и их отделения от товарной продукции / Conceptual frameworks for creating an automated potato harvester with a digital system for identifying soil lumps and separating them from commercial products

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 05.10.2023. Дата выхода в свет 15.10.2023. Формат 60×88 1/8.

Усл. печ. л. 12,71. Уч.-изд. л. 13. Заказ № 40. Тираж 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

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВООБОРОТАХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Александр Сергеевич Акименко, доктор сельскохозяйственных наук
Вячеслав Иванович Свиридов, доктор сельскохозяйственных наук
Татьяна Алексеевна Дудкина, кандидат сельскохозяйственных наук
Наталья Валерьевна Долгополова, доктор сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», г. Курск, Россия
E-mail: vniiz.sevooborot@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – выявить существенные закономерности в использовании посевами природных ресурсов урожайности и удобрений, пригодных для поддержки принятия решений цифровыми технологиями. Предложен метод прогнозирования урожайности зерновых культур с учетом влагообеспеченности посевов и норм азота в составе минеральных удобрений, основанный на закономерной взаимосвязи между накапливаемой посевами энергией и расходом воды. Сопоставлены ежегодные прогнозные величины урожайности с экспериментальными, полученными в стационарном опыте на черноземе типичном тяжелосуглинистом, и это стало подтверждением статистической надежности прогнозов урожайности ярового ячменя и озимой пшеницы, размещаемой после надежных предшественников, обеспечивающих получение своевременных и дружных всходов. Продуктивность севооборотов, рассчитанная на основе закономерной взаимосвязи между обменной энергией и содержанием азота в товарной части урожая по поступлению в почву удобрений, с достаточной точностью совпала с фактической. Экономико-экологический эффект при одинаковых нормах минеральных удобрений оказался наименьшим и наибольшим соответственно в зернопаропашном и плодосменном севооборотах. Наличие закономерностей для прогнозирования урожайности и воспроизводства плодородия почвы позволяет на этапе проектирования конкретных севооборотов (и при их модернизации), используя цифровые технологии, выбирать наиболее экономически целесообразные из возможных схем севооборотов применительно к специализации, финансовому состоянию и инфраструктуре сельхозпредприятий. Обязательное условие – отсутствие в севообороте заведомо неприемлемых чередований.

Ключевые слова: Центральное Черноземье, севооборот, озимая пшеница, ячмень, вода, азот, энергия

PATTERNS FOR DIGITALIZATION OF GRAIN CROP PRODUCTION IN THE CROP ROTATIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH R EGION FOREST-STEPPE

A.S. Akimenko, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
V.I. Sviridov, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
T.A. Dudkina, *PhD in Agricultural Sciences*
N.V. Dolgoplova, *Grand PhD in Agricultural Sciences*

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

Abstract. The purpose of the study is to identify significant patterns in the use by crops of natural resources of yields and fertilizers, suitable for decision support through the use of digital technologies. The results are as follows: a method is proposed for predicting the yield of grain crops, taking into account the moisture supply of crops and nitrogen norms in the composition of mineral fertilizers, based on a regular relationship between the energy accumulated by crops and water consumption; comparison of the annual predicted yield values with the experimental ones obtained in the stationary experiment on typical heavy loamy chernozem confirmed statistical reliability of the yield forecasts for spring barley and winter wheat, sown after reliable predecessors that provide timely and vigorous shoots; the productivity of crop rotations, calculated on the basis of the regular relationship between the exchange energy and the nitrogen content in the marketable part of the yield by the input of fertilizers into the soil, coincided with the actual productivity with sufficient accuracy; the economic and environmental effect against the background of equal rates of mineral fertilizers turned out to be the smallest and the largest ones, respectively, in the grain-fallow-row crop and field crop rotations. The presence of patterns for predicting yields and reproducing soil fertility allows, at the stage of designing specific crop rotations (also during their modernization), using digital technologies, to choose the most economically feasible of the possible crop rotation schemes in relation to specialization, financial condition and infrastructure of agricultural enterprises. A prerequisite for making adequate decisions at the same time, there is the absence of obviously unacceptable alternations in the crop rotation.

Keywords: Central Chernozem Region, crop rotation, winter wheat, barley, water, nitrogen, energy

Из всех функций севооборота наиболее общей, независимой от почвенно-климатических условий и специализации сельскохозяйственных предприятий выступает управление вещественно-энергетическими

потоками в системе «почва – агроценоз – атмосфера». Оно заключается в принятии безошибочных решений на основе оценки существенности и наличия необходимых для формирования урожая ресурсов. [2]

Поддержка принятия решений с использованием цифровых технологий нацелена на повышение продуктивности и экономической эффективности земледелия, снижение негативного влияния на окружающую среду. Однако индекс цифровизации (доля организаций, использующих цифровые технологии, %) в сельском хозяйстве, к настоящему времени меньше, по сравнению с энергетикой и здравоохранением, финансовым сектором и промышленностью, соответственно в 1,3; 1,5 и 1,7 раза. [5] Устранение этого отставания реально при расширении интернет-сервисов для улучшения взаимодействия в рамках бизнес-процессов и обеспечения связи сельхозпредприятий с товаропроводящими цепочками.

Из-за значительного увеличения потребности в продовольствии на перспективу (рост численности населения и важность повышения качества жизни) необходимо развитие цифровизации для высокоэффективного использования природных ресурсов урожайности и удобрений, воспроизводства плодородия почвы и минимизации неблагоприятных условий погоды, основой для чего могут стать закономерности в формировании урожайности в зависимости от воды и элементов минерального питания. [1] Такое направление в цифровизации сельского хозяйства востребовано для практической реализации Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации.

Цель работы – выявить существенные закономерности в использовании посевами природных ресурсов урожайности и удобрений, пригодные для цифровизации производства зерновых в севооборотах лесостепи Центрального Черноземья. Для ее достижения решали задачи: проверить и уточнить зависимость урожайности зерновых культур от влагообеспеченности и норм азота в составе минеральных удобрений, оценить соответствие прогнозных величин урожайности фактическим; сравнить фактическую продуктивность севооборотов с рассчитанной по участию в ее формировании удобрительных средств, определить эколого-экономическую эффективность севооборотов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на основе анализа результатов многолетнего стационарного опыта, заложенного одновременно в пространстве и времени всеми полями, что позволило ежегодно иметь экспериментальные данные по всем вариантам. Повторность трехкратная, расположение вариантов – систематическое. Посевная площадь элементарной делянки – 202,5 м² (8,1 × 25,0 м). Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый. Агрохимическая характеристика почвы по слоям 0...20 и 20...40 см: содержание гумуса по Тюрину – 5,28 и 4,94%; рН_{KCl} – 6,35 и 6,70; гидролитическая кислотность Нг – 3,54 и 3,06 мг-экв./100 г; сумма поглощенных оснований – 30,0 и 31,4 мг-экв./100 г; азот щелочногидролизующий – 18,6 и 17,4 мг-экв./100 г; фосфор подвижный (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – 100,9 и 94,9 мг/кг, калий подвижный – 91,1 и 85,5 мг/кг соответственно.

Первый фактор в схеме опыта – севообороты (А): зернопаропропашной – черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос,

ячмень; сидеральный – сидеральный пар (люпин белый в фазе цветения), озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень; плодосменный – бобы конские на зерно, озимая пшеница, сахарная свекла, люпин белый на зерно, ячмень. Степень биологизации севооборотов повышалась в приведенном порядке. Доля зерновых и пропашных культур в структуре зернопаропропашного и сидерального севооборотов составила по 40%, в плодосменном соответственно 80 и 20%.

Второй фактор составили четыре уровня удобренности (фактор Б): 1. Контроль без удобрений. 2. N₃₀P₃₀K₃₀. 3. N₄₀P₄₀K₄₀. 4. N₅₂P₅₂K₅₂ – в среднем на 1 га севооборотной площади. Вносили нитроаммофоску (NPK 16:16:16) или нитрофоску (NPK 12:12:12). Озимая пшеница и сахарная свекла испытывали непосредственное влияние минеральных удобрений, а ячмень и зернобобовые их последствие в севообороте. Нетоварную часть урожая заделывали в почву.

Урожайность зерновых учитывали методом сплошного обмолота с последующим пересчетом на чистое зерно при стандартной влажности. Для прогноза урожайности и контроля плодородия почвы использовали методику информационно-энергетического анализа. [1] Статистическая оценка совокупности ежегодных отклонений прогнозной урожайности от фактической выполнена на основании принадлежности их к площади под кривой нормального (гауссовое) распределения вероятностей. [4] Сидеральную массу и нетоварную часть урожая при расчете продуктивности севооборотов не учитывали, так как заделывали в почву.

Рассчитывали показатели экономико-экологической эффективности на основании урожайности культур в опыте и отчетов об отраслевых показателях деятельности организаций агропромышленного комплекса Курской области. Учтены затраты непосредственно связанные с получением урожая и на себестоимость продукции. Эколого-экономическую эффективность севооборотов оценивали по разнице между прибылью от реализации продукции и затратами на достижение уравновешенного баланса гумуса. Последние вычисляли через стоимость необходимого количества навоза.

Метеорологические условия для зерновых по годам значительно варьировали. Разница между наибольшим и наименьшим количеством осадков за период влагонакопления (поздняя осень – ранняя весна) – 1,7, а от весны до времени наступления полной спелости зерна – в 3 раза.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основу для прогноза урожайности составила закономерная взаимосвязь между накопленной посевами энергией (Е) и расходом воды (Р), зависящим от влагообеспеченности (М) и способности конкретных культур использовать воду, характеризующуюся безразмерным коэффициентом (Кр). Умножением последнего на влагообеспеченность (сумма весенних запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы с осадками за вегетационный период) определяли расход воды за вегетацию,

произведение которого на 0,567 ГДж/мм (прирост энергии фитомассы при расходе 1 мм воды) обеспечивало расчет накопленной посевами энергии и урожайности (через $K_{уо}$) в натуральном выражении (табл. 1).

Вероятность концентрации энергии в зерне (и в товарной части других культур севооборота) повышается при увеличении нормы азота в удобрениях. В прогнозных расчетах к $K_{уо}$ неудобренного варианта прибавляется тысячная доля от натурального логарифма действующего вещества азота в составе удобрений. Пригодность такого прогнозирования для озимой пшеницы и ярового ячменя подтверждена экспериментальными данными других научно-исследовательских учреждений региона. [7, 8, 10]

В стационарном опыте в среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы в пределах одинаковых норм удобрений оказалась на 30% больше, чем после бобов при меньших отклонениях ее прогнозных величин (табл. 2).

Эти различия в зависимости от предшественников не противоречат результатам других исследований в Центральном Черноземье. Увеличение норм удобрений способствовало повышению урожайности пшеницы после всех предшественников, но в меньшей степени после бобов. Относительная прибавка урожайности за семь лет в наиболее удобренном варианте, сравнительно с неудобренным, составила после черного пара, сидерального пара и бобов соответственно 36,8%, 33,6 и 23,0%.

Урожайность ячменя при размещении после люпина в среднем на всех фонах удобрений была на 12% большей, по сравнению с размещением его после кукурузы на силос (табл. 3). Прибавка урожайности к контролю в наиболее удобренном варианте составила 20...22%.

В годы исследований отклонения прогнозной урожайности от фактической отличались от среднелетних. По озимой пшенице они варьировали от -0,01...-0,84 до 0,05...0,47 т/га (от -2,0...-13,1 до 2,9...12,8%) после черного и сидерального паров, а после бобов на зерно оказалась в большинстве случаев выше наименьшей существенной разницы.

У ячменя отклонения в меньшую или большую сторону (исключение 2020 год, когда расчетная урожайность превысила фактическую в 1,3...1,4 раза из-за засухи во второй половине вегетации) были в основном в пределах достоверности различий независимо от предшественников. Лучшая точность прогнозов по этой культуре объясняется зависимостью урожайности от влагообеспеченности, а для озимой пшеницы решающее значение имела возможность получения своевременных и дружных всходов в зависимости от предшественников.

Несовпадение между прогнозной и экспериментальной урожайностью отразилось в трех стандартных отклонениях, оказавшихся под кривой нормального распределения (табл. 4), при котором внутри пределов двух стандартных отклонений находится 95,46% значений случайной величины. [4] Так как в агрономических исследованиях пользуются вероятностью 95% (HCP_{05}), а допустимая точность прогноза определяется точностью экс-

Таблица 1.
Порядок прогнозирования урожайности зерновых на примере данных стационарного опыта в варианте без удобрений, среднее за 2016–2022 годы

Предшественник	$M, мм$	Kp	$P, мм$	$E, ГДж$	$K_{уДж/т}$	Урожайность, т/га		
						ρ^*	φ^*	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$
Озимая пшеница								
Черный пар	455	0,72	327	186	0,025	4,65	4,61	0,9
Сидеральный пар	425	0,72	303	172	0,025	4,30	4,60	-7,0
Бобы на зерно	398	0,72	287	162	0,025	4,05	3,22	20,5
Ячмень яровой								
Кукуруза на силос	380	0,67	254	144	0,024	3,45	3,07	11,0
Люпин на зерно	393	0,67	263	149	0,024	3,58	3,35	6,5
Бобы на зерно								
Ячмень	399	0,65	259	147	0,018	2,64	2,71	-6,6
Люпин на зерно								
Сахарная свекла	360	0,65	234	133	0,018	2,39	2,37	0,8

Примечание. * – расчетная, φ – фактическая.

Таблица 2.
Сопоставление расчетной и фактической урожайности (т/га) озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений, среднее за 2016–2022 годы

Удобрение	Предшественник								
	черный пар			сидеральный пар			бобы на зерно		
	ρ	φ^*	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$	ρ	φ^*	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$	ρ	φ^*	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$
$N_0 P_0 K_0$	4,65	4,61	0,9	4,30	4,60	-6,5	4,05	3,22	20,5
$N_{60} P_{60} K_{60}$	5,18	5,21	-0,6	5,17	5,22	-1,0	4,58	3,90	14,8
$N_{80} P_{80} K_{80}$	5,60	5,48	2,1	5,44	5,51	-7,0	4,95	4,14	16,4
$N_{100} P_{100} K_{100}$	5,72	6,31	-5,9	5,56	6,15	-10,6	5,17	4,38	15,3
HCP_{05}	A	0,44							
	Б	0,39							
	АБ	0,75							

Таблица 3.
Сопоставление расчетной и фактической урожайности (т/га) ячменя ярового в зависимости от предшественников и удобрений, среднее за 2016–2022 годы

Внесено на 1 га севооборота	Предшественник					
	кукуруза на силос			люпин на зерно		
	ρ	φ	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$	ρ	φ	$\frac{\rho-\varphi}{\rho}, \%$
$N_0 P_0 K_0$	3,07	2,97	3,3	3,46	3,35	3,2
$N_{30} P_{30} K_{30}$	3,48	3,31	4,9	3,89	3,64	6,4
$N_{40} P_{40} K_{40}$	3,67	3,44	6,3	4,07	3,83	5,9
$N_{52} P_{52} K_{52}$	3,83	3,61	5,7	4,24	4,07	4,0
HCP_{05}	A	0,37				
	Б	0,38				
	АБ	0,45				

перимента, то описанный метод прогнозирования можно признать приемлемым для яровых зерновых и озимых после надежных предшественников. При внесении в почву с низким содержанием фосфора только азотных удобрений фактическая урожайность (и зерновая продуктивность севооборотов) бывает меньше ожидаемой. [3]

Таблица 4.
Статистическая оценка отклонения в годы исследований
расчетных величин урожайности озимой пшеницы и ячменя

Культура	Статистическая надежность, %		
	± δ*	± 2δ	± 3δ
Озимая пшеница после:			
черного пара	60,7	96,4	100,0
сидерального пара	53,6	96,4	100,0
бобов на зерно	10,7	28,6	100,0
Ячмень после:			
кукурузы на силос	75,0	96,4	100,0
люпина на зерно	75,0	96,4	100,0

Примечание. * – стандартное отклонение.

Выявленная взаимосвязь урожайности зерновых с нормами азота в удобрениях и влагообеспеченностью благодаря мониторингу последней, позволяет не только предотвращать перерасход азота, избыток которого в почве порождает ряд экологических проблем, но и целенаправленно влиять на формирование почвенного плодородия. [12, 13]

Для контроля над воспроизводством плодородия почвы важны закономерности: содержание обменной энергии в любой части урожая в ГДж (энергетический эквивалент кормовой единицы) равно полусумме азота и пентаоксида фосфора в кг (в зерне более двух третей приходится на азот); энергосодержание (ГДж) 1 т гумуса равно половине (кг) заключенного в ней азота [1] (в 1 т гумуса почвы опытного участка содержится 23 ГДж энергии или 46 кг азота). Отчуждение азота напрямую связано с количеством обменной энергии в товарной части урожая. Наличие его в доступной для растений форме зависит от внесения в почву минеральных удобрений, возврата с побочной продукцией,

направления трансформации зеленого удобрения и лабильной части гумуса. Рассчитанная с учетом перечисленных источников азота продуктивность севооборотов оказалась несколько завышенной (табл. 5). В большинстве случаев отклонения не превысили 10% без искажения действия изучаемых факторов.

В варианте без минеральных удобрений продуктивность всех севооборотов сформировалась в основном из-за наличия доступного азота при убыли гумуса – в зернопаропропашном севообороте на 73,3%, что в 1,2 раза больше, чем в сидеральном и плодосменном. Вклад азота минеральных удобрений в накопление отчуждаемой обменной энергии увеличивался по мере роста продуктивности пашни благодаря повышению уровня удобренности, способствующему уменьшению расхода гумуса. Благодаря последнему в наиболее удобренном варианте зернопаропропашного севооборота сформировалось 36,7% продуктивности или в два раза меньше, по сравнению с вариантом без удобрений. Это согласуется с законом возврата и тем фактом, что в условиях региона с увеличением норм удобрений уменьшается потребление азота из почвы, а его нехватка на формирование урожая при достаточной влагообеспеченности компенсируется минерализацией гумуса. [6, 9]

Наличие закономерностей для прогнозирования урожайности и воспроизводства плодородия почвы позволяет на этапе проектирования конкретных севооборотов (и при их модернизации) выбирать наиболее экономически целесообразные из возможных схем севооборотов применительно к специализации, финансовому состоянию и инфраструктуре сельхозпредприятий.

Во всех севооборотах нашего опыта повышение уровня удобренности способствовало улучшению

Таблица 5.
Формирование продуктивности севооборотов в зависимости от удобрений и состава культур, среднее за 2016–2022 годы

Удобрение	Накопление обменной энергии (ГДж/га в год) за счет								$\frac{\rho - \Phi}{\rho}, \%$
	минерализации					минеральных удобрений	всего		
	соломы зерновых	соломы бобовых	ботвы сахарной свеклы	сидерата	гумуса		ρ*	φ	
Зернопаропропашной севооборот									
N ₀ P ₀ K ₀	6,2	–	6,5	–	43,2	0,0	55,9	56,0	–0,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,3	–	6,9	–	33,8	20,0	67,0	61,9	7,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	6,4	–	7,0	–	30,8	26,6	70,8	65,7	7,2
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	6,5	–	7,1	–	28,0	34,6	76,2	68,8	9,7
Сидеральный севооборот									
N ₀ P ₀ K ₀	6,2	–	6,5	10,2	36,6	0,0	59,5	58,3	2,0
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,3	–	6,9	10,8	25,5	20,0	69,5	63,3	8,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	6,4	–	7,0	10,9	21,4	26,6	72,3	67,7	6,4
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	6,5	–	7,1	10,9	18,8	34,6	77,9	70,4	9,6
Плодосменный севооборот									
N ₀ P ₀ K ₀	6,0	6,8	6,5	–	34,3	0,0	53,6	52,3	2,4
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,2	6,8	6,9	–	22,8	20,0	62,7	56,7	9,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	6,3	6,8	7,0	–	20,5	26,6	67,2	60,0	10,7
N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	6,3	6,8	7,1	–	17,5	34,6	72,3	63,7	11,9

Таблица 6.

Экономико-экологическая эффективность севооборотов в зависимости от уровня удобрённости на 1 га в год, среднее за 2016–2022 годы

Показатель	Удобрение	Севооборот		
		зернопаропропашной	сидеральный	плодосменный
Стоимость продукции, тыс. руб.	$N_0 P_0 K_0$	40,9	42,2	47,8
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	44,6	45,9	52,3
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	46,8	47,7	55,1
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	50,1	51,2	58,7
Затраты на производство продукции, тыс. руб.	$N_0 P_0 K_0$	24,1	26,0	29,4
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	26,7	28,5	32,8
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	28,2	29,9	34,9
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	30,3	32,4	37,4
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	$N_0 P_0 K_0$	16,8	16,2	18,4
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	17,9	17,4	19,5
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	18,6	17,8	20,2
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	19,8	18,8	21,3
Уровень рентабельности производства продукции, %	$N_0 P_0 K_0$	69,7	62,3	62,7
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	67,0	61,1	59,5
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	66,0	59,5	58,0
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	65,3	58,0	56,9
Дефицит гумуса в почве, т	$N_0 P_0 K_0$	-1,88	-1,59	-1,49
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	-1,47	-1,11	-0,99
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	-1,34	-0,93	-0,89
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	-1,22	-0,82	-0,76
Стоимостная оценка дефицита гумуса, тыс. руб.	$N_0 P_0 K_0$	-9,4	-8,0	-7,4
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	-7,4	-5,6	-5,0
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	-6,7	-4,7	-4,4
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	-6,1	-4,1	-3,8
Годовой экономико-экологический эффект, тыс. руб.	$N_0 P_0 K_0$	7,4	8,2	11,0
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	10,5	11,8	14,5
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	11,9	13,1	15,8
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	13,7	14,7	17,5
Уровень экономико-экологической рентабельности, %	$N_0 P_0 K_0$	30,7	31,5	37,4
	$N_{30} P_{30} K_{30}$	39,3	41,4	44,2
	$N_{40} P_{40} K_{40}$	42,2	43,8	45,3
	$N_{52} P_{52} K_{52}$	45,2	45,4	46,8

экономических показателей (табл. 6). Стоимость продукции на наиболее удобренном фоне, по сравнению с вариантом без минеральных удобрений, увеличилась на 21...23%, но из-за роста затрат на производство продукции на 25...27% прибыль составила 16...18%. Это изменение соотношения между прибылью и затратами обусловило при большей удобренности некоторое уменьшение уровня рентабельности.

Экономика природы в земледелии и в общепринятом понимании совпадают в необходимости восстановления средств производства, поэтому затраты на воспроизводство плодородия почвы — аналог амортизационных отчислений. Затраты на воспроизводство плодородия уменьшались по мере повышения норм минерального удобрения. В биологизированных сидеральном (зеленое удобрение) и плодосменном (40% зернобобовых) севооборотах в неудобренном варианте оказались соответственно на 14,9 и 21,3% меньшими по сравнению с зернопаропропашным, а при наибольшем уровне удобрений в 1,5...1,6 раза. Наиболее удобренный вариант севооборотов пре-

взошел контрольный по экономико-экологическому эффекту в 1,6...1,8 раза, а по уровню экономико-экологической рентабельности — 1,3...1,5.

Таким образом, закономерные количественные взаимосвязи между накопленной посевами энергией из-за расхода посевами воды и вероятностью концентрации ее в товарной части урожая в зависимости от поступления в почву азота могут быть использованы для цифровизации непосредственного производства зерновых культур. Обязательное условие для принятия адекватных решений — отсутствие в севообороте заведомо неприемлемых чередований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Акименко А.С. Методика использования ресурсов в земледелии на основе информационно-энергетического анализа. Курск: ЮМЭКС, 2000. 76 с.
- Альт В.В., Чекусов М.С., Исакова С.П. Применение цифровых технологий при возделывании зерновых культур. Технические культуры // Научный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (2). С. 3–9. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.66.59.001.

3. Волюнкина О.В. Предельные прибавки урожайности сельскохозяйственных культур от азота и его окупаемость на черноземе // Плодородие. 2021. № 2. С. 9–14. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.03.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб. пособие. М.: Колос, 1973. 336 с.
5. Косогор С. Трансформация сельского хозяйства: цифровые возможности развития // Системы безопасности. 2022. № 3. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/transformaciya-selskogo-hozyajstva-cifrovye-vozmozhnosti-razvitiya> (дата обращения 15 марта 2023 года).
6. Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. Продуктивность зерносвекловичного севооборота при краткосрочном и длительном применении удобрений в ЦЧР // Земледелие. 2021. № 2. С. 18–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10204.
7. Новичихин А.М., Чайкин В.В. Урожайность сортов ярового ячменя при различных уровнях минерального питания в сочетании со стимуляторами роста // Агротехнический вестник. 2022. № 3. С. 10–16. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-002.
8. Тютюнов С.И., Солнцев П.И. Влияние интенсивности применения удобрений и средств защиты растений на урожайность культур в зернопропашном севообороте // Сахарная свекла. 2021. № 10. С. 33–36. DOI: 10.25802/SB.2021.92.47.007.
9. Цыгуткин А.С., Азаров А.В. Изучение влияния технологий возделывания сельскохозяйственных культур и почвы, как саморазвивающейся системы, на содержание гумуса // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 6. С. 44–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10608.
10. Шабалкин А.В., Драчева М.К., Воронцов В.А., Skorochkin Ю.П. Реакция ячменя на средства интенсификации и приемы обработки чернозёмных почв в северо-восточном регионе Черноземья // Земледелие. 2022. № 6. С. 41–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-41-45.
11. Шарков И.Н., Колбин С.А., Самохвалова Л.М. Проблема азота при использовании чернозема выщелоченного по интенсивной технологии в лесостепи Западной Сибири // Агротехника. 2021. № 2. С. 3–10. DOI: 10.31857/S0002188121020101.
12. Lubkowski K. Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge // Polish J. Chem. Technol. 2016. V. 18. P. 72–79.
13. Zhang W.F., Dou Z.X., He P. et al. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China // Proceed. Nat. Acad. Sci. USA. 2013. V. 110. № 21. P. 8375–8380.
2. Al't V.V., Chekusov M.S., Isakova S.P. Primenenie cifrovyyh tekhnologiy pri vozdeleyvanii zernovyh kul'tur. Tekhnicheskie kul'tury // Nauchnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2022. № 1 (2). S. 3–9. DOI: 10.54016/SVI-TOK.2022.66.59.001.
3. Volynkina O.V. Predel'nye pribavki urozhajnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur ot azota i ego okupaemost' na chernozeme // Plodorodie. 2021. № 2. S. 9–14. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.03.
4. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta: ucheb. posobie. M.: Kolos, 1973. 336 s.
5. Kosogor S. Transformaciya sel'skogo hozyajstva: cifrovye vozmozhnosti razvitiya // Sistemy bezopasnosti. 2022. № 3. URL: <https://www.secuteck.ru/articles/transformaciya-selskogo-hozyajstva-cifrovye-vozmozhnosti-razvitiya> (дата обращения 15 марта 2023 года).
6. Minakova O.A., Aleksandrova L.V., Podvigina T.N. Produktivnost' zernosveklivichnogo sevooborota pri kratkosrochnom i dlitel'nom primenenii udobrenij v CCHR // Zemledelie. 2021. № 2. S. 18–22. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10204.
7. Novichihin A.M., Chajkin V.V. Urozhajnost' sortov yarovogo yachmenya pri razlichnyh urovnnyah mineral'nogo pitaniya v sochetanii so stimulyatorami rosta // Agrohimičeskij vestnik. 2022. № 3. S. 10–16. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-002.
8. Tyutyunov S.I., Solncev P.I. Vliyanie intensivnosti primeneniya udobrenij i sredstv zashchity rastenij na urozhajnost' kul'tur v zernopropashnom sevooborote // Saharnaya svekla. 2021. № 10. S. 33–36. DOI: 10.25802/SB.2021.92.47.007.
9. Cygutkin A.S., Azarov A.V. Izuchenie vliyaniya tekhnologiy vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur i pochvy, kak samorazvivayushchejsya sistemy, na sodержание gumusa // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35. № 6. S. 44–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10608.
10. Shabalkin A.V., Dracheva M.K., Voroncov V.A., Skorochkin Yu.P. Reakciya yachmenya na sredstva intensivnizatsii i priyomy obrabotki chernozyomnyh pochv v severo-vostochnom regione Chernozem'ya // Zemledelie. 2022. № 6. S. 41–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-41-45.
11. Sharkov I.N., Kolbin S.A., Samohvalova L.M. Problema azota pri ispol'zovanii chernozema vyshchelochennogo po intensivnoj tekhnologii v lesostepi Zapadnoj Sibiri // Agrohimiya. 2021. № 2. S. 3–10. DOI: 10.31857/S0002188121020101.
12. Lubkowski K. Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge // Polish J. Chem. Technol. 2016. V. 18. P. 72–79.
13. Zhang W.F., Dou Z.X., He P. et al. New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China // Proceed. Nat. Acad. Sci. USA. 2013. V. 110. № 21. P. 8375–8380.

REFERENCES

1. Akimenko A.S. Metodika ispol'zovaniya resursov v zemledelii na osnove informacionno-energeticheskogo analiza. Kursk: YUMEKS, 2000. 76 s.

Поступила в редакцию 22.05.2023
Принята к публикации 05.06. 2023

ИЗУЧЕНИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ДАГЕСТАНА*

Белахан Абдурашидовна Баташева¹, доктор биологических наук
Ольга Николаевна Ковалева², кандидат биологических наук
Ренат Абдуллаевич Абдуллаев², кандидат биологических наук
Мизенфер Гаджисаидович Муслимов³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Евгений Евгеньевич Радченко², доктор биологических наук

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

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

³Дагестанский ГАУ имени М.М. Джамбулатова, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Аннотация. Дикорастущий ячмень – хорошее кормовое и почвоукрепляющее растение, широко распространен в Дагестане от приморской низменности до субальпийского пояса. Изучению дикорастущих видов ячменя (распространение, систематическое разнообразие) посвящены труды выдающихся ученых (Вавилов, Гроссгейм, Львов, Кобылянский, Омаров, Жуковский, Цвелева), которые в разрезе распространения и использования видов рода *Hordeum* в Дагестане обобщены Д.С. Омаровым. Дикорастущие виды интересны как носители селекционно ценных признаков и могут быть включены в селекционно генетические программы для возможной интрогрессии ценных генов в геном культурного ячменя с целью создания новых, перспективных с высоким адаптивным потенциалом сортов. На Дагестанской опытной станции ВИР в 2020–2022 годах изучено 114 образцов дикорастущих видов ячменя из коллекции ВИР для выявления их селекционной ценности. Выборка включала пять представителей: *H. spontaneum*, *H. bulbosum*, *H. murinum*, *H. hrasdanicum* и *H. glaucum* разного эколого-географического происхождения. Образцы оценены по устойчивости к широко распространенным в регионе грибным болезням ячменя (мучнистая роса, карликовая и желтая ржавчины). Показана меж- и внутривидовая дифференциация по резистентности к данным биотическим факторам. Отмечены устойчивые формы, рекомендуемые как источники и восприимчивые – как тестеры.

Ключевые слова: дикорастущие виды ячменя, биотические факторы, устойчивость, селекционная ценность

STUDY OF WILD BARLEY SPECIES IN SOUTHERN DAGESTAN CONDITIONS

B.A. Batasheva¹, Grand PhD in Biological Sciences
O.N. Kovaleva², PhD in Biological Sciences
R.A. Abdullaev², PhD in Biological Sciences
M.G. Muslimov³, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor
E.E. Radchenko², Grand PhD in Biological Sciences

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

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

³Dagestan State University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: kostek-kum@rambler.ru

Abstract. Wild-growing barley is widely distributed in Dagestan from the coastal lowland to the subalpine zone and is a good fodder and soil-strengthening plant. The study of wild-growing species of barley in the aspect: distribution, systematic diversity, significance are devoted to the works of prominent scientists (Vavilov, Grossheim, Lvov, Kobylansky, Omarov, Zhukovsky, Tsvelev), which, in the context of the distribution and use of species of the genus *Barley* in Dagestan, are summarized by Omarov D.S. [6] Wild species are of interest as carriers of valuable breeding traits and can be included in breeding and genetic programs for the possible introgression of valuable genes into the cultivated barley genotype in order to create new promising varieties with a high adaptive potential. At the Dagestan Experimental Station of VIR in 2020–2022 a field study of 114 samples of wild-growing barley species from the VIR collection was carried out to identify the breeding value of these “wild” forms of plants. The sample included representatives of five species: *H. spontaneum*, *H. bulbosum*, *H. murinum*, *H. hrasdanicum*, and *H. glaucum* of different ecological and geographical origin. The samples were evaluated for resistance to barley fungal diseases widespread in the region (powdery mildew, dwarf and yellow rust). Interspecific and intraspecific differentiation in terms of resistance to these biotic factors is shown. Resistant forms recommended as sources and susceptible forms as testers are noted.

Keywords: wild barley species, biotic factors, resistance, breeding value

* Работа выполнена на Дагестанской опытной станции в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве» / The work was carried out at the Dagestan experimental station within the framework of the state task according to the thematic plan of the VIR project No. FGEM-2022-0009 “Structuring and disclosure of the potential of hereditary variability of the world collection of grain and cereal crops of the VIR for the development of an optimized genbank and rational use in breeding and crop production”.

Изучение дикорастущих видов ячменя интересно из-за биологического разнообразия рода *Hordeum* L., возможной интрогрессии генов, определяющих селекционно ценные признаки в геном культурного ячменя, а также поиска диких форм, исторически сложившихся при развитии биотических и абиотических факторов среды, характерных почвенно-климатическим условиям региона.

Археологические исследования в Южном Дагестане свидетельствуют, что 4,5...5,0 тыс. лет назад местные жители возделывали пшеницу и ячмень. При этом наиболее распространен был голозерный ячмень. Академик Н.И. Вавилов считал Дагестан одним из важных регионов формообразования культурных растений. Здесь он во время экспедиций тридцатых годов искал ее безостые формы для подтверждения закона гомологических рядов в наследственной изменчивости. [6]

По современным данным род *Hordeum* L. включает 29 видов. [5, 8] Его дикорастущие виды обладают рядом ценных признаков (устойчивость к биотическим и абиотическим стрессовым факторам), поэтому их применение в интрогрессивной гибридизации интересно для расширения генетического разнообразия культурного ячменя. В зависимости от возможности использования в селекции культурного ячменя, генофонд видов рода подразделяют на три генетических пула: первичный (селекционные сорта; староместные сорта; дикорастущие подвиды, такие как *H. spontaneum* C.Koch ssp. *spontaneum* и *H. spontaneum* C.Koch ssp. *agriocrithon* Aoberg, которые свободно скрещиваются с культурным ячменем, дают плодовитое потомство); вторичный (*H. bulbosum* L.) и третичный (все остальные виды *Hordeum*). [8]

Среди диких видов известны формы, произрастающие на кислых и засоленных почвах, где рост культурных растений может быть затруднен. На засоленных почвах *H. spontaneum* C.Koch способен синтезировать больше органического вещества на единицу поглощаемого азота, фосфора и калия, чем культурные формы. [2]

При изучении устойчивости культурного и дикого ячменя к токсичным ионам алюминия показано, что вид *H. spontaneum* C.Koch более резистентен к действию токсичных ионов алюминия, чем *H. vulgare* L. [7]

Эффективные гены устойчивости к мучнистой росе выявлены у образцов *H. spontaneum* C.Koch. Ячмень луковичный (*H. bulbosum* L.) также имеет ряд ценных признаков (устойчивость к мучнистой росе, карликовой и желтой ржавчиной), которые могут быть интродуцированы при гибридизации их с помощью новых методов селекции.

Дикий ячмень, обладающий высокой адаптивностью к неблагоприятным условиям среды, — потенциальный источник ценного генетического материала. Его использование в селекционных программах, направленных на улучшение уже существующих и создание новых сортов, может внести существенный вклад.

Цель работы — изучить дикие виды ячменя из генофонда ВИР для поиска источников генетического материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 годах на Дагестанской опытной станции. Были взяты 114 образцов дикорастущих видов ячменя из коллекции ВИР. Полевые опыты закладывали в один срок

Таблица 1.

Материал исследования

Вид	Количество образцов, шт.
<i>H.spontaneum</i>	96
<i>H.bulbosum</i>	11
<i>H.murinum</i>	5
<i>H.hrasdanicum</i>	1
<i>H.glaucum</i>	1
Всего	114

Таблица 2.

Эколого-географическое происхождение образцов

Вид	Происхождение	Изучено образцов, шт./год		
		2020	2021	2022
<i>H.spontaneum</i>	Азербайджан			1
	Армения	8		3
	Афганистан		8	
	Германия			1
	Ирак	1		
	Иран	2	4	2
	Иордания		7	
	Кипр (о.Крит)	1		
	Киргизия	8		
	Пакистан		2	
	Сирия	13	3	
	Таджикистан	2	2	
	Туркмени	1		
	Турция		3	
Узбекистан		14	10	
Итого		36	43	17
Всего			96	
<i>H.bulbosum</i>	Азербайджан			1
	Армения			5
	Киргизия	1		
	Таджикистан	1		1
	Узбекистан		2	
Итого		2	2	7
Всего			11	
<i>H.murinum</i>	Азербайджан			1
	Армения			2
	Киргизия	1		
	Краснодарский край			1
Итого		1		4
Всего			5	
<i>H.hrasdanicum</i>	Армения			1
Итого				1
Всего		1		
<i>H.glaucum</i>	Армения			1
Итого				1
Всего				1

Таблица 3.

Устойчивость видов ячменя к мучнистой росе

Изучено образцов		Восприимчивые (1...3 балла)		Среднеустойчивые (5 баллов)		Устойчивые (7...9 баллов)	
шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
<i>H.spontaneum</i>							
96	100	54	56,3	29	30,2	13	13,5
<i>H.bulbosum</i>							
11	100	1	9,09	1	9,09	9	81,8
<i>H.murinum</i>							
5	100			4	80,0	1	20,0

Таблица 4.

Дикорастущий ячмень, устойчивый к мучнистой росе

Вид	Каталог ВИР	Происхождение
<i>H. spontaneum</i>	w – 290	Германия
	IG39998	Иордания
	IG40137	Иран
<i>H. bulbosum</i>	w – 861	Азербайджан
	и – 619022	Узбекистан

Таблица 5.

Устойчивость дикорастущих видов ячменя к карликовой ржавчине

Изучено образцов		Восприимчивые (1...3 балла)		Среднеустойчивые (5 баллов)		Устойчивые (7...9 баллов)	
шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
<i>H. spontaneum</i>							
96	100	19	19,8	26	27,1	51	53,1
<i>H. bulbosum</i>							
11	100					11	100
<i>H. murinum</i>							
5	100			1	20,0	4	80,0

при озимом посеве. Площадь питания одного растения – 5×20 см. Закладку опытов и полевые исследования провели в соответствии с Методическими указаниями ВИР. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Материал для изучения – образцы из мирового генофонда ВИР разного эколого-географического происхождения пяти видов. Из них *H.spontaneum* С.Koch характеризуется широким спектром распространения (табл. 1,2).

Проведена полевая оценка устойчивости образцов к широко распространенным в регионе грибным болезням (мучнистая роса, карликовая и желтая ржавчины). [1, 3]

Мучнистая роса (возбудитель – *Erysiphe graminis f.sp.hordei* Em. Marchal). Ежегодный естественный инфекционный фон развития болезни высокий, что позволяет достоверно оценить устойчивость коллекционных образцов к патогену (рис. 1, 2-я стр. обл.).

Признак изучен в разрезе видов (табл. 3). По степени поражения образцы разделены на три класса – восприимчивые, среднеустойчивые, устойчивые. Среди *H. spontaneum* выделено три класса: 56,3; 30,2

Таблица 6. Образцы дикорастущих видов ячменя, устойчивых к карликовой ржавчине

Вид	Каталог ВИР	Происхождение
<i>H.spontaneum</i>	w – 904	Сирия
	w – 908	Сирия
	и – 619041	Узбекистан
	и – 619042	Узбекистан
	и – 619043	Узбекистан
	и – 619058	Узбекистан
	и – 619059	Узбекистан
	и – 619060	Узбекистан
	и – 619115	Узбекистан
	и – 619116	Узбекистан
	и – 619119	Узбекистан
	IG11080	Сирия
	IG11578	Иордания
	IG11612	Турция
	IG13961	Афганистан
<i>H.bulbosum</i>	IG38622	Иордания
	IG38633	Иордания
	IG38653	Афганистан
	IG38669	Афганистан
	IG38692	Афганистан
	IG38695	Пакистан
	IG39852	Пакистан
	IG40142	Иран
	w – 11	Киргизия
	w – 644	Армения
w – 645	Армения	
w – 788	Таджикистан	
w – 791	Таджикистан	
w – 861	Азербайджан	
и – 619022	Узбекистан	
и – 619031	Узбекистан	
и – 630959	Армения	
и – 630960	Армения	
<i>H.glaucum</i>	и – 615578	Армения?
<i>H.murinum</i>	и – 615582	Армения

и 13,5% соответственно. Доля восприимчивых форм максимальна, устойчивых – минимальна, среднеустойчивых – средняя. *H. bulbosum* в целом (81,8%) устойчив к патогену, а у *H. murinum* большинство (80,0%) среднеустойчивых образцов.

В результате полевого изучения выделено пять образцов, устойчивых к мучнистой росе и рекомендуемых как источники (табл. 4).

Дикорастущий ячмень, устойчивый к мучнистой росе.

Карликовая ржавчина (возбудитель – *Puccinia hordei* Otth.) проявляется в фазе колошения (рис. 2, 2-я стр. обл.).

Проведена оценка полевой устойчивости образцов ко второму патогену (табл. 5).

Из *H. bulbosum* найдены только устойчивые формы. Образцы *H. spontaneum* также разделены на три класса, преобладают устойчивые формы (табл. 6).

Таблица 7.
Тестеры восприимчивости к карликовой ржавчине

Вид	Каталог ВИР	Происхождение
<i>H.spontaneum</i>	и – 623841	Армения
	и – 623812	Армения
	и – 625031	Армения
	и – 623835	Армения

Таблица 8.
Образцы, восприимчивые к желтой ржавчине

Каталог ВИР	Вид	Происхождение
и – 619116	<i>H. spontaneum</i>	Узбекистан
w – 644	<i>H. bulbosum</i>	Армения
w – 861		Азербайджан
и – 615580		Армения
w – 23	<i>H. murinum</i>	Азербайджан
w – 595		Краснодарский край
и – 615582		Армения
и – 615578	<i>H. glaucum</i>	Армения

Отмечены образцы *H. spontaneum* с устойчивостью в 1 балл, рекомендуемые как тестеры восприимчивости (табл. 7).

Из листовых пятнистостей ячменя наиболее вредоносна желтая ржавчина (возбудитель – *Puccinia striiformis West*). На сортах культурного ячменя болезнь практически не проявляется, на дикорастущих – развивается (рис. 3, 2-я стр. обл.).

По результатам полевых наблюдений отмечены восприимчивые к болезни образцы, рекомендуемые к использованию в качестве тестеров (табл. 8).

Таким образом, *H. bulbosum* в целом (81,8%) устойчивый к возбудителю мучнистой росы, большинство (80,0%) образцов *H. murinum* – среднеустойчивы к патогену.

Выделено пять устойчивых к мучнистой росе образцов, рекомендуемых как источники. Отмечены образцы *H. spontaneum* с устойчивостью в 1 балл к карликовой ржавчине и восприимчивые к желтой ржавчине, рекомендуемые как тестеры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баташева Б.А., Куркиев У.К., Магомедов М.М. Разнообразия ячменя в Дагестане. Дикорастущий вид *H. spontaneum* С.Коч. // Известия Горского ГАУ. 2018. Т. 55. № 4. С. 203.

2. Климашевский Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений. М. Агропромиздат, 1991. 415 с.

3. Кузнецова Т.Е., Серкин Н.В. Селекция ячменя на устойчивость к болезням // Краснодар. «Просвещение-Юг», 2006. 288 с.

4. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. С-Пб. ООО «Копи-Р», 2012. 63 с.

5. Лукьянова М.В., Трофимовская А.Я., Гудкова Г.Н. и др. Культурная флора СССР. Т. II. Ч. 2. Ячмень. Л. «Агропромиздат», 1990. 424 с.

6. Омаров Д.С. Генетические ресурсы ячменя в Дагестане // Ботанические и генетические ресурсы флоры Дагестана. Махачкала, 1981. С. 104–115.

7. Яковлева О.В., Капешинский А.М., Ковалева О.Н. Устойчивость культурного и дикого ячменя к действию токсичных ионов алюминия. Тр. по прикл. бот. ген. и сел. 2009. Т. 165. С. 51–54.

8. von Bothmer R., Jacobsen N., Baden C. et al. An ecogeographical study of the genus *Hordeum* (2nd edition). 1995. 129 p.

REFERENCES

1. Batasheva B.A., Kurkiev U.K., Magomedov M.M. Raznoobrazie yachmenya v Dagestane. Dikorastushchij vid *H.spontaneum* С.Koch. // Izvestiya Gorskogo GAU. 2018. T. 55. № 4. S. 203.

2. Klimashevskij E.L. Geneticheskij aspekt mineral'nogo pitaniya rastenij. M. Agropromizdat, 1991. 415 s.

3. Kuznecova T.E., Serkin N.V. Selekcija yachmenya na ustojchivost' k boleznjam // Krasnodar. "Prosveshchenie-Yug", 2006. 288 s.

4. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa. S-Pb. ООО "Kopi-R", 2012. 63 s.

5. Luk'yanova M.V., Trofimovskaya A.Ya., Gudkova G.N. i dr. Kul'turnaya flora SSSR. T. II. Ch. 2. Yachmen'. L. "Agropromizdat", 1990. 424 s.

6. Omarov D.S. Geneticheskie resursy yachmenya v Dagestane // Botanicheskie i geneticheskie resursy flory Dagestana. Mahachkala, 1981. S. 104–115.

7. Yakovleva O.V., Kapeshinskij A.M., Kovaleva O.N. Ustojchivost' kul'turnogo i dikogo yachmenya k dejstviyu toksichnyh ionov alyuminiya. Tr. po prikl. bot. gen. i sel. 2009. T. 165. S. 51–54.

8. von Bothmer R., Jacobsen N., Baden C. et al. An ecogeographical study of the genus *Hordeum* (2nd edition). 1995. 129 p.

Поступила в редакцию 05.05.2023

Принята к публикации 19.05.2023

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

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

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

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

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: maksimovvlad64@gmail.com

Аннотация. Важное условие роста производства продукции животноводства – создание устойчивой кормовой базы. Одна из перспективных фуражных культур – яровая тритикале. Главные ее достоинства – высокая устойчивость к вирусным и грибным болезням, экологическая пластичность, что позволяет возделывать ее в более экстремальных условиях, по сравнению с другими культурами. Устойчивость тритикале к стрессам (погодные факторы, почвенные условия) значительно выше, чем у других зерновых. Она способна давать стабильные урожаи на эродированных, песчаных, кислых, легких почвах, там, где пшеница существенно снижает урожайность. Но любая культура без использования удобрений не может раскрыть свой потенциал, особенно на бедных дерново-подзолистых почвах. Применение минеральных удобрений – это наиболее эффективный и быстродействующий метод повышения продуктивности. Отделом семеноводства зерновых культур на полях Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока проведены исследования по изучению влияния уровней и сроков внесения минеральных удобрений на зерновую продуктивность районированных и перспективных сортов яровой тритикале. Установлено, что наиболее продуктивными в 2020–2022 годах с урожайностью от 3,09 до 4,06 т/га, в зависимости от уровня минерального удобрения (фактор В), были сорта Доброе, Савва и КНИИСХ 9. Тимур и КНИИСХ 22 в среднем по фактору В обеспечили меньшую достоверную прибавку зерна к контрольному сорту Ровня. В среднем за три года достоверно к стандартному сорту Ровня наибольшую продуктивность, при этом самую низкую себестоимость произведенного килограмма зерна с наивысшим показателем уровня рентабельности, отмечены Доброе, Савва, КНИИСХ 9 на всех уровнях минерального питания и Тимур ($N_{30}P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$). По окупаемости 1 кг зерна кг действующего вещества внесенных удобрений урожайам выделены сорта Доброе ($N_{60}P_{60}K_{60}$) – 5,4 и Тимур ($N_{30}P_{60}K_{60}$) – 5,2 кг.

Ключевые слова: яровая тритикале, сорта, минеральные удобрения, урожайность, себестоимость

ECOLOGICAL TESTING OF SPRING TRITICALE NEW VARIETIES IN MARI EL REPUBLIC

V.A. Maksimov, PhD in Agricultural Sciences

Yu.A. Lapshin, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

R.I. Zolotareva, 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: maksimovvlad64@gmail.com

Abstract. An important condition for the growth of livestock production is the creation of a stable feed base. One of the promising forage crops is spring triticale. The main advantages of this crop are its high resistance to viral and fungal diseases, ecological plasticity, which allows it to be cultivated in more extreme conditions compared to other crops. Triticale resistance to stresses caused by both weather factors and soil conditions is significantly higher than that of other cereals. It is able to produce stable yields on eroded, sandy, acidic, light soils, where wheat significantly reduces yield. But any crop without the use of fertilizers cannot reveal its potential, especially on poor sod-podzolic soils. The use of mineral fertilizers is the most effective and fast-acting method of increasing the productivity of agricultural crops. The Department of seed production of grain crops in the fields of the Mari Research Institute – branch of the FGBNU FANC of the North-East conducted research to study the effect of levels and timing of mineral fertilizers on grain productivity of zoned and promising varieties of spring triticale. In the course of the study, it was found that the most productive in the conditions of the growing seasons for 2020–2022 with a yield of 3.09 to 4.06 t/ha, depending on the level of mineral fertilizer (factor B), were the varieties Dobroye, Savva and KNIISH 9. Varieties Timur and KNIISH 22 on average by factor B provided a smaller reliable increase in grain to the control grade Rovnya. On average over three years of tests reliably to the standard variety Rovnya highest productivity, with the lowest cost per kg of grain produced with the highest level of profitability, were the varieties Dobroe, Savva, KNIISH 9 at all levels of mineral nutrition and Timur (on background $N_{30}P_{60}K_{60}$ and $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{30}$). By recoupage of 1 kg of grain kg of the active substance of fertilizers made the yield stood out varieties Dobroe with indicators on the background of fertilizer $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 5.4 kg, and Timur $N_{30}P_{60}K_{60}$ – 5.2 kg.

Keywords: triticale, varieties, mineral fertilizers, yield, production cost

Ведущая отрасль сельского хозяйства Республики Марий Эл – животноводство, которое для дальнейшего наращивания объемов производства продуктов продовольствия нуждается в стабильной кормовой базе. Ученые республики изучают новые средства для увеличения производства объемов высококачественных кормов, в том числе и из-за более активной интродукции яровой тритикале и ее наиболее продуктивных сортов. [1] Устойчивость тритикале к стрессам (погодные факторы, почвенные условия) значительно выше, чем у других зерновых. Тритикале лучше переносит засуху, обладает повышенной устойчивостью к вирусным и грибным болезням, по сравнению с яровой пшеницей. Все это позволяет выращивать ее и на полях, где произрастание сортов яровой пшеницы затруднительно и экономически невыгодно. [3]

Урожайность во многом определяется генетикой сорта и его адаптивностью к почвенным и климатическим условиям региона. [13] С появлением высокопродуктивных сортов, обладающих хорошей адаптивной приспособленностью к стрессовым факторам окружающей среды, сельхозтоваропроизводители стали рассматривать тритикале как надежный источник производства кормового зерна с низкой себестоимостью. Площади, на которых высевается яровая тритикале в Республике Марий Эл, малы и недостаточны, в структуре посевных площадей составляют не более 0,5%. [2, 11] Успехи современной селекции переводят тритикале в ряд наиболее перспективных и хозяйственно востребованных кормовых культур. [3, 5, 6, 8] Благодаря адаптивности тритикале к условиям выращивания и значительно большему потенциалу урожайности на обедненных почвах она рациональнее использует имеющиеся почвенно-климатические ресурсы. [9] Величина урожая и качество зерна, в первую очередь, определяются биологическими особенностями сорта и условиями минерального удобрения. [11–14] Оба этих фактора в Республике Марий Эл недостаточно изучены и нуждаются в уточнении применительно к появившимся в последние годы высокопродуктивным сортам яровой тритикале нового поколения.

Цель работы – изучить влияние уровней и сроков внесения минеральных удобрений на зерновую продуктивность районированных и перспективных сортов яровой тритикале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – сорта яровой тритикале (*Ровня*, *Савва*, *Тимур*, *Доброе*, *КНИИСХ 22*, *КНИИСХ 9*). Контрольный сорт (*St*) – *Ровня*. Норма высева – 5 млн вх. семян/га.

Агротехника возделывания, кроме изучаемых факторов, эквивалентна применяемой и типична для яровых культур региона. Опытное поле расположено на территории Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Почва – дерново-подзолистая окультуренная. Содержание гумуса – 2,9% (по Тюрину, ГОСТ-26213-91), подвижного фосфора – 425 мг/кг почвы, обменного калия – 250 мг/кг почвы (по Кирсанову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207-91), сумма обменных оснований 34 мг-экв/100 г почвы

(по Каппену-Гильковицу, ГОСТ 27821-88), рН_{соль} – 6,1 (ГОСТ 26212-91).

Исследования проведены в соответствии с Методикой Государственного сортоиспытания [10], методикой полевого опыта по Доспехову. [4] Экономическую эффективность рассчитывали с учетом фактических затрат, используя данные технологических карт. [7] Использовали стоимостные параметры на зерновую продукцию, складывающиеся на рынке в осенний период. Статистическую обработку результатов осуществляли на ПЭВМ с пакетом программ прикладной статистики «Stat» (ИВЦ МарГУ, 1993).

Схема опыта. Фактор А – сорта яровой тритикале: *Ровня* (*St*), *Савва*, *Тимур*, *Доброе*, *КНИИСХ 22*, *КНИИСХ 9*. Фактор В – дозы минерального удобрения: В1 – без удобрений, В2 – N₃₀P₆₀K₆₀, В3 – N₆₀P₆₀K₆₀, В4 – N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ кущение.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Минеральные удобрения в условиях Евро-Северо-Востока России влияют на величину продуцируемой растениями общей биомассы и зерна. Нестабильная цена на минеральные удобрения и затраты, связанные с их логистикой и внесением, повышают стоимость производства кормового зерна. Уточнение величины наиболее экономически оправданных доз минеральных удобрений, применительно к конкретной почвенной разности, имеет большое значение. Экспериментальные данные полевых исследований за 2020–2022 годы свидетельствуют о том, что удобрения повлияли на уровень урожайности тритикале (табл. 1). Районированные в республике сорта *Доброе*, *Савва*, *КНИИСХ 9* Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко на неудобренном фоне продуцировали урожайность от 3,56 до 3,73 т/га и достоверно (НСР₀₅ – 0,183 т/га) превышали стандарт (*Ровня*), *Тимур* и *КНИИСХ 22* на неудобренном фоне по урожайности зерна не превышали его.

С увеличением уровня минерального удобрения до N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ зерновая продуктивность сортов, по сравнению с неудобренным фоном, выросла более чем на 0,78 т/га. Достоверную прибавку зерновой продуктивности на удобренных фонах, по сравнению со стандартом, обеспечивали *Доброе*, *Савва* и *КНИИСХ 9* – 3,73, 3,67 и 3,56 т/га соответственно.

Таким образом, наиболее продуктивными за 2020–2022 годы с урожайностью от 3,09 до 4,06 т/га, в зависимости от уровня минерального удобрения, были *Доброе*, *Савва* и *КНИИСХ 9*. *Тимур* и *КНИИСХ 22* в среднем по фактору В обеспечили меньшую достоверную прибавку зерна к контролю.

В сложившихся агроклиматических условиях за 2020–2022 годы сорта показали разную зерновую продуктивность, себестоимость и уровень рентабельности производства. При расчете экономической эффективности возделывания яровой тритикале исходили из сложившейся на потребительском рынке республики реализационной цены на кормовое зерно (12 руб./га). Возделывание испытываемых сортов было эффективным на всех фонах (табл. 2). Себестоимость производимой продукции *Ровня* (*St*) на фоне естественного плодородия почвы – 6,9 руб.,

Таблица 1.

Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой тритикале в среднем за 2020–2022 годы, т/га

Доза удобрений, (Фактор В)	Сорт (Фактор А)						Среднее по В
	Ровня	Савва	Тимур	Доброе	КНИИСХ 22	КНИИСХ 9	
Без НРК	2,89	3,21	2,82	3,09	2,86	3,09	2,99
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	3,38	3,69	3,60	3,76	3,32	3,54	3,55
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,55	3,89	3,58	4,06	3,46	3,77	3,72
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	3,55	3,90	3,86	4,00	3,43	3,85	3,77
Среднее по А	3,34	3,67	3,47	3,73	3,27	3,56	

Примечание. НСР₀₅ частных различий – 0,367, Фактор А – 0,183, Фактор В – 0,150, Фактор АВ – 0,150.

уровень рентабельности – 75%. В вариантах с минеральными удобрениями: N₃₀P₆₀K₆₀ – 6,5 руб., N₆₀P₆₀K₆₀ – 6,2, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ – 6,3 руб., рентабельность – 85, 93, 90% соответственно. Окупаемость 1 кг действующего вещества внесенных удобрений для *Ровни* – 3,1...3,7 кг зерна. При возделывании сорта *Савва* себестоимость 1 кг зерна без подкормки – 6,2 руб., рентабельность – 94%, N₃₀P₆₀K₆₀ – 5,9 руб., 102%, N₆₀P₆₀K₆₀ – 5,7, 111%, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ – 5,7 руб., 109%. Окупаемость 1 кг действующего вещества

Таблица 2.

Экономическая эффективность возделывания яровой тритикале в зависимости от сорта и доз удобрений, среднее за 2020–2022 годы

Сорт	Уровень минерального питания	Прибыль, тыс. руб./га	Себестоимость производства 1 кг зерна, руб.	Окупаемость 1 кг удобрений урожаем, кг	Рентабельность, %
<i>Ровня</i> , (St)	Без удобрений	14,9	6,9	–	75
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	18,7	6,5	3,2	85
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,5	6,2	3,7	93
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	20,2	6,3	3,1	90
<i>Савва</i>	Без удобрений	18,7	6,2	–	94
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	22,4	5,9	3,2	102
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,6	5,7	3,8	111
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	24,4	5,7	3,3	109
<i>Тимур</i>	Без удобрений	14,0	7,0	–	71
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	21,3	6,1	5,2	97
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	6,2	4,2	95
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	23,9	5,8	5,0	107
<i>Доброе</i>	Без удобрений	17,3	6,4	–	87
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	23,2	5,8	4,5	106
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26,6	5,4	5,4	120
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	25,6	5,6	4,3	114
<i>КНИИСХ 22</i>	Без удобрений	14,5	6,9	–	73
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	17,9	6,6	3,1	82
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	19,4	6,4	3,3	88
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	18,8	6,5	2,7	84
<i>КНИИСХ 9</i>	Без удобрений	17,3	6,4	–	87
	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	20,6	6,2	3,0	94
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,1	5,9	3,8	105
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ +N ₃₀	23,8	5,8	3,6	106

внесенных удобрений зерном в зависимости от фона составила 3,2 кг (N₃₀P₆₀K₆₀), 3,3 (N₆₀P₆₀K₆₀+N₃₀) и 3,8 кг (N₆₀P₆₀K₆₀).

Минимальная себестоимость 1 кг зерна, по сравнению с *Ровней* отмечена у сорта *Доброе* – 5,4 руб. (N₆₀P₆₀K₆₀), 5,6 (N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀) и 5,8 руб. (N₃₀P₆₀K₆₀), уровень рентабельности – 120, 114 и 106% соответственно. Окупаемость 1 кг удобрения N₆₀P₆₀K₆₀ была максимальной – 5,4 кг зерна.

У *КНИИСХ 9* на фоне без удобрений себестоимость 1 кг зерна – 6,4 руб., что на 0,5 руб. ниже, чем у *Ровни*, с N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ – 5,8 руб., N₆₀P₆₀K₆₀ – 5,9, N₃₀P₆₀K₆₀ – 6,2 руб., рентабельность – 106, 105, 94% соответственно. Окупаемость 1 кг зерна на кг действующего вещества удобрений в зависимости от фона – 3,6, 3,8 и 3,0 кг соответственно. При возделывании сортов *Тимур* и *КНИИСХ 22* себестоимость производства 1 кг зерна без удобрения была примерно на одинаковом уровне – 6,9 и 7,0 руб., рентабельность – 73 и 71%. Почти равные показатели себестоимости и рентабельности в вариантах с удобрениями, по сравнению со стандартом. *Тимур* в отличие от *Ровни*, *Саввы*, *КНИИСХ 9*, *КНИИСХ 22* показал хорошую окупаемость 1 кг удобрения зерном в зависимости от внесения НРК: N₃₀P₆₀K₆₀ – 5,2, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀ – 5,0, N₆₀P₆₀K₆₀ – 4,2 кг зерна. У сортов *Доброе*, *Савва*, *КНИИСХ 9* на всех фонах и у *Тимура* (N₃₀P₆₀K₆₀, N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀) с увеличением уровня минерального питания существенно уменьшалась себестоимость зерна (на 0,3...0,8 руб./кг), что обеспечивало прибыльность производства кормового зерна (на 1,9...6,1 тыс. руб./га), несмотря на растущие затраты. При этом рентабельность производства кормового зерна на удобренных фонах варьировала от 94 до 120%, что на 10...29% больше, чем на неудобренном.

Выводы. В среднем за три года испытаний достоверно к стандарту *Ровня* сорта *Доброе*, *Савва*, *КНИИСХ 9* на всех уровнях минерального питания обеспечивали высокую зерновую продуктивность, низкую себестоимость произведенного килограмма кормового зерна и высокую рентабельность. *Тимур* превосходил стандарт лишь в вариантах применения минерального питания в дозах N₃₀P₆₀K₆₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ + N₃₀. Наибольшую окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений урожаем зерна сорта обеспечивали при их внесении под предпосевную культивацию – *Доброе* (N₆₀P₆₀K₆₀ – 5,4 кг), *Тимур* (N₃₀P₆₀K₆₀ – 5,2 кг).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абделькави Р.Н.Ф. Сравнительная характеристика отдельных генотипов яровой тритикале по признакам урожайности и качества зерна // Мат. V Межд. науч.-практ. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 3–6.
2. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1. С. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.
3. Бирюков К.Н., Грабовец А.И., Крохмаль А.В. Некоторые аспекты технологии возделывания ярового тритикале на севере Ростовской области / Тритикале. Агротехника, технологии использования зерна и кормов. Мат. Межд. науч.-практ. конф. «Тритикале и ста-

- билизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». Ростов на Дону, 2016. С. 6–12.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2011. 352 с.
 5. Зинченко В.Е., Кулыгин В.А., Гринько А.В., Вошедский Н.Н. Влияние приемов возделывания на урожайность яровой тритикале в условиях обыкновенных черноземов / Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. № 4 (32). 2018. С. 250–265. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-250-265.
 6. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П. Новый сорт яровой тритикале Савва / Мат. V межд. науч.-практ. конф. «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве». Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019. С. 81–84.
 7. Кокурин Т.П., Прохорова Н.Н. Методические указания по расчету экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских работ для условий Северо-Востока европейской части РФ // СВ НМЦ РАСХН, типография НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, 2008. 65 с.
 8. Лапшин Ю.А., Новоселов С.И., Данилов А.В. Влияние минеральных удобрений на продуктивность яровой тритикале в условиях Республики Марий Эл / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (56). С. 74–81. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-13074.
 9. Лапшин Ю.А., Максимов В.А., Золотарева Р.И. Влияние агроклиматических условий и минеральных удобрений на зерновую продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл / Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022; 23 (3): 307–317. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.307-317.
 10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. Вып. 1, 2. 267 с.
 11. Тысленко А.М., Скатова С.Е., Зувев Д.В., Лачин А.Г. Итоги селекции ярового тритикале в Верхневолжском федеральном аграрном научном центре / Научно-производственный журнал «Зерновые и крупяные культуры». № 2 (34). 2020. С. 90–95. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11175.
 12. Федюшкин А.В., Пасько С.В., Парамонов В.А. Развитие растений ярового тритикале в зависимости от предшественника и доз азотных удобрений // Тритикале: мат. Межд. науч.-практ. конф. «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». Ростов на Дону, 2018. С. 209–216.
 13. Федюшкин А.В., Пасько С.В. Развитие растений ярового тритикале в зависимости от предшественника и азотных удобрений / International Journal of Humanities and Sciences. Vol. 8 (47). 2020. С. 73–77.
 14. Wysokinski A., Kuziemska B. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. Plant Soil Environ. 2019. 65: 145–151.
 1. Abdel’kavi R.N.F. Sravnitel’naya charakteristika otdel’nyh genotipov yarovoj tritikale po priznakam urozhajnosti i kachestva zerna // Мат. V Mezhd. nauch.-prakt. konf. “Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve”. Киров: FANC Severo-Vostoka, 2019. S. 3–6.
 2. Aseeva T.A., Zenkina K.V. Ekologicheskaya ustojchivost’ tritikale k neblagopriyatnym faktoram okruzhayushchej sredy // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2020. T. 15. № 1. S. 49–59. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-1-49-59.
 3. Biryukov K.N., Grabovec A.I., Krohmal’ A.V. Nekotorye aspekty tekhnologii vzdelyvaniya yarovogo tritikale na severe Rostovskoj oblasti / Tritikale. Agrotekhnika, tekhnologii ispol’zovaniya zerna i kormov. Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. “Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov ih pererabotki”. Ростов на Дону, 2016. С. 6–12.
 4. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul’tatov issledovaniy. M.: Al’yans, 2011. 352 s.
 5. Zinchenko V.E., Kulygin V.A., Grin’ko A.V., Voshedskij N.N. Vliyaniye priemov vzdelyvaniya na urozhajnost’ yarovoj tritikale v usloviyah obyknovennykh chernozemov / Nauchnyy zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. № 4 (32). 2018. S. 250–265. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-4-250-265.
 6. Kovtunenکو V.Ya., Panchenko V.V., Kalmysk A.P. Novyy sort yarovoj tritikale Savva / Мат. V mezhd. nauch.-prakt. konf. “Metody i tekhnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve”. Киров: FANC Severo-Vostoka, 2019. S. 81–84.
 7. Kokurin T.P., Prohorova N.N. Metodicheskie ukazaniya po raschetu ekonomicheskoy effektivnosti ispol’zovaniya v sel’skom hozyajstve rezul’tatov nauchno-issledovatel’skih rabot dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti RF // SV NMC RASKHN, tipografiya NIISKH Severo-Vostoka im. N.V. Rudnickogo, Киров, 2008. 65 s.
 8. Lapshin Yu.A., Novoselov S.I., Danilov A.V. Vliyaniye mineral’nykh udobrenij na produktivnost’ yarovogo tritikale v usloviyah Respubliki Marij El / Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (56). S. 74–81. Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-13074>.
 9. Lapshin Yu.A., Maksimov V.A., Zolotareva R.I. Vliyaniye agroklimaticheskikh uslovij i mineral’nykh udobrenij na zernovuyu produktivnost’ yarovogo tritikale v usloviyah Respubliki Marij El / Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. 2022; 23(3): 307–317. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.307-317.
 10. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel’skohozyajstvennykh kul’tur. M.: Kolos, 1985. Vyp. 1,2. 267 s.
 11. Tyslenko A.M., Skatova S.E., Zuev D.V., Lachin A.G. Itogi selekcii yarovogo tritikale v Verhnevolszhskom federal’nom agrarnom nauchnom centre / Nauchno-proizvodstvennyy zhurnal «Zernovye i krupyanye kul’tury». № 2 (34). 2020. S. 90–95. DOI: 10.24411/2309-348H-2020-11175.
 12. Fedyushkin A.V., Pas’ko S.V., Paramonov V.A. Razvitie rastenij yarovogo tritikale v zavisimosti ot predshestvennika i doz azotnykh udobrenij // Tritikale: mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. “Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov ih pererabotki”. Ростов на Дону, 2018. S. 209–216.
 13. Fedyushkin A.V., Pas’ko S.V. Razvitie rastenij yarovogo tritikale v zavisimosti ot predshestvennika i azotnykh udobrenij / International Journal of Humanities and Sciences. Vol. 8 (47). 2020. S. 73–77.
 14. Wysokinski A., Kuziemska B. The sources of nitrogen for yellow lupine and spring triticale in their intercropping. Plant Soil Environ. 2019. 65: 145–151.

REFERENCES

Поступила в редакцию 06.04.2023

Принята к публикации 20.04.2023

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ СОРТА ГЕОРГИЯ В РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Марина Николаевна Захарова, *старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-9610-1743*

Людмила Васильевна Рожкова, *научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-6399-707X*

Вера Алексеевна Свирина, *старший научный сотрудник*

Виталий Геннадиевич Черногаев, *младший научный сотрудник*

Институт семеноводства и агротехнологий –

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

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. В статье приведены результаты двухлетних испытаний, дана сравнительная оценка бактериального препарата и химических протравителей на продуктивность сои сорта Георгия. В схеме опыта изучали инокулянт Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га и химические препараты Тирада, СК – 2,0 л/т + Табу, ВСК – 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га. Исследования проводили в 2021 и 2022 годах на опытном поле института. Почва – темно-серая лесная тяжелосуглинистая – содержание гумуса – 3,8%, подвижного калия – 153 мг/кг, подвижного фосфора – 226 мг/кг, рН – 4,88. Предшественник – озимая пшеница. Определение всхожести семян сои показало, что лабораторная и полевая всхожести при использовании инокулянта (вариант 2) и химических протравителей + инокулянт (вариант 3) практически не отличались от контроля, были на уровне 86–91,4%. Сохранность растений к уборке на 6,5–14,1% больше, чем в контроле. Двухлетние испытания элементов технологии при возделывании сои с инокулянтом Нитрагин КМ, СП и химическими протравителями установили их положительное влияние на продуктивность культуры. Сохранность растений к уборке составила 84,5–92,1%, урожайность культуры увеличилась на 113,6–125,8%.

Ключевые слова: соя, инокулянт, клубеньки, протравитель, урожайность, технология

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGY ELEMENTS ON THE SOYBEAN GEORGIA'S VARIETY YIELD IN THE RYAZAN REGION

M.N. Zakharova, *Senior Researcher*

L.V. Rozhkova, *Researcher*

V.A. Svirina, *Senior Researcher*

V.G. Chernogaev, *Junior Researcher*

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies –

branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Podvyazye village, Ryazan region, Russia

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. The article presents the results of two-year tests and gives a comparative assessment of the bacterial preparation and chemical disinfectants on the productivity of soybeans of the George variety. In the scheme of the experiment, the inoculant Nitragin KM was studied, SP – 0.08 kg/1 ha seed rate and chemical preparations Tirada, SC – 2.0 l/t + Tabu, HSK – 1.0 l/t + Nitragin KM, SP – 0.08 kg/1 ha seed rate. The studies were conducted in 2021 and 2022 at the experimental field of the institute. Soil: dark gray forest heavy loam, humus content 3.8%, mobile potassium 153 mg/kg, mobile phosphorus 226 mg/kg, pH – 4.88, exchange calcium. The predecessor is winter wheat. Determination of germination of soybean seeds showed that laboratory and field germination when using an inoculant (option 2) and chemical disinfectants + an inoculant (option 3) practically did not differ from the control variant and were at the level of 86% – 91.4%. The safety of plants for harvesting was 6.5% – 14.1% more than in the control. Two-year testing of technology elements in the cultivation of soybeans using the inoculant Nitragin KM, SP and chemical disinfectants had a positive effect on the productivity of the crop. The safety of plants for harvesting was 84.5–92.1%, the yield of the crop increased by 113.6–125.8%.

Keywords: soybeans, inoculant, nodules, disinfectant, yield, technology

Технология возделывания культуры предусматривает применение агротехнических приемов, обеспечивающих условия для ее роста и развития: оптимальные сроки и способы сева; нормы высева; районированные сорта с разными сроками созревания, устойчивые к основным вредителям и болезням, адаптированные к местным условиям; система основной и допосевной обработки почвы с учетом ее агрофизических свойств, степени засоренности и видового состава сорных растений; уход за посевами; удобрения и средства защиты от вредных организмов. [11]

Современное индустриальное сельское хозяйство – серьезный дестабилизирующий фактор для окружающей среды, приводящий к снижению естественного биоразнообразия, истощению почвенного плодородия, загрязнению природных сред минеральными удобрениями, мелиорантами, пестицидами, отходами животноводства. Оптимизация экологического состояния агроландшафтов возможна на основе рационального сочетания различных видов минеральных удобрений и биопрепаратов. Основные механизмы их полезного действия на растение: улучшение питания растений (повы-

шение коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы); оптимизация фосфорного питания; фиксация атмосферного азота (улучшение азотного питания), стимуляция роста и развития растений, подавление развития фитопатогенов, повышение устойчивости растений к стрессовым условиям (рост продуктивности растений на фоне водного дефицита, неблагоприятных температур, повышения кислотности, засоления или загрязнения почвы). [2, 3, 16]

Происходящее изменение вызывает необходимость корректировки технологий в сельскохозяйственном производстве. [5] Современные агротехнологии должны включать в себя элементы, способные повышать адаптивность растений и стрессоустойчивость. [5]

Повышение стрессоустойчивости и адаптивности растений можно решить оптимальным подбором сорта и научно-обоснованными мероприятиями (предшественник, способ обработки почвы, удобрения, защиты). [2]

Авторы [7, 9, 12] считают, что для повышения урожайности культур необходимо применять удобрения и пестициды. Для выращивания экологически чистой продукции во многих странах внедряют в сельскохозяйственное производство биопрепараты. [9]

Элемент, влияющий на урожайность культуры, – азот. Известно, что на 1 ц урожая сое требуется от 7 до 10 кг азота. Усвоение азота из воздуха идет беспрепятственно только в симбиозе (сожительство) с бобовыми. [13] Для обеспечения наличия активных клубеньков, растения перед посевом обрабатывают бактериальным препаратом. [17]

Препарат Нитрагин КМ, СП – удобрение для бобовых культур, но не содержит стандартных питательных веществ. Действующие элементы – почвенные микроорганизмы, которые при попадании в грунт содействуют улучшению питания корневой системы и усиливают биоклиматические процессы. На корнях формируются особые клубеньки. Развиваясь в клубеньках, бактерии связывают атмосферный азот, содействуя его эффективному усвоению. Препарат способствует накоплению азота в почве, равномерному распределению во всех фазах развития растений, повышает содержание белка в урожае. Нитрагин КМ повышает урожайность бобовых культур. [10]

Современное сельскохозяйственное производство должно быть направлено на сохранение и воспроизводство плодородия почвы, требуется постоянно поддерживать баланс питательных веществ, осуществляя возврат минеральных элементов, вынесенных урожаем. Оптимальное использование удобрений в технологиях возможно лишь при их рациональном сочетании с комплексом биологических препаратов. [4, 6, 14, 16, 18]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Испытание препаратов проводили в 2021–2022 годах на опытном поле института ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Объект исследования – сорт сои *Геоργия* селекции ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, инокулянт Нитрагин КМ, СП,

фунгицидный протравитель Тирада, СК, инсектицидный протравитель Табу, ВСК.

Почва – темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 3,8%, подвижного калия – 153 мг/кг, подвижного фосфора 226 мг/кг, рН – 4,88. Предшественник – озимая пшеница. Площадь делянки – 50 м², учетная – 10 м², повторность четырехкратная.

Схема опыта: 1. Контроль (без обработки), 2. Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га, 3. Тирада, СК – 2,0 л/т + Табу, ВСК – 1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га. Агротехника общепринятая для возделывания культуры в Рязанской области. Обрабатывали семена перед посевом согласно регламентам работы с инокулянтами. В течение вегетации проводили наблюдения по фазам развития культуры. [8, 15]

Учет клубеньков и их массы осуществляли в динамике от образования третьего тройчатого листа до фазы плодобразования, через 10...15 дн. методом отбора монолитов почвы с корнями и надземной биомассой растений.

Данные статистически обрабатывали с помощью одно- и двухфакторного дисперсионного анализа с проверкой значимости различий между выборками с использованием критерия Фишера и НСР при уровне значимости 5%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия вегетационного периода 2021 года были не совсем благоприятными для нормального развития сои. Они отличались колебаниями температурного режима и превышением среднесуточных показателей в мае на 4,5°C, июне – 6,2, июле – 7,1°C и неравномерным выпадением осадков. В мае и июне осадки превысили среднесуточную норму на 2,5 и 17,3 мм, в июле выпало меньше нормы на 22,9 мм. В целом осадков было меньше среднесуточных значений на 33,3 мм.

Вегетационный период 2022 года по гидротермическому коэффициенту – засушливый. В I и II декадах июня растения сои развивались в относительно оптимальных условиях, при среднесуточной температуре 20,8°C. Уровень выпавших осадков за этот период равен средним многолетним значениям. В III декаде июня растения начали испытывать стресс из-за повышенных температур на фоне начинающегося недостатка влаги. I декада июля сопровождалась повышенной температурой воздуха (на 7,1°C) и полным отсутствием осадков. В июле средняя температура воздуха была на 5,2°C больше среднесуточных значений, осадков выпало 25,0% нормы. Средняя температура воздуха в фазе налива семян сои – 25,5°C, что выше оптимальной температуры для данной фазы развития сои в среднем на 4°C, максимальная температура – 34,0°C. Август отличился жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха на 6,9...11,50°C выше среднесуточных значений. Осадков выпало 12,8 мм, что на 46,2 мм ниже среднесуточных.

Лабораторная и полевая всхожести семян сои при использовании инокулянта (вариант 2) и химических протравителей + инокулянт (вариант 3) практически не отличались от контроля – 86...91,4%

Таблица 1.
Полевая всхожесть и сохранность растений сои, среднее за 2021–2022 годы

Вариант	Всхожесть, %		Сохранность к уборке растений, %
	лабораторная	полевая	
1. Контроль	91,0	86,0	78,0
2. Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га	91,2	87,5	84,5
3. Тирада, СК-2,0л/т + Табу, ВСК-1,0 л/т + Нитрагин КМ, СП-0,08 кг/га	91,4	87,5	92,1

Таблица 2.
Количество и масса клубеньков на корнях сои в зависимости от обработок, среднее за 2021–2022 годы

Вариант	Количество клубеньков, шт./раст.			Масса сырых клубеньков, г/раст.		
	ветвление	цветение	образование бобов	ветвление	цветение	образование бобов
1. Контроль	7,05	8,16	22,03	0,11	0,14	0,61
2. Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га	7,35	9,29	13,78	0,09	0,12	0,53
3. Тирада, СК-2,0л/т + Табу, ВСК-1,0л/т + Нитрагин КМ, СП-0,08 кг/га	11,2	12,33	16,4	0,16	0,19	0,23
НСР ₀₅	A=0,13; B=0,13; AB=0,23			A=0,02; B=0,02; AB=0,04		

Таблица 3.
Влияние обработок на урожайность сои сорта Георгия, среднее за 2021–2022 годы

Вариант	Урожайность сои		
	т/га	± к контролю, т/га	%
1. Контроль	1,98	–	100
2. Нитрагин КМ, СП – 0,08 кг/га	2,25	0,27	113,6
3. Тирада, СК-2,0л/т + Табу, ВСК-1,0л/т + Нитрагин КМ, СП-0,08 кг/га	2,49	0,31	125,8
НСР ₀₅	–	0,21 (Fф>Fт)	9,82

(табл. 1). Сохранность растений к уборке была на 6,5...14,1% больше, чем в контроле.

Сравнение данных элементов технологии при предпосевной обработке семян изучаемыми препаратами по-разному повлияла на формирование симбиотического аппарата растений (табл. 2). Учет клубеньков в фазе ветвления показал, что в варианте 2 количество клубеньков составило 7,35 шт./раст., в варианте 3 – 11,2 шт./раст., что превысило контроль на 0,3 и 4,15 шт./раст. соответственно. Максимальное количество клубеньков сформировалось к фазе образования бобов: контроль – 22,03 шт./раст., варианты 2 и 3 – на 8,25...5,63 шт. меньше, чем в контроле.

Из-за засушливых условий масса сырых клубеньков была невысокой, наибольшая масса на одно растение получена в контроле. Превышение над другими вариантами составило 0,08...0,38 г/раст.

Применение препаратов способствовало увеличению урожайности культуры на 0,27...0,31 т/га, по

сравнению с контролем без обработки, в основном из-за повышенной сохранности растений к уборке на указанных вариантах (табл. 3).

Анализ полученной урожайности показывает, что при уровне значимости $p = 0,05$ разность вариантов с контролем признается существенной. Вариант 3 (химические протравители + инокулянт) показывает наибольшее достоверное отличие, что свидетельствует о выраженном действии комплексного применения инокулянта и протравителей на урожайность культуры.

Выводы. Двухлетние испытания элементов технологии при возделывании сои с инокулянтом Нитрагин КМ, СП и химическими протравителями положительно повлияли на продуктивность культуры. Сохранность растений к уборке составила 84,5...92,1%, урожайность увеличилась на 113,6...125,8%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. АгроЭкспертГрупп. Соя. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agroex.ru> (Дата обращения 20.03.2023).
2. Акулов А.С., Васильчиков А.Г. Изучение эффективности применения стимулятора роста Альфастрим и органоминерального микроудобрения ПолидонБио при возделывании сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2. С. 72–76.
3. Андреев А.А., Драчева М.К. Оценка действия препарата ЭПИВИО на рост и продуктивность сои // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 2. С. 77–79.
4. Артохин К.С., Игнатова П.К. Защита зерновых колосовых культур от вредителей // Прил. «Защита и карантин растений». 2017. № 2. 80 с.
5. Бойко Ю.Ю. Тенденция научного обеспечения производства сои в России. Сборник материалов X Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов 26–27 февраля, ВНИИМК, 2019. 254 с.
6. Власова Л.М., Попова О.В. Фунгицидные композиции для обработки семян зерновых культур // Защита и карантин растений. 2021. № 8. С. 15–17.
7. Дорожкина Л.А. Применение регуляторов роста и микроудобрений для повышения урожайности и качества зерна зерновых культур в условиях Рязанской области // Аграрный форум. 2017. № 7 (13).
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 185 с.
9. Зокова Р.В., Козырева М.Ю., Базаева Л.М. Агроэкологические приемы повышения продуктивности растений озимого ячменя / Мат. науч.- практ. конф. Изд-во: Владикавказ: Горский ГАУ, 2017. С. 16–20.
10. Инструкция по применению Нитрогина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dachamechty.site/udobreniya/nitragin.html> (Дата обращения 20.03.2023).
11. Лукьянчук М.П., Дега Л.А., Хаебибулина О.И. Регуляторы роста и биопрепараты в защите сои от церкоспороза // Защита и карантин растений. 2018. № 9. С. 23–24.
12. Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. М.: Агропромиздат, 1990. 287 с.
13. Поступление и превращение азота в растениях. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://knowledge.allbest.ru> (Дата обращения 20.03.2023).
14. Ревкова М.А., Силаев А.И. Препараты Туарег и Кинг Комби для защиты ярового ячменя от корневых гнилей // Защита и карантин растений. 2021. № 3. С. 16–17.

15. Руководство по проведению регистрационных испытаний регуляторов роста растений, дефолиантов и десикантов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание / Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.М. и др. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 216 с.
16. Сабирова Т.П., Сабиров Р.А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43) С. 18–22.
17. Синишин О.Г., Шаповал О.А., Шулиева М.М. Инновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве // Плодородие. 2016. № 5. С. 38–42.
18. Тычинская И.А., Зеленев А.А., Мерцалов Е.Н., Михалева Е.С. Влияние препаратов Биоклад и Вермикс на элементы продуктивности, урожайность и качественные показатели ярового ячменя // Земледелие. 2021. № 4. С. 7–10.
19. Шафран С.А., Хачидзе А.С., Мамедов М.Г., Васильев А.И. Эффективность азотного удобрения зерновых культур различных сортов // Агротехника. 2006. № 7. С. 13–19.
7. Dorozhkina L.A. Primenenie regulyatorov rosta i mikroudobreniy dlya povysheniya urozhajnosti i kachestva zerna zernovykh kul'tur v usloviyah Ryazanskoj oblasti // Agrarnyj forum. 2017. № 7 (13).
8. Dospekhov V.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat, 1985. 185 s.
9. Zokoeva R.V., Kozyreva M.Yu., Bazaeva L.M. Agroekologicheskie priemy povysheniya produktivnosti rastenij ozimogo yachmenya / Mat. nauch.- prakt. konf. Izd-vo: Vladikavkaz: Gorskij GAU, 2017. S. 16–20.
10. Instrukciya po primeneniyu Nitrogina. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://dachamechty.site/udobreniya/nitragin.html> (Data obrashcheniya 20.03.2023).
11. Luk'yanchuk M.P., Dega L.A., Haebibulina O.I. Regulyatory rosta i biopreparaty v zashchite soi ot cercosporoza // Zashchita i karantin rastenij. 2018. № 9. S. 23–24.
12. Mineev V.G. Himizaciya zemledeliya i prirodnyaya sreda. M.: Agropromizdat, 1990. 287 s.
13. Postuplenie i prevrashchenie azota v rasteniyah. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://knowledge.allbest.ru> (Data obrashcheniya 20.03.2023).
14. Revkova M.A., Silaev A.I. Preparaty Tuareg i King Kombi dlya zashchity yarovogo yachmenya ot kornevykh gnilej // Zashchita i karantin rastenij. 2021. № 3. S. 16–17.
15. Rukovodstvo po provedeniyu registracionnykh ispytaniy regulyatorov rosta rastenij, defoliantov i desikantov v sel'skom hozyajstve: proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie / Sychev V.G., Shapoval O.A., Mozharova I.M. i dr. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2016. 216 s.
16. Sabirova T.P., Sabirov R.A. Vliyanie biopreparatov na produktivnost' sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik APK Verhnevolszh'ya. 2018. № 3 (43) S. 18–22.
17. Sinishin O.G., Shapoval O.A., Shulieva M.M. Innovacionnyye regulyatory rosta rastenij v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Plodorodie. 2016. № 5. S. 38–42.
18. Tyhinskaya I.A., Zelenov A.A., Mercalov E.N., Mihaileva E.S. Vliyanie preparatov Bioklad i Vermiks na elementy produktivnosti, urozhajnost' i kachestvennyye pokazateli yarovogo yachmenya // Zemledelie. 2021. № 4. S. 7–10.
19. Shafran S.A., Hachidze A.S., Mamedov M.G., Vasil'ev A.I. Effektivnost' azotnogo udobreniya zernovykh kul'tur razlichnykh sortov // Agrohimiya. 2006. № 7. S. 13–19.

REFERENCES

1. AgroEkspertGrupp. Soya. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://agroex.ru> (Data obrashcheniya 20.03.2023).
2. Akulov A.S., Vasil'chikov A.G. Izuchenie effektivnosti primeneniya stimulyatora rosta Al'fastrim i organomineral'nogo mikroudobreniya PolidonBio pri vzdelyvanii soi // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2. S. 72–76.
3. Andreev A.A., Dracheva M.K. Ocenka dejstviya preparata EPIVIO na rost i produktivnost' soi // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2. S. 77–79.
4. Artohin K.S., Ignatova P.K. Zashchita zernovykh kolosovykh kul'tur ot vreditelej // Pril. "Zashchita i karantin rastenij". 2017. № 2. 80 s.
5. Bojko Yu.Yu. Tendenciya nauchnogo obespecheniya proizvodstva soi v Rossii. Sbornik materialov X Vserossijskoj konferencii molodyh uchenykh i specialistov 26–27 fevralya, VNIIMK, 2019. 254 s.
6. Vlasova L.M., Popova O.V. Fungicidnye kompozicii dlya obrabotki semyan zernovykh kul'tur // Zashchita i karantin rastenij. 2021. № 8. S. 15–17.

Поступила в редакцию 14.04.2023

Принята к публикации 28.04.2023

СОЯ – КУЛЬТУРА МИРОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Михаил Олегович Синеговский, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник
ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт сои, г. Благовещенск, Россия
E-mail: smo@vniisoi.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке состояния производства сои в мире и ее роли в современном сельском хозяйстве. Дан анализ динамики развития отрасли соеводства за последние 50 лет и более детальный анализ последних пяти лет возделывания этой культуры в мире. В статье представлены данные об ареале возделывания, урожайности, валовых объемах производства и масштабах переработки сои. Также отражены объемы мировой торговли сои и основные страны-производители.

Ключевые слова: импорт, экспорт, шрот, масло, белок, химизация, Бразилия, Аргентина

SOYBEAN IT IS THE CROP OF WORLD FARMING

M.O. Sinegovsky, PhD in Economic Sciences, Senior Researcher
FSBSI FRC "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Blagoveshchensk, Amur region, Russia
E-mail: smo@vniisoi.ru

Abstract. The research paper is devoted to assessing the state of soybean production in the world and its role in modern agriculture. An analysis of the dynamics of the development of the soy industry over the past 50 years, as well as a more detailed analysis of the last five years of cultivation of this crop in the world, is given. The research paper presents data on the area of cultivation, yield, gross production volumes, as well as the scale of soybean processing. It also reflects the volume of world trade of soybeans and its main players.

Keywords: import, export, meal, oil, protein, chemicals, Brazil, Argentina

Особый интерес в последние годы для сельскохозяйственного производства представляют культуры, принадлежащие к семейству бобовых (*Fabaceae*), растения которых способны фиксировать атмосферный азот воздуха, что обеспечивает получение дешевого и высококачественного белка и делает их высокорентабельными и экономически выгодными. [3] Исключительно ценным химическим составом зерна обладает соя (*Glycine max* (L.) Merr.) — одна из главнейших белково-масличных культур в современном сельском хозяйстве. [1, 4]. В мировом растениеводстве ее производство развивается динамично, что объясняется возрастающим спросом на растительные масла и белок — основу питания человечества. Сою возделывают практически на всех континентах планеты. [5, 7]

С началом активной селекционной работы с соей, интерес всех стран к ней только растет. В 1898 году в США было завезено большое количество сортообразцов из Азии и Европы, после чего началась целенаправленная селекция и промышленное выращивание. В 1907 году площади под ней в США уже составляли около 20 тыс. га, в начале 1930-х годов — превысили 1 млн га.

В Советском Союзе целенаправленную работу по селекции сои начал в 1927 году В.А. Золотницкий, внимание которого привлекло дикое растение «амурский бобик», с которым крестьяне на огородах боролись как с назойливым сорняком. Увидев в нем большое будущее для народного хозяйства, он стал изучать биологию дикой и местной сои, а в 1929 году приступил к созданию амурского подvida. В результате отбора крупносемянных форм этого растения и скрещивания их с культурными сортами были созданы новые зерновые сорта. В тот же период начали создавать первые отечественные сорта. В.А. Золот-

ницкий часто говорил, что «соя — культура жизни», имея в виду высокое содержание в ее семенах белка, жира и других ценных питательных веществ. [5] Предвидение селекционера оправдалось, и соя стала востребованной культурой в мире.

Современное состояние отрасли соеводства в мире

За 1972–2022 годы соевое производство совершило огромный прорыв в завоевании рынка и востребованности в отрасли, увеличив объемы производства с 43,9 до 369,6 млн т/год, нарастив мировой объем более чем в восемь раз. Производство пшеницы и риса за аналогичный период увеличилось всего в два раза, кукурузы — почти в четыре. С одной стороны, такой галопирующий рост производства с прошлого века объясняется эффектом низкой базы, то есть низким стартовым показателем, по сравнению с другими культурами, с другой, человечество рассмотрело в бобах многопрофильную культуру, которую перерабатывают и применяют в десяти отраслях хозяйственной деятельности, производят свыше четырехсот видов продукции, а помимо традиционного использования в кормопроизводстве и пищевой промышленности из нее получают технические изделия.

Многие годы за лидерство в соевом производстве на планете конкурируют Бразилия и США, производя на двоих более 70% всех соевых бобов. С 2017 года первое место удерживает Бразилия. До этого периода безоговорочное первенство оставалось за США, именно они преодолели в 2014 году отметку 100 млн т/год (табл. 1).

Кроме основных лидеров отрасли, большой вклад в мировой рынок сои привносит Аргентина, производя на протяжении последних пяти лет ежегодно 40...50 млн т. Основной потребитель сои на

планете – Китай, производит всего 20 млн т, потребляет – 110 млн т. Другие страны в большинстве своем закрывают исключительно внутренние потребности в растительном белке. Россия в мировом соевом производстве находится на восьмом месте (2022 год – 5,5 млн т). Но стоит заметить, что за прошедшие 5 лет валовые сборы в нашей стране увеличились на 52,8%.

Рост валового производства в современном сельском хозяйстве осуществляется по двум направлениям: интенсивное (применение новых сортов и совершенствование технико-технологического обеспечения); экстенсивное (увеличение посевных площадей под культуру). С 1972 по 2022 годы посевные площади сои в мире увеличились в 4,5 раза – с 29,6 до 134,2 млн га (рис. 1). Это наглядно свидетельствует об увеличении ареала возделывания сои, росте потенциальной и фактической продуктивности высокобелковой культуры (рис. 1, табл. 2).

Ведущие страны-производители сои за последние годы преодолели отметку урожайности в 30 ц/га и продолжают стремиться максимально реализовать биологический потенциал культуры. В 2019 году установлен новый мировой рекорд по урожайности – 127,9 ц/га, тремя годами ранее он был – 115 ц/га. Стоит отметить, что речь идет о производстве генетически модифицированных сортов (*Hefty 49X7S*) на орошении и с большим количеством примененных химических средств защиты растений. [6] Тем не менее, всем странам производителям сои необходимо стремиться к достижению урожайности в 30 ц/га и более, используя новые высокопродуктивные сорта и интенсивную технологию земледелия.

Активный рост производства сои стимулируется наращиванием внутреннего потребления в странах с растущим животноводством и интересом к пищевым продуктам из сои. Это касается внутреннего рынка Китая, где спрос на соевый шрот – 70 млн т ежегодно, и это при суммарном внутреннем производстве Китая соевого зерна – 20 млн т. Также крупный потребитель и импортер соевого шрота и зерна сои – Европейский союз, ежегодно завозит на свою территорию более 14 млн т зерна и 16 млн т шрота (табл. 3).

Соя одна из главных кормилиц в мире

В России и странах Запада для приготовления различных продуктов питания используют небольшой процент общего количества выращиваемой сои (5...12%), в Юго-Восточной Азии употребление ее в пищу широко распространено и известно пять тысячелетий. [2] Передовые страны применяют сложные высокотехнологичные способы переработки соевого зерна для получения концентрированных компонентов семян (масло, лецитин, белковые концентраты, изоляты, текстуранты и многое другое). Одно из массовых направлений переработки сои – производство масла, шрота, не обезжиренных термически обработанных семян на корм животным.

В подавляющем большинстве самые крупные производители считаются и главными потребителями сои в мире. Китай, как один из главных потребителей мирового рынка, не является страной, полностью обеспечивающей себя этим сырьем.

Таблица 1.

Десятка крупнейших производителей сои в мире по годам, млн т

Страна	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Бразилия	123,4	120,5	128,5	139,5	129,5	153,9
США	120,1	120,5	96,7	114,7	121,5	116,4
Аргентина	37,8	55,3	48,8	46,2	43,9	45,5
Китай	15,3	16,0	18,1	19,6	16,4	20,3
Индия	8,4	10,9	9,3	10,5	11,9	12,0
Парагвай	10,3	8,5	10,3	9,9	4,2	10,0
Канада	7,7	7,4	6,1	6,4	6,3	6,5
Россия	3,6	4,0	4,4	4,3	4,8	5,5
Украина	4,0	4,8	4,5	3,0	3,8	3,6
Боливия	2,9	3,0	2,8	3,3	3,0	3,1
Всего в мире	343,5	363,0	340,9	368,6	359,8	369,6

Источник: открытые статистические данные Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture (USDA) <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. То же в табл. 2–5.

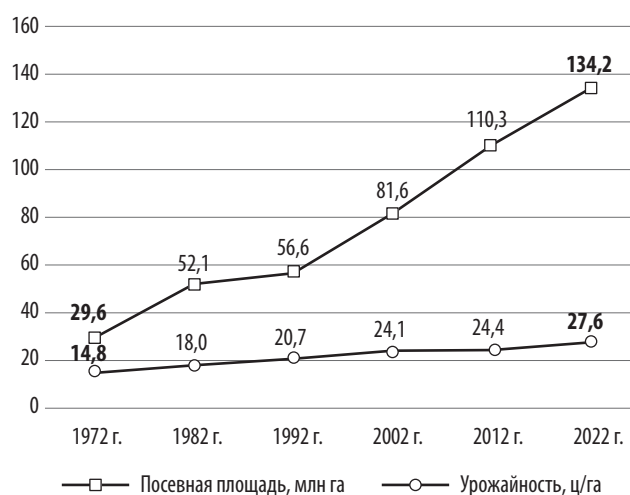


Рис. 1. Динамика посевной площади и урожайности в мире.

Таблица 2.

Урожайность сои в мире по годам, ц/га

Страна	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Аргентина	23,2	33,3	29,2	28,1	27,6	18,0
Боливия	21,6	21,6	20,8	23,2	23,2	21,7
Бразилия	35,1	33,6	34,8	35,3	31,4	35,2
Индия	8,1	9,8	7,6	8,1	9,8	10,0
Канада	26,3	29,2	27,1	31,2	29,9	30,9
Китай	18,5	19,0	19,4	19,8	19,5	19,8
Парагвай	28,0	23,7	31,6	29,3	12,3	29,0
Россия	14,1	14,7	15,7	15,9	15,9	17,9
США	33,1	34,0	31,9	34,3	34,8	33,3
Украина	19,7	25,8	22,9	20,6	26,4	23,7

Напротив, она испытывает высокий дефицит – 92,4 млн т (табл. 4).

Другие два региона с наибольшим дефицитом собственного производства сои – Европейский союз и Аргентина. Причины достаточно просты и очевидны – растущие и высокие объемы животноводства, только с той лишь разницей, что Европа

Таблица 3.

Крупнейшие импортеры сои по годам, млн т

Страна	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Китай	94,1	82,5	98,5	99,7	91,6	96,0
Европейский союз	13,9	14,3	15,0	14,8	14,5	14,4
Мексика	5,1	5,9	5,7	6,1	6,0	6,4
Аргентина	4,7	6,4	4,9	4,8	3,8	8,3
Египет	4,7	6,4	4,9	4,8	3,8	5,0
Таиланд	3,3	3,7	4,9	3,7	4,9	4,3
Япония	2,5	3,2	3,8	4,2	3,2	4,1
Турция	3,3	3,3	3,3	3,1	3,5	3,4
Индонезия	2,9	2,4	3,1	2,7	2,9	3,0
Бангладеш	2,5	2,6	2,6	2,6	2,3	2,8
Всего в мире	154,1	146,0	165,2	165,5	156,6	164,8

Таблица 4.

Сальдо внутреннего потребления сои в 2022 году

Страна	Внутреннее потребление сои, млн т	Объем собственного производства сои, млн т	Дефицит (-) / профицит (+)
Китай	112,7	20,3	-92,4
США	63,7	116,4	52,7
Бразилия	57,0	154,0	97,0
Аргентина	37,8	27,0	-10,8
ЕС	16,2	2,4	-13,8
Индия	12,5	12,0	-0,5
Мексика	6,6	0,2	-6,4
Россия	5,5	5,5	0
Таиланд	4,1	0,1	-4,0
Япония	3,7	0,2	-3,5

исторически не была заинтересована в возделывании сои (наибольшие посевные площади отданы под зерновые, фруктовые и овощные культуры), а Аргентине не хватает своих объемов производства, рост которых отстает от роста поголовья животных. Кроме того, эта страна с целью развития торговых отношений, стремится часть сои вывозить на экспорт, что тоже откладывает свой отпечаток.

Несмотря на активно развивающиеся технологии, позволяющие перерабатывать сою до пищевых продуктов, она по-прежнему остается технической культурой с основной переработкой на соевое масло и шрот. Традиционно страны с наиболее развитым животноводством считаются главными производителями и потребителями соевого шрота как одной из ведущих кормовых баз в современных условиях (табл. 5).

Непрерывно растущее население Китая вынуждает наращивать объемы производимой продукции, в частности, увеличивая поголовье животных и кормовую базу для них. По этой причине Китай остается основным потребителем сои на планете. Другие производители сои для увеличения добавочной стоимости при ее переработке производят большие объемы соевого шрота. Если КНР основную долю шрота оставляет для внутреннего потребления, то США, Бразилия и Аргентина экспортируют. В 2022 году США вывезло соевого шрота за рубеж – 12,5 млн т, Бразилия – 21,4, Аргентина – 22,2 млн т.

Соевый шрот – побочный продукт, получаемый при производстве масла из сои. Соевое масло, некогда занимавшее первое место в объемах производства в мире, было вытеснено из лидеров более дешевым, но менее полезным пальмовым. Производство соевого масла в мире на сегодняшний день составляет 59 млн т, пальмового – 77 млн т. Хотя еще 20 лет назад, в 2002 году производители отдавали предпочтение соевому маслу (рис. 2).

Неугасающий интерес к соевому маслу объясняется его полезными качествами. Усвояемость масла человеком варьирует от 70 до 100%. Основные мировые лидеры в 2022 году в области соевого масла и шрота, как вторичного продукта маслоэкстракционного производства, – Китай (16,3 млн т), США (11,9) Бразилия (10,3 млн т), на долю которых приходится 65% общемирового объема соевого масла.

Выводы. Соевое производство – динамично растущая отрасль, имеет огромный потенциал для дальнейшего развития. Интерес к ценной высокобелковой бобовой культуре будет только расти, но

Таблица 5.

Крупнейшие производители соевого шрота и поголовья животных

Страна	Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Китай	Производство соевого шрота, млн т	71,3	67,3	72,5	73,7	69,6	72,1
	Поголовье свиней, млн гол.	442,1	441,6	428,1	310,4	406,5	449,2
	Поголовье КРС, млн гол.	88,3	90,4	89,2	91,4	95,6	98,2
США	Производство соевого шрота, млн т	44,7	44,3	46,4	45,9	47,0	47,6
	Поголовье свиней, млн гол.	71,3	73,1	75,1	76,8	77,3	74,4
	Поголовье КРС, млн гол.	93,6	94,3	94,8	93,8	93,8	92,1
Бразилия	Производство соевого шрота, млн т	34,3	33,0	36,2	36,2	39,3	41,3
	Поголовье свиней, млн гол.	39,2	38,8	38,4	37,9	37,4	35,7
	Поголовье КРС, млн гол.	187,3	186,2	187,3	190,0	193,2	193,8
Аргентина	Производство соевого шрота, млн т	28,8	31,5	30,2	31,3	30,3	24,5
	Поголовье свиней, млн гол.	5,1	5,2	5,1	5,4	5,5	н/д
	Поголовье КРС, млн гол.	54,2	54,8	55,0	54,5	53,5	53,4
Европейский союз	Производство соевого шрота, млн т	11,5	11,9	12,3	12,5	12,2	11,6
	Поголовье свиней, млн гол.	142,7	145,5	143,5	143,1	145,9	141,7
	Поголовье КРС, млн гол.	79,7	79,0	77,8	77,2	76,6	75,7

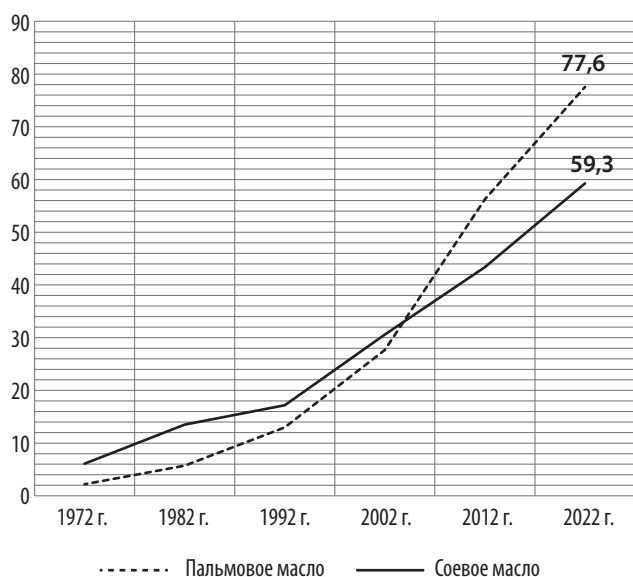


Рис.2. Производство соевого и пальмового масла в мире, млн т.

в погоне за высокой доходностью производителям не стоит забывать о базовых биологических принципах эффективного земледелия, заботиться и сохранять природу. Общеизвестно, что многие фермеры и крупные предприятия, жертвуя почвенным плодородием и поддержанием благоприятной фитосанитарной обстановки осуществляют неоднократные посевы сои по сое, что в конечном итоге приводит к увеличению засоренности и развитию болезней, как следствие, растущей химической нагрузке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. История развития аграрной науки в Приамурье / Синеговская В.Т., Клеткина О.О. // Научная монография, посвящённая 50-летию образования Всероссийского НИИ сои. Благовещенск: ООО «ОДЕОН», 2018. 200 с.
2. Петибская, В.С. Соя: химический состав и использование / Под редакцией академика РАСХН, д-ра с.-х. наук В.М. Лукомца. Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. 432 с.
3. Синеговская, В.Т. Посевы сои в Приамурье как фотосинтезирующие системы // В.Т. Синеговская. Благовещенск: Зея, 2005. 100 с.

4. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / Под общей ред. М.О. Синеговского. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 79 с.
5. Dos Santos C. A.C., Neale C.M.U., Mekonnen M.M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. No. 147. Pp. 1379–1399.
6. Randy Dowdy breaks soybean yield world record with hefty brand soybeans 49×7s [Электронный ресурс]. URL: <https://heftyseed.com/dowdy-record-yields> (дата обращения: 05.05.2023).
7. Yuzbashkandi S.S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.

REFERENCES

1. Istoriya razvitiya agrarnoj nauki v Priamur'e / Sinegovskaya V.T., Kletkina O.O. // Nauchnaya monografiya, posvyashchonnaya 50-letiyu obrazovaniya Vserossijskogo NII soi. Blagoveshchensk: ООО «ODEON», 2018. 200 s.
2. Petibskaya, V.S. Soya: himicheskij sostav i ispol'zovanie / Pod redakciej akademika RASKHN, d-ra s.-h. nauk V.M. Lukomca. Majkop: ОАО «Poligraf-YUG», 2012. 432 s.
3. Sinegovskaya, V.T. Posevy soi v Priamur'e kak fotosinteziruyushchie sistemy // V.T. Sinegovskaya. Blagoveshchensk: Zeya, 2005. 100 s.
4. 100 voprosov i otvetov o vozdelevanii soi (rekommendacii dlya rukovoditelej i specialistov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij) / Pod obshchej red. M.O. Sinegovskogo. Blagoveshchensk: ООО «ИПК «ODEON», 2021. 79 s.
5. Dos Santos C. A.C., Neale C.M.U., Mekonnen M.M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. No. 147. Pp. 1379–1399.
6. Randy Dowdy breaks soybean yield world record with hefty brand soybeans 49×7s [Elektronnyj resurs]. URL: <https://heftyseed.com/dowdy-record-yields> (data obrashcheniya: 05.05.2023).
7. Yuzbashkandi S.S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.

Поступила в редакцию 18.05.2023

Принята к публикации 01.06.2023

ОЦЕНКА ВИДОВ И СОРТОВ МНОГОЛЕТНИХ МЯТЛИКОВЫХ ТРАВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ГАЗОНОВ

Геннадий Григорьевич Новицкий¹, кандидат физико-математических наук
Владимир Николаевич Золотарев², кандидат сельскохозяйственных наук

¹АНО «Футбольный клуб Физтех», г. Долгопрудный, Московская обл., Россия

²ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, Московская обл., Россия

E-mail: vladimir.zolotarew@yandex.ru

Аннотация. В условиях Московской области в полевом опыте проведена сравнительная оценка шести видов многолетних трав и 13 их сортов при газонном режиме использования на протяжении 12 лет. Установлено, что в первые два-три месяца наиболее высокая интенсивность кущения отмечена у райграса пастбищного, овсяницы луговой и полевицы гигантской. Проективное покрытие одновидовых газонов из этих трав к осени составило 92–96%. Овсяница красная в первый год характеризовалась более низкими темпами развития, к началу осени образовывала качественный газон с сомкнуто-мозаичным сложением и 71–79% проективным покрытием в зависимости от сорта. Самым медленным формированием газонов в год посева отличался мятлик луговой, обеспечивший проективное покрытие у разных сортов от 14 до 60%. Максимальная плотность у мятликовых газонов была на третий год. Наиболее качественный газон с сомкнуто-диффузным сложением и 100%-м проективным покрытием уже в первый год сформировался с травосмесью при участии сортов овсяницы красной, овсяницы луговой, райграса пастбищного, полевицы, смеси овсяницы луговой, райграса пастбищного и полевицы гигантской, а также смеси этих видов с сортами мятлика, овсяницы красной и тимофеевки луговой. Лучшим долголетием с высокой плотностью побегов и сомкнуто-диффузным сложением (более 90% ежегодное проективное покрытие на протяжении 12 лет) отличались газоны из овсяницы красной сортов Дипа и Селианна. В поливидовых газонах с участием мятлика лугового доля его побегов в общей структуре не превышала 17–38%. Начиная с восьмого года из-за небольшой вегетативной подвижности овсяницы красной было последовательное увеличение количества побегов мятлика в составе газона. При интенсивном постоянном использовании газона для занятий спортом наиболее устойчивая – травосмесь с преобладанием до 90% мятлика лугового сорта Balin.

Ключевые слова: газоны, виды и сорта многолетних трав, динамика ботанического состава травостоев, продолжительность использования

EVALUATION OF PERENNIAL POACEAE GRASSES SPECIES AND VARIETIES FOR CREATING LAWNS

G.G. Novitskiy¹, PhD in Physical and Mathematical Sciences

V.N. Zolotarev², PhD in Agricultural Sciences

¹ANO "Fiztech Football Club", Dolgoprudny, Moscow region, Russia

²Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, Lobnya, Moscow region, Russia

E-mail: vladimir.zolotarew@yandex.ru

Abstract. Under the conditions of the Moscow region, in a field experiment, a comparative assessment of 6 types of perennial grasses and 13 of their varieties was carried out in the lawn mode of use for 12 years. It has been established that in the first year of life, the highest intensity of tillering in the first two to three months was observed in perennial ryegrass, meadow fescue and giant bentgrass. The projective cover of single-species lawns from these species amounted to 92–96% by autumn. In the first year, red fescue was characterized by lower development rates and by the beginning of autumn formed a high-quality lawn with a closed-mosaic structure and 71–79% projective cover, depending on the variety used. The slowest formation of lawns in the year of sowing was noted for meadow bluegrass, which provided projective cover in different varieties from 14 to 60%. The bluegrass lawns reached their maximum density mainly in the third year. The most high-quality lawn with a closed-diffuse composition and 100% projective cover was formed already in the first year when using a grass mixture with the participation of varieties of red fescue, meadow fescue, perennial ryegrass, bent grass, a mixture of meadow fescue, perennial ryegrass and giant bent grass, as well as a mixture of these species with varieties of bluegrass, red fescue and meadow timothy. The best longevity with a high density of shoots and close-diffuse composition with more than 90% annual projective cover for 12 years was distinguished by lawns from red fescue varieties Dipa and Celianna. In polyspecific lawns with the participation of bluegrass meadow, the share of its shoots in the total structure did not exceed 17–38%. Starting from the eighth year, due to the low vegetative mobility of red fescue, there was a consistent increase in the number of bluegrass shoots in the lawn. With intensive constant use of the lawn for sports, the grass mixture with a predominance of up to 90% of bluegrass meadow variety Balin turned out to be the most stable.

Keywords: lawns, types and varieties of perennial grasses, dynamics of the botanical composition of grass stands, duration of use

Масштабное использование газонов различного назначения в последние десятилетия актуализирует проблему правильного подбора ассортимента наиболее адаптированных видов и сортов многолетних трав для конкретных территорий в зависимости от

почвенно-климатических условий, функциональных целей и режимов эксплуатации травостоев, комплекса абиотических и биотических факторов. Газон – это искусственно созданный травянистый фитоценоз при посеве дерновообразующих много-

летних трав, представляет собой сообщество определенного видового и сортового состава растений для использования в декоративных, спортивных, почво-защитных и других целях. [9, 10, 12] У селекционных сортов этих видов улучшены биологические свойства к побегообразованию, повышена облиственность и толерантность к отторжению вегетативной массы. При правильном подборе адаптированных видов и сортов, соблюдении агротехнических условий эксплуатации такие биологические и селективные хозяйственно полезные признаки позволяют создавать высококачественные газоны с сомкнуто-диффузным плотным сложением фитоценозов. В зависимости от функциональных требований, необходимости учета уровня декоративности, скорости формирования дернины, устойчивости к антропогенному воздействию и других факторов возможно создавать одно-видовые и многокомпонентные газоны с высокими эксплуатационными качествами. [3, 8, 11]

Цель работы – оценить сорта отечественного и зарубежного происхождения различных видов многолетних мятликовых трав для моно- и поливидовых газонов долголетнего срока использования в регулярном режиме подкашивания и имитации антропогенной нагрузки на опытном поле и интенсивном спортивном применении на действующем футбольном стадионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2009–2020 годах на опытном поле ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» и в 2000–2020 годах на футбольном стадионе МФТИ. В опыте ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» оценивали сорта различных видов бореальных злаковых трав с высокой способностью к отавности после укосов: овсяницы луговой (ОЛ) (*Festuca pratensis* Huds.) *Кварта* газонно-пастбищного экотипа; райграса пастбищного (РП) (*Lolium perenne* L.) *ВИК 22* газонно-пастбищного; полевицы гигантской (ПГ) (*Agrostis alba* Roth.) *Чара*; овсяницы красной (ОК): разновидности красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.) *Сума* сенокосно-пастбищного экотипа, *Дуна* – газонно-пастбищного и разновидности красная красная (*Festuca rubra* subsp. *Rubra* L.) *Celianna* – газонного; мятлика лугового (МЛ) (*Poa pratensis* L.): *Дар*, *Balin*, *Broadway*, *Evora*, *Markus*, *Limousini*; тимофеевки луговой сорта *ВИК 9*.

Почва – дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием в пахотном слое (0...20 см) подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 209 мг/кг (высокое), обменного калия (по Масловой) – 122 мг/кг (повышенное, близкое к среднему), гумуса (по Тюрину) – 2,72%, рН_{сол} – 5,4 (слабокислая). Минеральные удобрения суперфосфат простой гранулированный (P₂O₅ – 18%) и калий хлористый (K₂O – 60%) из расчета P₄₅K₆₀ внесли осенью общим фоном под зяблевую вспашку. Посев осуществляли вручную в начале июня беспокровно после тщательной подготовки почвы на глубину 1...2 см. Фактические нормы высева семян трав устанавливали согласно рекомендациям РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева для одновидовых посевов из расчета (пересчет на 100% посевную годность семян): овсяница луговая и райграс пастбищный – 300 кг/га, полевица гигантская – 40, овсяница крас-

ная – 200, мятлик луговой – 60 кг/га. [13] Для определения фактических норм высева отдельных видов в травосмесях использовали формулу $X = H \times П/Д$, где H – норма высева семян в чистом виде; П – участие данного вида в травосмеси, %; Д – фактическая хозяйственная годность семян, %.

Площадь одной опытной делянки – 5 м², повторность – трехкратная, размещение – рандомизированное. Густоту побегов подсчитывали на площадках размером 20×20 см в каждой делянке.

Для борьбы с сорняками участок обрабатывали гербицидом сплошного действия на основе глифосата (36%). В последующие годы для уничтожения внедряющихся многолетних видов сорных растений (одуванчик лекарственный, виды щавеля, осот и другое) по мере необходимости применяли баковую смесь гербицидов системного действия Лонтрел Гранд с Агритоксом. Подкормки минеральными удобрениями (нитрофоска (N₁₆P₁₆K₁₆) или известково-аммиачная селитра (NH₄NO₃, CaCO₃, MgCO₃, 27% N) – ежегодно трехкратно за вегетационный сезон с учетом уровня почвенного плодородия, выноса элементов со скошенной массой и состояния трав.

Травостой подкашивали регулярно (до 15 стрижек за сезон) при высоте среза в среднем 4...5 см по мере отрастания побегов до высоты не более 10...12 см минитракторами оснащенными сегментными косилками с последующим удалением зеленой массы. При более низком срезе у видов трав верхового или полуверхового типов злака срезается часть почек возобновления, расположенных в пазухах листьев, что негативно влияет на формирование густоты газона.

Каждый год весной для удаления отмерших листьев, предотвращения развития снежной плесени и аэрации почвы дернину бороновали. Для имитации антропогенной нагрузки в сухую погоду газоны несколько раз за сезон прикатывали металлическим катком, имеющим выступы через каждые 6...8 см в виде цилиндров со скошенной верхней частью диаметром 3 см и высотой 7 см по всей рабочей поверхности рядами через 10 см.

На стадионе МФТИ с 2000 года культивировались травосмеси из мятлика лугового, полевицы тонкой и овсяницы красной, отдельные композиции из которых в дальнейшем испытали на опытном поле ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса».

Экспериментальные данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) на ПЭВМ в приложении Microsoft Office Word 2007 с помощью Excel 2000 и Statistica 5.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее быстрое появление и высокая дружность всходов (седьмой день после посева) отмечали у полевицы гигантской, райграса пастбищного и овсяницы луговой – на 10...12 день. У разных сортов овсяницы красной этот период – 12...14 дн., мятлика лугового – 16...22 сут. Наряду с биологическими особенностями продолжительность и интенсивность появления всходов также определяли и качеством посевного материала, в первую очередь, показателями энергии прорастания семян.

Исследования показали, что темпы развития растений и формирования газона в первый год у разных видов различались. Среди одновидовых посевов наиболее высокая интенсивность кушения в первые два-три месяца была у райграса пастбищного, овсяницы луговой и полевицы гигантской. Эти виды в короткие сроки сформировали сплошной фитоценоз, проективное покрытие к осени – 92...96% (табл. 1, 2).

В связи с активным ростом растений в первый год газоны из полевицы гигантской, овсяницы луговой и райграса пастбищного были подкошены, в 4; 4 и 6 раз соответственно по культурам. Регулярное скашивание вегетативной массы оказывало стимулирующее воздействие на побегообразование растений, в результате отторжения стеблей отмечали их замещение новыми, развивающимися в зоне кушения кустов. [5]

Формирование и отрастание стеблей у разных видов злаков происходит благодаря продолжающемуся интенсивному развитию не только скошенных побегов из точек роста, но и из-за новых побегов из пазушных почек у оставшихся листьев на «пеньке», а также и из вновь развивающихся из почек возобновления, расположенных в базальной части кустов в подземной и наземной зонах кушения. Стрижка травостоя овсяницы сопровождалась увеличением среднего числа побегов в кусте с 14 до 26 стеблей.

Райграс пастбищный после скашивания отличался интенсивным равномерным отрастанием травостоя. Установлено, что эту культуру целесообразно включать в травосмеси для создания качественного дернового покрытия в первые два года развития газона, пока не получат максимального развития другие травы низовых видов, входящих в травосмеси, и которые со временем, в условиях обострившихся конкурентных отношений, начнут его вытеснять. [14] Листовая пластинка у растений райграса линейная (длина – 8...17 см, ширина – 1...5 мм), окраска травостоя темно-зеленая, снизу листья интенсивно зеленые и блестящие. [2] Высокая декоративность газона и зеленая окраска растений райграса пастбищного сохраняются вплоть до наступления морозов и снежного покрова. В первый год жизни в травосмесях с включением 10...20% райграса пастбищного этот вид доминантный. [3]

Овсяница луговая в первый год образует сомкнутый однородный ярко-зеленый декоративный газон. В процессе развития в одном кусте формируется пять-шесть побегов, пазушных почек – 14...15 шт., что указывает на большой потенциал к побегообразованию. [7] Биологическая особенность роста и побегообразования растений овсяницы луговой – интенсивное развитие корневой системы по мере возрастания кушения, что способствует формиро-

Таблица 1.

Качественная оценка газонов в зависимости от видового состава, 2009–2020 годы

Культура, сорт	Год жизни, характер сложения (смыкаемость) травостоя**											
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	одиннадцатый	двенадцатый
Овсяница луговая, <i>Кварта</i> (всего/ <i>Кварта</i>)*	сд	сд	см	мг	мг	рг	рг	рг	ер	ер	ер	-
Мятлик луговой, <i>Balin</i>	мг	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	см	сд
Овсяница красная, <i>Сигма</i> (всего/ <i>Сигма</i>)*	см	см	см	сд	сд	см	см	см	рг	рг	рг	рг
Мятлик луговой, <i>Дар</i>	рг	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	см	сд
Овсяница красная, <i>Celianna</i>	см	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд
Мятлик луговой, <i>Broadway</i>	рг	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	см	сд
Овсяница красная, <i>Дуна</i>	см	см	см	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	см	сд
Полевица гигантская, <i>Чара</i>	сд	сд	см	см	см	мг	рг	рг	рг	рг	рг	рг
Райграс пастбищный, <i>ВИК 22</i> (всего/ <i>ВИК 22</i>)*	сд	сд	см	см	мг	рг	рг	рг	рг	ер	ер	-
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%) + ОЛ, <i>Celianna</i> (80%)	см	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд
МЛ, <i>Дар</i> (20%) + ОК: <i>Сигма</i> (40%), <i>Дуна</i> (40%)	см	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд
ОК: <i>Сигма</i> (35%), <i>Дуна</i> (35%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + РП, <i>ВИК 22</i> (10%)	сд	сд	см	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	см	см
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%), <i>Дар</i> (10%) + ОК: <i>Сигма</i> (20%), <i>Дуна</i> (20%), <i>Celianna</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%)	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд
РП, <i>ВИК 22</i> (45%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (45%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%)	сд	сд	см	см	мг	рг	сд	рг	рг	рг	ер	ер
Смесь всех культур и сортов + тимофеевка луговая (все по 10%)	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд	сд
**Мятлик луговой, <i>Evora</i>	рг	сд	сд	сд	см	сд						
**Мятлик луговой, <i>Markus</i>	ер	см	сд	сд	сд	сд						
**Мятлик луговой, <i>Limousini</i>	ер	см	сд	сд	сд	сд						

Примечание. * данные за 2015–2020 годы; ** сд – сомкнуто-диффузное, проективное покрытие – 80...100%; см – сомкнуто-мозаичное, 61...79%; мг – мозаично-групповое, 50...60%; рг – раздельно-групповое, 21...49%; ер – единично-раздельное, < 20%.

Таблица 2.

Динамика густоты побегов в травостоях различного видового состава, 2009–2020 годы

Культура, сорт	Густота побегов по годам жизни (II–III декады сентября), тыс. шт./м ²											
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	одиннадцатый	двенадцатый
Овсяница луговая, <i>Кварта</i> (всего/ <i>Кварта</i>)*	7,79	6,80	6,10	6,60	5,92	3,78	3,22	0,49	0,15	1,23/0,12	4,93/0,09	3,58/–
Мятлик луговой, <i>Balin</i>	3,86	12,33	10,83	10,64	11,47	11,12	11,97	12,03	7,20	11,62	9,43	9,08
Овсяница красная, <i>Сигма</i> (всего/ <i>Сигма</i>)*	4,43	9,71	7,70	10,03	9,26	9,55	8,31	8,62	6,76	6,53	4,28	4,16
Мятлик луговой, <i>Дар</i>	2,89	10,77	9,39	10,92	12,82	11,23	12,02	12,36	10,83	16,11	7,25	11,52
Овсяница красная, <i>Celianna</i>	6,29	11,82	11,42	15,65	13,74	13,92	13,85	13,84	10,93	17,78	9,27	12,17
Мятлик луговой, <i>Broadway</i>	1,78	5,65	9,05	10,09	12,32	12,59	11,62	11,78	10,81	15,22	9,26	11,93
Овсяница красная, <i>Дуна</i>	6,85	7,10	7,31	10,23	11,96	13,72	13,92	13,91	12,54	16,15	8,53	11,86
Полевица гигантская, <i>Чара</i>	6,22	9,78	7,67	9,56	6,34	3,52	1,63	1,98	1,72/3,12	4,28/3,23	4,02/1,33	3,95/0,58
Райграс пастбищный, <i>ВИК 22</i> (всего/ <i>ВИК 22</i>)*	5,87	6,49	4,63	5,32	7,82	6,58	5,27	3,28	3,40	6,90/ 3,45	1,62/ 0,52	2,11/–
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%) + ОЛ, <i>Celianna</i> (80%)	7,32	11,35	11,08	13,06	13,85	13,12	13,59	13,93	12,64	15,96	10,81	12,86
МЛ, <i>Дар</i> (20%) + ОК: <i>Сигма</i> (40%), <i>Дуна</i> (40%)	6,17	10,27	8,57	10,71	13,21	13,67	13,74	13,89	12,57	16,27	10,69	12,70
ОК: <i>Сигма</i> (35%), <i>Дуна</i> (35%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + РП, <i>ВИК 22</i> (10%)	13,80	9,03	8,00	12,50	11,82	12,15	13,44	13,38	12,81	10,89	8,52	7,81
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%), <i>Дар</i> (10%) + ОК: <i>Сигма</i> (20%), <i>Дуна</i> (20%), <i>Celianna</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%)	8,05	10,94	9,72	10,37	12,36	13,48	13,59	13,94	12,92	18,14	11,22	12,24
РП, <i>ВИК 22</i> (45%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (45%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%)	12,30	11,60	9,30	8,50	8,12	7,21	5,38	4,58	3,67	5,28/3,82	3,97/2,41	3,58/0,37
Смесь всех культур и сортов + тимофеевка луговая (все по 10%)	11,92	11,08	10,22	10,84	12,94	13,01	13,80	13,88	12,86	17,93	10,91	12,81
**Мятлик луговой, <i>Evora</i>	2,57	6,61	10,65	14,21	3,85	11,83						
**Мятлик луговой, <i>Markus</i>	2,29	3,73	11,38	14,17	7,28	12,40						
**Мятлик луговой, <i>Limousini</i>	1,16	4,31	12,82	14,91	7,68	12,96						
НСР ₀₅	0,51	0,56	0,45	0,67	0,68	0,52	0,61	0,75	0,72	0,84	0,55	0,68

Примечание. * всего с другими злаками/основная культура; ** данные за 2015–2020 годы. То же в табл. 3.

ванию дернины. [5] Аналогичные закономерности отмечены и у полевицы.

Овсяница красная сортов *Дуна* и *Celianna* при более низких темпах развития к началу осени также образует качественный газон с сомкнуто-мозаичным сложением и 74...79% проективным покрытием (табл. 2). При более высокой плотности побегов в монотравостоях этих сортов у овсяницы красной, по сравнению с райграсом пастбищным и полевицей, на 7...14% меньшие показатели проективного покрытия обусловлены более мелкими листьями этой культуры. У сорта *Сигма* овсяницы красной побегообразование снижено на 10...11%, по сравнению с сортами *Celianna* и *Дуна*, что позволило получить качественный декоративный газон с 71% проективным покрытием.

Наиболее медленное образование плотной структуры газонов в год посева у мятлика лугового, количество побегов у разных сортов которого к окончанию вегетационного сезона составляло от 1,78 до 3,86 тыс. шт./м² (табл. 2). Относительно невысокая плотность газонов обусловлена тем, что на первых этапах роста ювенильных растений мятлика кушение происходит из-за формирования стеблей в зоне главного побега и только после развития корневой системы от подземных корневищ образуются ортотропные побеги с последующим их прорастанием.

При создании сложных фитоценозов составляющие их биокомпоненты на видовом и сортовом

уровнях должны обеспечивать комплементарный (с точки зрения биосовместимости) или компенсирующий (с учетом хозяйственной целесообразности) характер взаимоотношений между разными компонентами поливидовых газонов. В первый год наиболее качественный газон с сомкнуто-диффузным сложением и практически 100% проективным покрытием при максимальной в опыте плотности побегов (13,8 тыс. шт./м²) к началу осени сформировался при использовании травосмеси с сортами овсяницы красной (суммарное доленое участие 70%), овсяницы луговой, райграса пастбищного и полевицы (табл. 2). Сомкнуто-диффузным сложением и практически 100% проективным покрытием с высокой декоративностью характеризовался газон из смеси овсяницы луговой, райграса пастбищного и полевицы гигантской, а также смеси этих видов с сортами мятлика, овсяницы красной и тимофеевки луговой. В них количество побегов составляло 12,3 и 11,92 тыс. шт./м² (табл. 2). Фитоценозы на основе смесей только сортов овсяницы красной и мятлика лугового характеризовались меньшей плотностью на 38...55%.

Начиная со второго года жизни вследствие фитоценологического механизма саморегуляции и биологических особенностей отмечали ряд особенностей трансформации ценозов. Сохранность побегов при первой перезимовке в одновидовых травостоях:

Динамика густоты побегов в травостоях различного видового состава, 2009–2020 годы

Культура, сорт	Густота побегов по годам жизни (II декада мая), тыс. шт./м ²											
	первый	второй	третий	четвертый	пятый	шестой	седьмой	восьмой	девятый	десятый	одинадцатый	двенадцатый
Овсяница луговая, <i>Кварта</i> (всего/ <i>Кварта</i>)*	–	6,70	5,90	7,60	5,27	3,11	1,23	0,26	0,16	0,82/0,12	4,10/0,11	1,53/–
Мятлик луговой, <i>Balin</i>	–	10,72	10,26	10,42	10,93	3,62	4,14	5,97	4,42	9,13	8,23	6,85
Овсяница красная, <i>Сигма</i> (всего/ <i>Сигма</i>)*	–	7,44	9,64	11,05	11,85	4,34	2,68	3,87	3,15	6,43/2,85	6,62/3,98	4,13/1,56
Мятлик луговой, <i>Дар</i>	–	10,48	10,43	13,42	14,21	4,59	4,70	6,38	5,61	7,26	5,34	6,23
Овсяница красная, <i>Celianna</i>	–	8,29	10,91	13,24	13,95	5,86	5,43	7,56	6,17	5,67	7,82	6,87
Мятлик луговой, <i>Broadway</i>	–	3,91	9,12	11,04	12,32	3,91	3,18	5,29	5,39	6,21	6,54	6,18
Овсяница красная, <i>Дуна</i>	–	8,39	8,37	12,45	12,89	5,98	5,72	7,43	6,81	8,11	6,89	6,42
Полевица гигантская, <i>Чара</i>	–	10,56	8,19	7,26	4,86	2,01	1,12	1,32	1,14	3,25	3,87	1,21
Райграс пастбищный, <i>ВИК 22</i> (всего/ <i>ВИК 22</i>)*	–	6,83	5,23	3,61	3,92	3,42	1,18	1,87	0,42	2,12/0,56	0,27/0,12	1,48/–
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%) + ОЛ, <i>Celianna</i> (80%)	–	12,60	10,42	12,37	13,26	4,88	4,62	7,98	6,28	8,33	8,92	7,41
МЛ, <i>Дар</i> (20%) + ОК: <i>Сигма</i> (40%), <i>Дуна</i> (40%)	–	12,33	8,80	10,89	12,84	4,22	4,75	8,45	7,11	9,65	8,62	7,56
ОК: <i>Сигма</i> (35%), <i>Дуна</i> (35%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + РП, <i>ВИК 22</i> (10%)	–	10,70	7,80	13,10	11,20	4,58	4,72	7,65	7,18	7,24	7,87	6,95
МЛ: <i>Balin</i> (10%), <i>Broadway</i> (10%), <i>Дар</i> (10%) + ОК: <i>Сигма</i> (20%), <i>Дуна</i> (20%), <i>Celianna</i> (10%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (10%)	–	11,80	7,55	12,07	13,65	4,73	5,48	8,96	7,12	9,53	8,65	7,51
РП, <i>ВИК 22</i> (45%) + ОЛ, <i>Кварта</i> (45%) + ПГ, <i>Чара</i> (10%)	–	10,70	7,80	9,30	6,21	3,69	2,74	2,58	0,73	0,39	0,57	0,12
Смесь всех культур и сортов + тимopheевка луговая (все по 10%)		12,37	8,57	7,04	11,68	3,72	5,63	8,44	7,85	9,67	7,54	9,88
**Мятлик луговой, <i>Evora</i>	–	0,28	3,82	6,75	3,83	4,29						
**Мятлик луговой, <i>Markus</i>	–	0,11	3,32	7,23	5,22	4,76						
**Мятлик луговой, <i>Limousini</i>	–	0,14	2,85	6,08	5,06	4,56						
НСР ₀₅		0,48	0,42	0,53	0,61	0,34	0,36	0,43	0,38	0,47	0,35	0,44

овсяница – 86%, райграс – 85, полевица – 57, овсяница красная – 60...83% (табл. 2, 3). Изучение динамики густоты одновидового посева овсяницы луговой показало, что при газонном режиме использования высокая плотность травостоя, практически на одном уровне, сохранялась на протяжении первых пяти лет (табл. 2, 3). Из особенностей развития овсяницы луговой в газонной культуре при режиме регулярного подкашивания следует отметить формирование большого количества прикорневых листьев. Травостой имел презентабельный декоративный вид. Аналогичная динамика отмечена и в посеве райграса. Однако, в отличие от овсяницы, начиная с четвертого года гибель побегов в период перезимовки увеличивалась с 30 до 50%. У райграса позднее начало отрастания, но более интенсивное кущение. Газон из полевицы сохранял высокую плотность первые четыре года, затем, в последующие три сезона ежегодное изреживание травостоя относительно предыдущего периода вегетации составило 34, 44 и 54%. В структуре травосмесей удельный вес и долголетие овсяницы луговой, райграса и полевицы было разным. При совместном посеве овсяницы луговой с райграсом пастбищным и полевицей гигантской динамика побегообразования овсяницы луговой по годам жизни была аналогична одновидовому ее посеву и изменялась пропорционально изначально заданной густоте. В первые шесть лет удельный вес овсяницы луговой в структуре травосмеси колебался от 25 до 33%. [5]

Растения овсяницы луговой более чувствительны к частому скашиванию, чем низовые травы.

В первый год жизни травосмесь с овсяницей луговой, райграсом пастбищным и полевицей меньше засорялись однолетними видами сорных растений, благодаря быстрому развитию этих злаков по сравнению с низовыми травами (мятлик луговой, овсяница красная). Создание травосмеси на основе овсяницы красной, характеризующейся интенсивным побегообразованием и долголетием, при интенсивном режиме скашивания привело к более быстрому вытеснению из травостоя овсяницы луговой, райграса и полевицы. К концу четвертого года жизни отмечено сильное изреживание этих видов на 67...72% относительно первого года, газон состоял преимущественно из побегов овсяницы красной (табл. 2, 3). Небольшая густота газонной травосмеси, состоящая из двух сортов овсяницы красной (70%), овсяницы луговой, райграса и полевицы, на второй и третий годы жизни травостоя была обусловлена засушливыми условиями в летние месяцы 2010–2011 годов. Динамика удельного веса побегов овсяницы красной в структуре этой травосмеси в первые пять лет по годам: 85, 80, 81, 96 и 98%. Среди многолетних трав овсяница красная обеспечивает формирование одной из самых мощных дернин (65 мм), начиная со второго года. [6] При этом в вегетативной массе этого вида преобладали многочисленные укороченные побеги с узкими (1,5...2,0 мм), вдоль сложенными листовыми пластинками длиной 12...17 см, благодаря которым формировалась ровная плотная поверхность газона. Следует отметить важное положительное декоративное свойство овсяницы красной – способность

сохранять темно-зеленый цвет упругих глянцевых листьев в засуху. [6, 11]

Долголетие газона зависит от подбора видов и сортов газонообразователей, адаптированных к определенным почвенно-климатическим условиям, а также от режима эксплуатации и ухода. Известно, что сукцессии в травосмесях, составляющие подавляющее большинство газонов, — непрерывный процесс [4], в течение которого сменяются формации растений, когда после доминирования культурных компонентов наступает стадия внедрения спонтанных видов. На фоне регулярного подкашивания изучаемые сорта овсяницы красной имели различную динамику густоты травостоя: *Duna* и *Celianna* на протяжении 12 лет сохраняли высокую плотность побегов с сомкнуто-диффузным сложением газона и более 90% ежегодным проективным покрытием (табл. 2, 3). Травостой сорта *Сигма*, начиная с девятого года, стал изреживаться, проявлялась тенденция к образованию обособленных кустов овсяницы. При этом побеги овсяницы красной на десятый год составляли только 44...60%, остальное — спонтанные мятликовые виды.

Со второго года, вследствие закладки пазушных почек на корневищах мятлика, протекает непрерывный процесс вегетативного возобновления его травостоя, что создает предпосылки для образования плотного газона с сомкнуто-диффузным покрытием почвы и формированием прочной дернины. В зависимости от сортовых особенностей и погодных условий в монопосевах максимальной плотности мятликовые газоны достигали в основном на третий год, за исключением сортов *Balin* и *Дар*, густота их побегов к осени второго года достигла 12,33 и 10,77 тыс. шт./м² (табл. 2). В поливидовых травосмесях, начиная с четвертого года при выпадении других биоконпонентов, мятлик постепенно замещал их нишу из-за способности к вегетативному размножению. Наиболее сильным конкурентом, подавляющим развитие мятлика лугового, была овсяница красная *Duna* и *Celianna*. В поливидовых газонах с участием этих сортов и доминированием их растений до седьмого года доля побегов мятлика лугового в общей структуре не превышала 17...38%. Из-за небольшой вегетативной подвижности овсяницы красной отмечалось постепенное увеличение количества побегов мятлика.

Особое направление — создание спортивных газонов, которые должны состоять из экологически устойчивых растений. Они отличаются многолетием, хорошо развитой корневой системой, высокой усваивающей способностью, обильным кущением, хорошим побегообразованием, сверхбыстрым ростом, отращиванием, устойчивостью к вытаптыванию. [14] Газон спортивного поля — это живая экосистема, имеющая прочную и упругую дернину, обладающая способностью быстро восстанавливаться. [1]

Создание спортивных газонов, в том числе на футбольных полях, в последние десятилетия актуализирует проблему правильного подбора ассортимента наиболее адаптированных видов и сортов многолетних трав. Особенности эксплуатации футбольного газона на стадионе МФТИ заключаются в ее повышенной интенсивности использования. Весной, осенью и зимой поле применяют для тренировочного процесса и игр трех институтских

команд. Зимой снег укатывают с помощью специальных катков. Это накладывает дополнительные требования к газону, так как чередование оттепелей и морозных периодов в Московском регионе часто приводят к образованию мощного ледяного покрытия, результат — весеннее вымокание газона.

Из всех вышеописанных сортов трав наилучшую приспособленность к конкретным условиям стадиона МФТИ показали мятлик луговой *Balin* и полевица тонкая *Highland*. К 2007 году их них сформировался мощный травостой. В декабре 2007 года из-за перепадов температур образовалась плотная ледяная корка толщиной 10 см, которая растаяла только в конце I декады апреля 2008 года. В результате вымокания под ледяной коркой полевица полностью погибла, газон стал сильно изреженным. Мятлик показал высокую способность к восстановлению с весны (45%) к концу июня проективное покрытие увеличилась до 80%. Для подсева применяли травосмеси с преобладанием до 90% мятлика лугового *Balin*.

Качество спортивного газона во многом определяется не только правильным подбором ассортимента трав в зависимости от режима эксплуатации травяного покрова, но и ухода за ним.

Ежегодно на спортивном газоне стадиона МФТИ подсеивают 150...200 кг семян в три этапа: сразу после схода снега или льда — 70...100 кг, через две-три недели — 30...50 кг, через две-три недели — 25 кг. При эксплуатации по мере необходимости производят подсев в разреженные участки. Сразу после схода снега вносят специальное комплексное газонное органо-минеральное удобрение Буйского завода: N — 10%, P₂O₅ — 7%, K₂O — 7%, MgO — 1,5%, S — 3% с гуминовыми и органическими соединениями 50%. Удобрения применяют регулярно из расчета по 210 кг на все поле каждую декаду в течение всего вегетационного периода до конца октября, всего около 3,5 т. В пересчете на минеральные вещества на 1 га спортивное поле за сезон получает N — 440 кг, P₂O₅ — 306, K₂O — 306, MgO — 65, S — 137 кг. Подкосы проводят два раза в неделю, а в период наиболее интенсивного роста растений в конце мая — первой половине лета — три раза в неделю с мульчирующей насадкой на косилку, обеспечивающей возвращение мульчи обратно в газон. В результате газон формируют прошлогодние побеги и новые всходы, подпитывают повышенные дозы удобрений. К настоящему времени сформировался красивый газон с подавляющим преобладанием мятлика лугового, густота побегов — свыше 40 тыс. шт./м².

Выводы. На опытных делянках ФНЦ «ВИК имени В.Р. Вильямса» установлено, что при рекомендованных нормах высева и внесения удобрений травостой моновидовых и поливидовых газонов из овсяницы луговой, райграса пастбищного, полевицы и овсяницы красной сенокосно-пастбищного эко-типа имеют тенденцию к изреживанию после длительного использования. Наиболее качественные долголетние газоны формируются с поливидовыми травосмесями, включающими мятлик луговой и овсяницу красную разновидностей красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.) и красная красная (*Festuca rubra* subsp. *Rubra* L.) сортов газонно-пастбищного типа. Газоны такого видового состава можно использовать для агроландшафтных це-

лей, озеленения урбанизированных территорий и на спортивных площадках с регулируемой нагрузкой эксплуатации.

Для создания спортивного газона футбольного поля с повышенной интенсивностью режима эксплуатации, включая зимнюю, наиболее подходящим видом – мятлик луговой. Травосмеси с полевицей и овсяницей красной показали меньшую приспособленность к выживанию после уплотнения снежного покрова зимой. При этом для получения плотного красиво окрашенного газона необходимо ежегодно подсеивать семена и вносить удобрения в повышенных количествах.

Эксплуатация футбольных полей с натуральным газоном в условиях средней полосы России возможна в течение шести-семи месяцев при высоком качестве газона. Натуральные газоны создают благоприятную экологическую обстановку на стадионах для занятий другими видами спорта (в основном легкая атлетика) в отличие от искусственных (вредные выделения и загрязнение окружающей среды). Поля с натуральным газоном могут быть рекомендованы для стадионов вузов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Андриянова А.В., Тазина С.В., Зайцев А.А. Экономическая эффективность применения удобрений при выращивании спортивного газона // Вестник ландшафтной архитектуры. 2019. № 20. С. 5–11.
- Асямов В.С., Степанов А.Ф., Бондаренко Н.А. Многолетние травы для создания газонов в условиях Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (21). С. 9–14.
- Бондаренко Н.А., Степанов А.Ф., Прохорова Н.А. Партерные газоны для Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (21). С. 15–21.
- Гречушкина-Сухорукова Л.А. Ассортимент газонных трав и состояние газонов в объектах озеленения г. Ставрополя // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 12–26.
- Золотарев В.Н., Переpravо Н.И. Агробиологические особенности сортов диплоидной и тетраплоидной овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) при возделывании на семена и газонном использовании // Адаптивное кормопроизводство. 2016. № 3. С. 53–68.
- Зубарев Ю.Н., Субботина Я.В., Пластун М.А. Влияние нормы высева и сортов многолетних злаковых трав отечественной селекции на качество газонов в Среднем Предуралье // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (49). С. 12–20.
- Зуева Г.А. Биоморфологические особенности овсяницы луговой при использовании в газонной культуре // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 5. С. 38–44.
- Кудинов С.В. сроки сева и видовой подбор злаковых трав для закладки газонов в Крыму // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2015. № 4 (167). С. 25–32.
- Лазарев Н.Н., Уразбахтин З.М., Соколова В.В., Гусев М.А. Газоны: устойчивость, долголетие, декоративность: монография. М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. 163 с.
- Лепкович И.П. Ваши газоны. СПб.: «Издательство «Диля», 2014. 304 с.
- Серегин М.В. Выбор соотношения компонентов для посева газонов при благоустройстве придорожных территорий // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1 (13). С. 30–34.
- Сигалов Б.Я. Долголетние газоны. М.: Наука, 1971. 311 с.
- Создание и содержание городских газонов / Уразбахтин З.М., Симонян К.М., Циркова М.С. и др.; под редакцией Уразбахтина З.М. М.: «Евролинс», 2004. 111 с.
- Шеметова И.С., Хуснидинов Ш.К., Шеметов И.И. Интенсивность побегообразования спортивных газонов Предбайкалья // Вестник ИрГСХА. 2011. № 47. С. 20–26.

REFERENCES

- Andriyanova A.V., Tazina S.V., Zajcev A.A. Ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya udobrenij pri vyrashchivani sportivogo gazona // Vestnik landshaftnoj arhitektury. 2019. № 20. S. 5–11.
- Asyamov V.S., Stepanov A.F., Bondarenko N.A. Mnogoletnie travy dlya sozdaniya gazonov v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 1 (21). S. 9–14.
- Bondarenko N.A., Stepanov A.F., Prohorova N.A. Parternye gazony dlya Sibiri // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 1 (21). S. 15–21.
- Grechushkina-Suhorukova L.A. Assortiment gazonnyh trav i sostoyanie gazonov v ob'ektah ozeleneniya g. Stavropolya // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2022. № 1. S. 12–26.
- Zolotarev V.N., Perepravo N.I. Agrobiologicheskie osobennosti sortov diploidnoj i tetraploidnoj ovsyaniцы lugovoj (*Festuca pratensis* Huds.) pri vozdelevanii na semena i gazonnom ispol'zovanii // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2016. № 3. S. 53–68.
- Zubarev Yu.N., Subbotina Ya.V., Plastun M.A. Vliyaniye normy vyseva i sortov mnogoletnih zlakovyh trav otechestvennoy selekcii na kachestvo gazonov v Srednem Predural'e // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 1 (49). S. 12–20.
- Zueva G.A. Biomorfologicheskie osobennosti ovsyaniцы lugovoj pri ispol'zovanii v gazonnoj kul'ture // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2009. № 5. S. 38–44.
- Kudinov S.V. sroki seva i vidovoj podbor zlakovyh trav dlya zakladki gazonov v Krymu // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavriidy. 2015. № 4 (167). S. 25–32.
- Lazarev N.N., Urazbahitin Z.M., Sokolova V.V., Gusev M.A. Gazony: ustojchivost', dolgoletie, dekorativnost': monografiya. M.: Izd-vo RGAU–MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2016. 163 s.
- Lepkovich I.P. Vashi gazony. SPb.: "Izdatel'stvo "Dilya", 2014. 304 s.
- Seregin M.V. Vybory sootnosheniya komponentov dlya poseva gazonov pri blagoustrojstve pridorozhnyh territorij // Permskij agrarnyj vestnik. 2016. № 1 (13). S. 30–34.
- Sigalov B.Ya. Dolgoletnie gazony. M.: Nauka, 1971. 311 s.
- Sozdanie i sodержanie gorodskih gazonov / Urazbahin Z.M., Simonyan K.M., Cirkova M.S. i dr.; pod redakciej Urazbahina Z.M. M.: «Evrolinc», 2004. 111 s.
- Shemetova I.S., Husnidinov SH.K., Shemetov I.I. Intensivnost' pobegoobrazovaniya sportivnyh gazonov Predbaikal'ya // Vestnik IrGSKHA. 2011. № 47. S. 20–26.

Поступила в редакцию 05.06.2023

Принята к публикации 19.06.2023

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ НАСЫЩЕНИЯ ЛЮЦЕРНОЙ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕЙ С ПОЖНИВНЫМ ЕСТЕСТВЕННЫМ ФИТОЦЕНОЗОМ В ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ

Абзагир Абдурагимович Гусейнов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Мурат Арсланович Арсланов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Гасан Никуевич Гасанов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Рустам Радифович Баширов², кандидат сельскохозяйственных наук
Хадижат Муратовна Мирзаева¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джамбулатова»,
г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

²ФГБУН Дагестанский государственный федеральный исследовательский центр РАН (ДФИЦ РАН),
г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия
E-mail: arsmurat@yandex.ru

Аннотация. В ООО «Вымпел-2002» Хасавюртовского района Республики Дагестан изучена фотосинтетическая деятельность люцерны и озимой пшеницы с пожнивным естественным фитоценозом (ПЕФ) в севооборотах. Почва опытного участка лугово-каштановая, тяжелосуглинистая, содержание в пахотном слое гумуса – 2,77%, K_2O – 32,8, P_2O_5 – 2,21 мг/100 г, плотность – 1,24 г/см³, наименьшая влагоемкость слоя почвы 0,6 м, в котором изучали влажность для определения сроков и норм поливов – 29,2%. Исследования провели в трех зерно-травяных севооборотах, насыщенных люцерной и озимой пшеницей с ПЕФ (25–75%), их монокультурами. Зеленое удобрение из ПЕФ после уборки озимой пшеницы во второй половине лета влияет на фотосинтетическую деятельность посевов последующей в севообороте озимой пшеницы так же, как и люцерна. Несмотря на то, что последняя из-за своей многоукосности формирует за вегетационный период в 2,8 раза больше площадь листовой поверхности, по показателям фотосинтетического потенциала посевов (ФПП) и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) уступает озимой пшенице с ПЕФ в 1,6 и 6,2 раза соответственно. Фитомасса ПЕФ, используемая на зеленое удобрение, сглаживает отрицательное влияние многолетних повторных посевов озимой пшеницы, занимающей 60–80% севооборотной площади, на фитосанитарное состояние почвы и урожайность.

Ключевые слова: люцерна, озимая пшеница, пожнивной естественный фитоценоз (ПЕФ), предшественник, фитомасса, продуктивность севооборотов, зерновые, кормовые и кормопротеиновые единицы, перевариваемый протеин

PRODUCTIVITY OF CROP ROTATIONS DEPENDING ON THE DEGREE OF SATURATION OF ALFALFA AND WINTER WHEAT WITH STUBBLE NATURAL PHYTOCENOSIS IN THE WESTERN CASPIAN REGION

A.A. Guseynov¹, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*
M.A. Arslanov¹, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*
G.N. Gasanov^{1,2}, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*
R.R. Bashirov², *PhD in Agricultural Sciences*
Kh.M. Mirzaeva¹, *PhD student*

¹Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

²FGBUN Dagestan State Federal Research Center RAS (DFRC RAS), Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia
E-mail: arsmurat@yandex.ru

Abstract. The photosynthetic activity of alfalfa and winter wheat with PEF in crop rotations was studied at Vypmel-2002 LLC in the Khasavyurt district of the Republic of Dagestan. The soil of the experimental plot is meadow-chestnut, heavy loamy, in the arable layer contains humus 2.77%, K_2O – 32.8 and P_2O_5 – 2.21 mg/100 g, its density is 1.24 g/cm³, the lowest moisture capacity of the soil layer – 0.6 m, in which the humidity was studied to determine the timing and norms of irrigation – 29.2%. The studies were carried out in three grain-grass crop rotations saturated with alfalfa and winter wheat with PEF from 25 to 75%, and their monocultures. The formation of PEF for green manure after harvesting winter wheat in the second half of summer, in terms of its influence on the photosynthetic activity of crops of subsequent winter wheat in the crop rotation, made it possible to achieve the same high indicators as after such a most valuable predecessor for it as alfalfa. Despite the fact that the latter, due to its multi-cutting, alfalfa forms 2.8 times more leaf surface area during the growing season, in terms of photosynthetic potential of crops (PPP) and net photosynthesis productivity (NPP) it is inferior to winter wheat with PEF in 1.6 and 6.2 times, respectively. PEF phytomass used for green fertilizer, smoothing out the negative impact of its long-term re-sowing on the phytosanitary state of the soil and the yield of the leading grain crop, can become the most acceptable way out of the situation when, due to the current structure of sown areas, winter wheat occupies 60–80% of the crop rotation area and it has to be placed in the same field for 3–5 years without a change.

Keywords: alfalfa, winter wheat, stubble natural phytocenosis (PEF), predecessor, phytomass, crop rotation productivity, grain, fodder and fodder protein units, digestible protein

В севооборотах орошаемых районов Северного Кавказа и Поволжья возможно расширить площади под кормовыми, пожнивными, озимыми и яровыми промежуточными культурами для получения второго урожая за год.

В структуре земель сельскохозяйственного назначения Западного Прикаспия на пашню приходится 14,3%, сады и виноградники – 2...4, сенокосы и пастбища – более 80%. В полевых севооборотах 20...30% площади занимает люцерна, больше половины – озимые зерновые, остальную – пропашные культуры (кукуруза на зерно и силос, подсолнечник на семена). Раньше одно поле в 7...10-польных севооборотах отводили под пожнивные культуры после уборки озимых. Но сегодня значительные площади орошаемых земель не используются даже для получения одного урожая из-за отсутствия финансовых и материально-технических возможностей для подготовки почвы и выращивания продовольственного зерна и другой продукции. Всегда сложным оставался вопрос о подборе предшественников для озимой пшеницы при высокой степени насыщения ею севооборотов. После кукурузы и подсолнечника, убираемых в фазе полной спелости, производственники стараются не размещать озимые культуры, учитывая поздние сроки их созревания и ограниченность периода времени для проведения допосевого полива. Поэтому озимую пшеницу высевают на одном и том же поле нередко четыре-пять лет подряд. Это приводит к недобору значительной части урожая зерна.

Выход из создавшегося положения – использование послеуборочного периода для формирования из пожнивного естественного фитocenоза (ПЕФ) зеленого удобрения. [1, 3–5, 8, 9, 11–13] За 90...100 дн. до наступления оптимального срока посева озимых можно получить более 20 т/га органической массы ПЕФ, после запашки которой остается достаточно времени для качественной подготовки почвы.

Цель работы – изучить влияние степени насыщения севооборотов люцерной и озимой пшеницей с последующим формированием ПЕФ от 25 до 100% на урожайность основных культур и продуктивность зернотравяных севооборотов в сравнении с их монокультурами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в ФГБОУ ВО Дагестанский ГАУ и ООО «Вымпел-2002» Хасавюртовского района Республики Дагестан. Почва опытного участка лугово-каштановая, тяжелосуглинистая, содержание гумуса в пахотном слое – 2,77%, K_2O – 32,8, P_2O_5 – 2,21 мг/100 г, плотность – 1,24 г/см³, наименьшая влагоемкость слоя почвы 0,6 м, в котором изучали влажность для определения сроков и норм поливов – 29,2%. Работу вели в трех четырехпольных севооборотах, насыщенных люцерной от 25 до 75% и таким же соотношением озимой пшеницы с ПЕФ в сравнении их монокультурами. Площадь учетной делянки – 100 м², повторность четырехкратная. [2]

Учеты, фенологические наблюдения и анализы структуры урожая озимой пшеницы осуществляли

согласно Методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, люцерны и ПЕФ – Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. [7, 10] Результаты статистически обрабатывали по Б.А. Доспехову с помощью компьютерной программы Microsoft Excel. [6]

Для формирования ПЕФ после уборки озимой пшеницы поле поливали с расчетом увлажнения слоя почвы 0...0,6 м по полосам вручную, используя оросительную сеть. До полива внесли аммиачную селитру (N_{30}). При достижении уборочной готовности ПЕФ (фаза молочной спелости семян доминанта – щирницы запрокинутой) фитомассу измельчали тяжелыми дисковыми боронами в I декаде августа и повторно – III. Запахивали ее в почву на глубину 20...22 см плугом ПЛН-4-35. Поверхность почвы выравнивали перед поливом (МВ-6) и посевом озимой пшеницы, предпосевную обработку проводили тяжелыми зубовыми боронами. В случае размещения за люцерной поле вспахивали после пятого укоса и дважды дисковали тяжелыми дисковыми боронами для измельчения корневищ.

Поскольку предшественником в обоих случаях был ПЕФ, почву под люцерну обрабатывали по той же схеме зубовыми боронами БЗСТ-1 после наступления физической спелости слоя 0...10 см, но глубину вспашки увеличивали до 30 см. Вегетационные поливы всех культур севооборота проводили при достижении влажности почвы 70...75% НВ.

Суперфосфат под озимую пшеницу вносили из расчета P_{40} под вспашку и P_{10} при посеве (для люцерны – P_{150} и P_{10} соответственно), аммиачную селитру – N_{30} перед посевом и столько же в фазе кущения весной. Калийные удобрения в севообороте не использовали, учитывая достаточное содержание этого элемента в почве.

Посев (5 млн сем./га) озимой пшеницы сорта *Гром* проводили в I...II декадах сентября при наступлении физической спелости почвы в посевном слое, люцерны (синегибридная) – I декаде марта. Уход за посевами осуществляли в соответствии с рекомендациями.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Несмотря на то, что в условиях Западного Прикаспия люцерна – одна из наиболее урожайных культур, по своей продуктивности она уступает сумме урожаев озимой пшеницы с ПЕФ. За четыре года выращивания в монокультуре люцерны дает в среднем за год 2,05 т/га зерновых единиц, столько же кормовых и 3,43 т/га кормопротеиновых, что соответственно в 3,34, 3,78 и 2,26 раза меньше, чем посевы озимой пшеницы с ПЕФ (см. таблицу).

Поэтому севообороты с высокой долей озимой пшеницы с ПЕФ на зеленое удобрение за первую ротацию обеспечили увеличение выхода зерновых единиц с 1 га севооборотной площади. При 25% он составил 3,35 т, 50 – 4,45, 75% – 5,43 т/га. В этих же севооборотах выход кормовых единиц – 3,65 т, 4,99 и 6,25 т/га соответственно (см. рисунок).

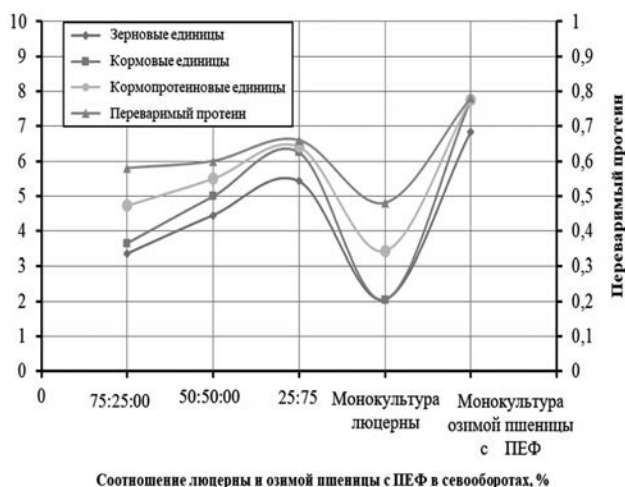
Учитывая повышенную концентрацию переваримого протеина в фитомассе люцерны, можно было предположить, что в севооборотах с высокой

Содержание зерновых, кормовых и кормопротеиновых единиц в растительной массе при монокультуре люцерны, озимой пшеницы с ПЕФ и в севооборотах, т/га, 2017–2022 годы

Соотношение культур в севообороте, %*	Культура**	Содержание единиц			
		зерновые	кормовые	переваримый протеин	кормопротеиновые
75-25-25	1	6,02	6,02	1,44	10,21
	2	6,58	7,76	0,83	8,03
	3	0,81	0,81	0,04	0,61
50-50-50	1	4,09	4,09	0,96	6,85
	2	12,10	14,26	1,36	13,93
	3	1,62	1,62	0,07	1,16
25-75-75	1	2,04	2,04	0,48	3,42
	2	18,21	21,47	2,29	22,19
	3	2,43	2,43	0,11	1,77
Монокультура люцерны	1	8,20	8,20	1,92	13,72
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
Монокультура озимой пшеницы с ПЕФ	1	0	0	0	0
	2	24,15	27,73	2,96	28,67
	3	3,24	3,24	0,14	2,32

Примечание. *Соотношение люцерны — озимой пшеницы — ПЕФ; **1 — люцерна, 2 — озимая пшеница, 3 — ПЕФ.

долей этой культуры в структуре посевов его выход увеличится по сравнению с севооборотами с преобладанием небобовых культур. Однако этого мы не наблюдали, поскольку фитомасса ПЕФ содержала протеин в достаточном количестве, а урожайность люцерны значительно уступала сумме урожайности озимой пшеницы и ПЕФ. Поэтому выход переваримого протеина с 1 га севооборотной площади увеличивался с 0,58 т/га при 25% площади озимой пшеницы с ПЕФ до 0,60 и 0,66 соответственно при



Выход зерновых, кормовых и кормопротеиновых единиц в севооборотах с различной степенью насыщения люцерной, озимой пшеницей с ПЕФ и их монокультурами, т/га, 2017–2022 годы.

50 и 75%, количество кормопротеиновых единиц — с 4,73 т до 5,50 и 6,42 т/га.

Следовательно, основной резерв повышения продуктивности зернотравяных севооборотов в условиях Западного Прикаспия — введение озимой пшеницы с ежегодным чередованием с ПЕФ, выращиваемым во второй половине лета на зеленое удобрение (50...75% севооборотной площади). Ежегодное его формирование обеспечивает обогащение почвы органической массой и повышает продуктивность севооборотов.

Выводы. В Западном Прикаспии, где в структуре посевных площадей озимая пшеница занимает 60...80%, и ее приходится размещать повторно на одном и том же поле в течение трех-пяти лет, теряя при этом 20...30% урожая зерна, можно использовать пожнивный период для формирования ПЕФ и применять его фитомассу как зеленое удобрение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдуллаев Ж.Н., Гасанов Г.Н., Бексултанов А.А. Приемы обработки каштановой почвы и продуктивность звена севооборота «пожнивная культура — озимая пшеница» в Приморской подпровинции Дагестана // Аграрная наука. 2012. № 3. С. 9–12.
2. Васильев И.П., Туликов А.М., Баздырев Г.И. и др. Практикум по земледелию. М.: Колос, 2005. 424 с.
3. Власова О.И. Плодородие черноземных почв и приемы его воспроизводства в условиях Центрального Предкавказья: монография. Ставрополь: АГРУС, 2014. 308 с.
4. Гайдученко А.Н., Синеговская В.Т., Толмачев М.В. Возделывание полевых культур в короткоротационных универсальных севооборотах в Амурской области // Земледелие. 2015. № 5. С. 3–5.
5. Гасанов Г.Н., Арсланов М.А. О системах содержания почв в ирригационных агроландшафтах и их классификации // Земледелие. 2017. № 1. С. 21–24.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 416 с.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИК, 1987. 198 с.
8. Пенчуков В.М., Передериева В.М., Власова О.И. Биологизированные севообороты — эффективный путь сохранения плодородия почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 4. С. 114–117.
9. Тамазаев И.Т. Видовой состав и продуктивность естественного фитоценоза и кукурузы на силос пожнивного посева в Терско-Сулакской низменности Прикаспия // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 75–79.
10. Федин М.А. Методика государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. 239 с.
11. Черкасов Г.Н., Акименко А.С. Основы модернизации севооборотов и формирования их систем в соответствии со специализацией хозяйств Центрального Черноземья // Земледелие. 2017. № 4. С. 3–5.
12. Черкасов Г.Н., Акименко А.С. Совершенствование севооборотов и структуры посевных площадей для хозяйств различной специализации Центрального Черноземья // Земледелие. 2016. № 5. С. 8–11.

13. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья // Земледелие. 2016. № 1. С. 14–16.

REFERENCES

1. Abdullaev Zh.N., Gasanov G.N., Beksultanov A.A. Priemy obrabotki kashtanovoj pochvy i produktivnost' zvena sevooborota "pozhnivnaya kul'tu-ra – ozimaya pshenica" v Primorskoj podprovincii Dagestana // Agrarnaya nauka. 2012. № 3. S. 9–12.
2. Vasil'ev I.P., Tulikov A.M., Bazdyrev G.I. i dr. Praktikum po zemledeliyu. M.: Kolos, 2005. 424 s.
3. Vlasova O.I. Plodorodie chernozemnyh pochv i priemy ego vospro-izvodstva v usloviyah Central'nogo Predkavkaz'ya: monografiya. Stavropol': AGRUS, 2014. 308 s.
4. Gajduchenko A.N., Sinegovskaya V.T., Tolmachev M.V. Vozdelyvanie polevyh kul'tur v korotkorotacionnyh universal'nyh sevooborotah v Amurskoj oblasti // Zemledelie. 2015. № 5. S. 3–5.
5. Gasanov G.N., Arslanov M.A. O sistemah sodержaniya pochv v irrigacionnyh agrolandshaftah i ih klassifikacii // Zemledelie. 2017. № 1. S. 21–24.
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 416 s.

7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovy-mi kul'turami. M.: VNIИK, 1987. 198 s.
8. Penchukov V.M., Perederieva V.M., Vlasova O.I. Biologizirovan-nye sevooboroty – effektivnyj put' sohraneniya plodorodiya pochvy i po-vysheniya urozhajnosti sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. № 4. S. 114–117.
9. Tamazaev I.T. Vidovoj sostav i produktivnost' estestvennogo fito-cenoza i kukuruzy na silos pozhnivnogo poseva v Tersko-Sulakskoj nizmen-nosti Prikaspiya // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 3 (35). S. 75–79.
10. Fedin M.A. Metodika gosudarstvennoj komissii po sortoispytaniyu sel'skohozyajstvennyh kul'tur. M.: Kolos, 1985. 239 s.
11. Cherkasov G.N., Akimenko A.S. Osnovy modernizacii sevooborotov i formirovaniya ih sistem v sootvetstvii so specializaciej hozyajstv Cen-tral'nogo Chernozem'ya // Zemledelie. 2017. № 4. S. 3–5.
12. Cherkasov G.N., Akimenko A.S. Sovershenstvovanie sevooborotov i struktury posevnyh ploshchadej dlya hozyajstv razlichnoj specializacii Cen-tral'nogo Chernozem'ya // Zemledelie. 2016. № 5. S. 8–11.
13. Shramko N.V., Vihoreva G.V. Rol' biologizirovannyh sevooboro-tov v izmenenii sodержaniya gumusa v derno-vo-podzolistyh pochvah Verhne-volzh'ya // Zemledelie. 2016. № 1. S. 14–16.

Поступила в редакцию 20.05.2023

Принята к публикации 03.06.2023

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ПОРАЖАЕМОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ОТДЕЛЬНЫМИ ВИДАМИ ПАРШИ В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ*

Любовь Павловна Евстратова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Елена Валентиновна Николаева, кандидат сельскохозяйственных наук

Лаборатория агротехнологий «Вилга» отдела комплексных научных исследований

Карельского научного центра Российской академии наук, п. Новая Вилга, Республика Карелия, Россия

E-mail: levstratova@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты трехлетнего полевого эксперимента по изучению урожайности картофеля, а также поражаемости сортов Холмогорский (раннеспелый) и Невский (среднеранний) ризоктониозом и паршой серебристой при использовании визуально свободных от инфекций маточных клубней с разной степенью развития ростовых трещин. Растрескивание может быть вызвано абиотическими, биотическими и антропогенными факторами. Трещиноватость приводит к снижению товарности клубней, увеличению отходов при механическом способе очистки картофеля, повышению вероятности его инфицирования возбудителями болезней. Максимальный недобор урожая выявлен при наибольшей степени трещиноватости семенного материала. Использование на посадку клубней с таким дефектом обусловило снижение в 1,1 раза урожайности сортов относительно контроля (без ростовых трещин). С усилением развития функциональной болезни на картофеле увеличивалась распространенность ризоктониоза (8,3) и парши серебристой (7,6%), особенно у раннеспелого сорта Холмогорский.

Ключевые слова: Республика Карелия, картофель, растрескивание клубней, урожайность, поражаемость, ризоктониоз, парша серебристая

INFLUENCE OF SOWING MATERIAL CRACKING ON POTATOES YIELD AND SUSCEPTIBILITY TO CERTAIN TYPES OF SCAB IN THE KARELIA'S CONDITIONS

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

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

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

E-mail: levstratova@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of a three-year field experiment to study potato yields, as well as the incidence of Kholmogorsky (early ripening) and Nevsky (middle early) varieties with black scurf and silver scurf when planting visually infection-free seed tubers with varying degrees of growth cracks. Tuber cracking can be caused by abiotic, biological and anthropogenic factors. Tuber cracking leads to a decrease in the marketability, an increase in waste during mechanical peeling of potatoes, an increase in the likelihood of its infection with pathogens. It was found that the maximum shortage of the crop was detected with the greatest degree of fracturing of the seed material. The use of tubers with such a defect for planting caused a 1.1 – fold decrease in the yield of the studied varieties relative to the controls – without growth cracks. With the intensification of the development of functional disease on potatoes, the prevalence of black scurf increased (by 8.3) and silver scurf (7.6%), especially in the early-maturing Kholmogorsky variety.

Keywords: Republic of Karelia, potato, tuber cracking, yield, susceptibility, black scurf, silver scurf

Растрескивание (трещиноватость, ростовые трещины) картофеля – один из часто встречающихся симптомов, который значительно ухудшает товарный вид клубней и увеличивает при их переработке количество отходов. [12] Трещины образуются в результате нарушения ростовых процессов, преимущественно в верхушечной части клубня, и распространяются в продольном направлении. В большинстве случаев признаки ферментативного распада и некроза не наблюдаются, клеточные стенки не повреждаются, формируется раневая перидерма, и клубень продолжает расти вместе с увеличивающимся в размерах расколом. [8, 20]

Если кожа еще не опробковела, то растрескивание может стать причиной распространения грибных и бактериальных инфекций, особенно во время хранения урожая. Повреждение только феллемы приводит к образованию сетки кожуры (сетчатость), а более глубокой крахмалоносной ткани клубня – трещин. [1–3, 7, 9]

Большинство исследователей утверждают, что основная причина растрескивания – значительные колебания метеорологических факторов в период клубнеобразования. [8, 23] Наступление благоприятного температурно-влажностного режима после вынужденного покоя, обусловленного засухой,

* Работа выполнена согласно Государственного задания по Программе ФНИ государственных академий наук на 2022–2026 гг. Код (шифр) научной темы FMEN – 2022-0013, Пер. № НИОКТР 122031000202-1 / The study was performed in accordance with State assignment. Code (cipher) of a scientific topic FMEN – 2022-0013 No. 122031000202-1.

приводит к неравномерному росту внутренних и внешних тканей клубня, что вызывает образование трещин. D.K.L. Maskeron изменения влажности почвы и скорости роста клубней не считает достаточными причинами для растрескивания. [19] Трещиноватость, вызванная абиотическими условиями, не отражается на других органах растений, и считается признаком патоморфологических и патофизиологических изменений клубня, что определяет дальнейшие показатели роста, развития и продуктивности картофеля при его использовании на посадку.

Количество рассеченных клубней в урожае зависит также от генетической предрасположенности картофеля к образованию ростовых трещин. [4, 14, 21] Преобладающая часть реестровых сортов не восприимчивы к функциональной болезни, так как образцы с нежелательными признаками и свойствами выбраковывают в процессе сортоиспытания. [1] Однако крупноклубневые и раннеспелые сорта наиболее подвержены этому дефекту. [8]

Трещиноватость может быть вызвана несбалансированным минеральным питанием растений. Процент треснувших клубней увеличивается при выращивании культуры на плодородных и богатых азотом почвах на фоне дефицита калия и бора. Массовое образование ростовых трещин проявляется в результате переуплотнения почвы, разрушения гребней, недостаточной густоты посадки и поздних сроков удаления надземной массы растений перед уборкой. [22] При повреждении растений гербицидами, поражении фитопатогенами встречаются такие симптомы, как хлороз, морщинистость или мозаика листьев, замедление роста, сетчатая кожура клубней и другие. [15] Нарушения регламентов использования пестицидов на картофеле и его предшественниках может отразиться на качестве клубней. Установлено, что появление продольного рассечения (часто звездчатого) — характерный признак гербицидных токсикозов сульфонил-мочевин и имидазолинонов. При сортовой чувствительности (например, сорт *Винета*) к метрибузиному снижается процент товарных клубней из-за их растрескивания под влиянием препаратов. К инфекционным причинам образования трещин относят поражаемость картофеля в течение вегетации вирусными и грибными болезнями. Частота растрескивания клубней у растений с мозаичными симптомами заражения А- и Y-вирусами намного выше, особенно при смешанной инфекции. [17] Некоторые авторы указывают, что трещиноватость — один из признаков развития на поверхности клубня гриба *Rhizoctonia solani* Kühn. — возбудителя черной парши (ризоктониоз). [2, 8, 18]

Многообразие причин, вызывающих трещиноватость клубней, сортовая чувствительность к ее образованию, недостаточное изучение действия расколов на урожайные и посевные качества посадочного материала картофеля обусловили важность проведения научных исследований в локальных условиях северного земледелия.

Цель работы — определить влияние растрескивания семенных клубней на урожайность, а также поражаемость картофеля ризоктониозом и паршой серебристой в почвенно-климатических условиях Республики Карелия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт проводили в южном агроклиматическом районе республики в течение трех вегетационных периодов. Для оценки зависимости урожайности и поражаемости картофеля болезнями от комплекса метеорологических показателей применяли гидротермический коэффициент Селянинова — ГТК. [10]

К особенностям первого и второго полевых сезонов можно отнести недостаток тепла в сочетании с избыточным количеством осадков, в основном во время клубнеобразования (табл. 1). Несмотря на это урожайность картофеля превышала значения третьего полевого сезона с более сильными колебаниями показателей среднемесячной температуры и суммы осадков. Метеорологические условия в течение полевых сезонов, особенно второго, способствовали развитию на картофеле ризоктониоза и парши серебристой.

Почва участка — дерново-подзолистая, хорошо окультуренная, на древнепесчаных аллювиальных отложениях, по гранулометрическому составу — легкосуглинистая. Мощность пахотного горизонта — 23...30 см. Содержание гумуса — 5,7%, подвижного фосфора — 234 мг/кг почвы, обменного калия — 180 мг/кг почвы, рН_{сол.} — 5,9 (слабокислая). Эдафические условия благоприятны для выращивания картофеля.

В опыте использовали сорта картофеля *Холмогорский* (раннеспелый) и *Невский* (среднеранний), включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущенных к использованию в Северном регионе. [5] Семенной материал визуально свободный от инфекционных болезней характеризовался разной степенью развития ростовых трещин. Оценку трещиноватости проводили перед посадкой по разработанной нами шестибалльной шкале: 0,0 — отсутствие симптомов; 0,1 — сетчатость кожуры, единичные и неглубокие трещины;

Таблица 1.
Характеристика влаго- и теплообеспеченности растений в течение вегетации

Месяц	Полевой сезон			Среднепогодный показатель
	первый	второй	третий	
Среднемесячная температура, °С				
Июнь	12,3	12,9	13,2	13,3
Июль	16,0	16,3	22,3	18,1
Август	13,2	14,6	17,0	15,3
Количество осадков, мм				
Июнь	53	89	78	62
Июль	74	113	40	84
Август	180	99	62	94
Гидротермический коэффициент Селянинова				
Июнь	1,4**	2,3*	2,0*	1,6**
Июль	1,5**	2,2*	0,6****	1,5**
Август	4,4*	2,2*	1,2***	2,0*
Полевой сезон	2,4*	2,2*	1,1***	1,7*

Примечание. Условия по ГТК: * — избыточно влажные; ** — влажные; *** — слабо засушливые; **** — очень засушливые.

Таблица 2.
Степень развития трещиноватости семенных клубней
в различных полевых сезонах, %

Сорт	Полевой сезон		
	первый	второй	третий
<i>Холмогорский</i>	41,3	21,3	9,0
<i>Невский</i>	31,0	13,3	0,6

1,0 – трещины занимают до 25% поверхности клубня; 2,0 – 25...50; 3,0 – 50...75; 4,0 – более 75%.

Для опыта по каждому сорту брали 10 клубней – без симптомов (контроль) и с ростовыми трещинами. Повторность – четырехкратная, схема посадки – 70x25 см. Агротехника выращивания картофеля – общепринятая для Северо-Запада Российской Федерации. При уборке определяли число и массу клубней по фракциям: крупная (более 80 г), средняя (50...80), мелкая (менее 50 г). Математическую обработку данных урожайности проводили методом однофакторного дисперсионного анализа. [6]

После зимнего хранения урожая на картофеле отмечали симптомы ризоктониоза и парши серебристой в соответствии со шкалой НИИКХ, модифицированной Л.П. Назаровой. [11, 13] Для характеристики трещиноватости и поражаемости клубней различными видами парши использовали показатели по Определителю болезней сельскохозяйственных культур. [16]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Степень растрескивания посадочного материала зависела от условий предыдущего полевого сезона и сортов (табл. 2). Минимальные повреждения были на картофеле после выращивания его во втором полевом сезоне, отличающимся относительно однородным распределением осадков по месяцам. Сорт *Холмогорский*, как более скороспелый, больше предрасположен к функциональной болезни.

На фоне отсутствия достоверных различий урожай каждого сорта по вариантам опыта, максимальное негативное влияние качества семенного материала на урожайность картофеля установлено

в первый год исследования из-за большей (до 41,3%) трещиноватости клубней (табл. 3). По сравнению с контрольными вариантами выявлено снижение числа и массы клубней: у сорта *Холмогорский* – всех фракций, *Невский* – крупной и мелкой.

Во второй период вегетации в опыте с сортом *Холмогорский* при уменьшении числа и массы крупных клубней увеличивалось количество средних и мелких, что вызвало незначительный рост общего урожая. У сорта *Невский* он снизился.

В третьем полевом сезоне недостаток влаги и слабая трещиноватость маточных клубней сорта *Холмогорский* стали причиной уменьшения числа и массы клубней крупной и средней фракций, увеличения мелкой. Опытный вариант сорта *Невский* выделился большими значениями урожая крупных и средних клубней.

В среднем за три года трещиноватость семенного материала негативно повлияла на урожайность картофеля. Несмотря на отсутствие достоверных отклонений по числу и массе клубней, снижение урожая сорта *Холмогорский* составило 7,0...8,4%, *Невский* – 7,9...11,8%.

Фитопатологическая оценка поражаемости клубней нового поколения выявила наибольшее проявление симптомов ризоктониоза на картофеле, выращенном в условиях второго полевого сезона с избыточным увлажнением и недостатком тепла. Степень развития этой инфекционной болезни варьировала по годам: у сорта *Холмогорский* в контрольном варианте – 34,6...40,2%, опытном – 13,8...42,5; *Невский* – 16,6...38,6 и 23,2...42,6% соответственно. Установлено отрицательное влияние трещиноватости на распространенность черной парши (см. рисунок). По сравнению с контролем этот показатель у сорта *Холмогорский* вырос на 5,8, *Невский* – 8,3%.

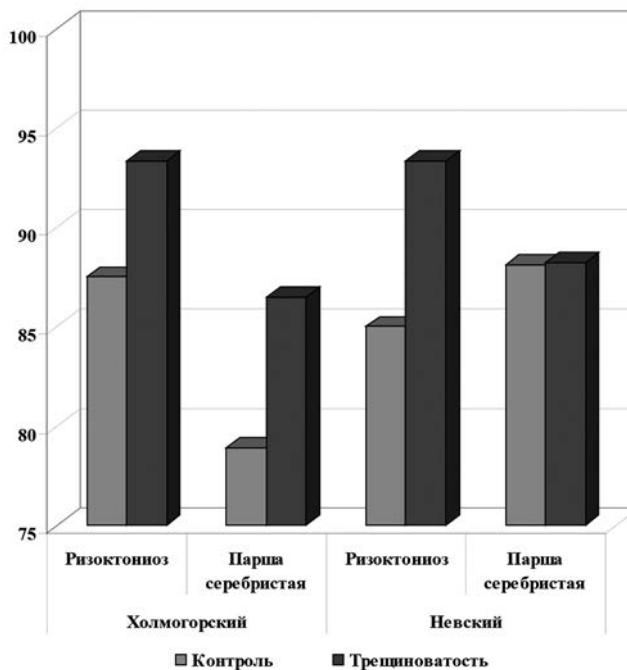
Посадка треснувшими маточными клубнями меньше повлияла на развитие и распространенность парши серебристой. Наибольшая поражаемость картофеля выявлена во второй период вегетации. Степень развития парши серебристой у сорта *Холмогорский* – 17,3...39,6% (контроль) и 12,3...29,0 (опытный вариант), *Невский* – 20,1...30,9 и 18,7...28,6% соответственно.

Таблица 3.

Влияние трещиноватости семенных клубней на урожай картофеля

Вариант	Урожайность в полевом сезоне						Среднее значение	
	первый		второй		третий			
	тыс. шт./га	т/га	тыс. шт./га	т/га	тыс. шт./га	т/га	тыс. шт./га	т/га
<i>Холмогорский</i>								
Семенные клубни без симптомов болезней (К)	512,9	46,4	310,6	20,8	287,0	15,2	370,2	27,5
Семенные клубни с трещиноватостью	367,4	29,4	345,9	28,9	319,7	17,2	344,3	25,2
Отклонение от контроля	-145,5	-17,0	+35,3	+8,1	+32,7	+2,0	-25,9	-2,3
F _ф *	5,31	7,09	0,56	0,10	0,66	0,56	–	–
<i>Невский</i>								
Семенные клубни без симптомов болезней (К)	423,7	40,2	539,1	40,9	342,1	18,3	435,0	33,1
Семенные клубни с трещиноватостью	362,3	29,4	439,3	33,5	400,1	24,7	400,6	29,2
Отклонение от контроля	-61,4	-10,8	-99,8	-7,4	+58,0	+6,4	-34,4	-3,9
F _ф	2,44	4,54	1,69	2,33	0,47	2,42	–	–

Примечание. * F_ф и F_т – фактический и теоретический критерии Фишера, F_т = 10,13.



Влияние трещиноватости семенного картофеля на распространенность (%) ризиктониоза и парши серебристой на клубнях нового урожая, среднее за три года.

Анализ влияния растрескивания посадочного материала на распространенность парши серебристой на картофеле нового урожая показал увеличение числа пораженных клубней, особенно сорта *Холмогорский* (7,6%).

Таким образом, использование семенного материала с трещиноватостью в зависимости от степени его растрескивания, сорта и погодных условий негативно отражается на урожайных показателях картофеля. Максимальное снижение урожая культуры отмечено при наибольшей степени трещиноватости клубней. Растрескивание посадочного материала изученных сортов приводит к снижению урожая в среднем в 1,1 раза. Раннеспелый сорт *Холмогорский* предрасположен к образованию ростовых трещин на клубнях нового поколения. После зимнего хранения урожая степень развития ризиктониоза и парши серебристой изменяется от 12,3 до 42,6% в зависимости от качества семенного материала и погодных условий предыдущего сезона. Максимальное развитие изученных видов парши было на картофеле, выращенном при недостаточной теплообеспеченности и избыточном увлажнении. Посадка рассеченными клубнями способствует увеличению распространенности инфекционных болезней: ризиктониоз — на 5,8...8,3, парша серебристая — 0,1...7,6%.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.
2. Банадыев С.А. Ростовые трещины и дуплистость клубней картофеля: возможности контроля // Наше сельское хозяйство. 2020. № 23 (247). С. 36–43.
3. Болезни, вредители, сорняки картофеля и мероприятия по борьбе с ними / В.Н. Зейрук, С.В. Жевора,

- С.В. Васильева и др. М.: ФГУП «Издательство «Наука», 2020. 332 с.
4. Волков Д.И., Ким И.В., Гисюк А.А., Клыков А.Г. Оценка сортов картофеля дальневосточной селекции на пригодность к переработке // Вестник КрасГАУ. 2020. № 3. С. 44–51. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-3-44-51.
5. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2022. 646 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
7. Евстратова Л.П., Николаева Е.В., Пермьякова В.Н. Атлас болезней и вредителей картофеля. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. 214 с.
8. Комарова Л.В. Растрескивание клубней картофеля — причины и способы устранения. Текст: электронный // Агрехиминвест-НН. Средства защиты растений. Нижний Новгород, 2019. URL: <https://agro-nn.ru/novosti/rastreskivanie-klubnej-kartofelya-prichiny-i-sposoby-ustraneniya/> (дата обращения: 14.02.2023).
9. Кузнецова М.А. Защита картофеля // Приложение к журналу Защита и карантин растений. 2007. № 5. 28 с.
10. Лосев А.П. Практикум по агрометеорологическому обеспечению растениеводства. С.-Пб.: Гидрометеоиздат, 1994. 245 с.
11. Методические указания по оценке селекционного материала картофеля на устойчивость к фитофторозу, ризиктониозу, бактериальным болезням и механическим повреждениям. М.: ВАСХНИЛ, 1980. 53 с.
12. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению / Сост. К.А. Пшеченков, О.Н. Давыденкова, В.И. Седова и др. М.: ВНИИКХ, 2008. 39 с.
13. Назарова Л.П. Иммунологический анализ генофонда картофеля по устойчивости к ризиктониозу для целей селекции: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Ленинград, 1986. 18 с.
14. Перцева Е.В., Перцев С.В. Сортосвая устойчивость картофеля к заболеваниям клубней // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов. Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2020. С. 108–111.
15. Филиппов А.В., Спиридонов Ю.Я. Гербицидные токсикозы картофеля // Защита и карантин растений. 2014. № 3. С. 44–46.
16. Хохряков М.К., Потлайчук В.И., Семенов А.Я., Элбакян М.А. Определитель болезней сельскохозяйственных культур. Ленинград: Колос, 1984. 304 с.
17. Carnegie S.F., McCreath M. Mosaic virus symptoms in potato crops and the occurrence of growth cracking in tubers // European Potato Journal. 2010. № 53 (1). P. 17–24. DOI: 10.1007/s11540-010-9147-0.
18. Muzhinji N., Woodhall J.W., Truter M., Waals J.E. Elephant hide and growth cracking on potato tubers caused by *Rhizoctonia solani* AG3-PT in South Africa // Plant Disease. 2014. Vol. 98. № 4. P. 570. DOI: 10.1094/PDIS-08-13-0815-PDN.
19. Mackerron D.K.L., Jefferies R.A. Observations on the effects of relief of late water stress in potato // Potato Res. 1985. Т. 28. № 3. P. 349–359.
20. Mogen K.L., Nelson D.C. Some anatomical and physiological potato tuber characteristics and their relationship to hollow heart // Am. Potato J. 1986. Т. 63. № 11. P. 609–618.

21. Parker A. Evaluation of potato cultivar resistance to common scab, black scurf and tuber chacking // *Ann. appl. Biol.* 1986. Vol. 108. № 2. P. 158–159.
22. Singh R.K., Sharma J., Singh S., Singh S.N. Reducing over-size and cracked tubers in seed potato crop through dates of haulm killing // *J. Indian Potato Assn.* 2007. Vol. 34. № 1–2. P. 135–136.
23. Weber J., Vetter A. Einfluss der berechnung auf die nassbfaulegefahrung der kartoffelknollen // *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk.* 1989. T. 33. № 7. P. 413–417.
- REFERENCES**
- Anisimov B.V., Belov G.L., Varicev Yu.A. i dr. *Zashchita kartofelya ot boleznej, vreditelej i sornjakov.* M.: Kartofelevod, 2009. 272 s.
 - Banadysev S.A. Rostovye treshchiny i duplistost' klubnej kartofelya: vozmozhnosti kontrolya // *Nashe sel'skoe hozjajstvo.* 2020. № 23 (247). S. 36–43.
 - Bolezni, vrediteli, sornyaki kartofelya i meropriyatija po bor'be s nimi / V.N. Zejruk, S.V. Zhevora, S.V. Vasil'eva i dr. M.: FGUP "Izdatel'stvo "Nauka", 2020. 332 s.
 - Volkov D.I., Kim I.V., Gisyuk A.A., Klykov A.G. Ocenka sortov kartofelya dal'nevostochnoj selekcii na prigodnost' k pererabotke // *Vestnik KrasGAU.* 2020. № 3. S. 44–51. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-3-44-51.
 - Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. T. 1. «Sorta rastenij» (oficial'noe izdanie). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2022. 646 s.
 - Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta.* M.: Kolos, 1979. 416 s.
 - Evstratova L.P., Nikolaeva E.V., Permyakova V.N. *Atlas boleznej i vreditelej kartofelya.* Petrozavodsk: Izd-vo PetrusGU, 2006. 214 s.
 - Komarova L.V. Rastreskivanie klubnej kartofelya – prichiny i sposoby ustraneniya. Tekst: elektronnyj // *Agrohinvest-NN. Sredstva zashchity rastenij.* Nizhnij Novgorod, 2019. URL: <https://agro-nn.ru/novosti/rastreskivanie-klubnej-kartofelya-prichiny-i-sposoby-ustraneniya/> (data obrashcheniya: 14.02.2023).
 - Kuznecova M.A. *Zashchita kartofelya* // *Prilozhenie k zhurnalu Zashchita i karantin rastenij.* 2007. № 5. 28 s.
 - Losev A.P. *Praktikum po agrometeorologicheskomu obespecheniyu rastenievodstva.* S.-Pb.: Gidrometeoizdat, 1994. 245 s.
 - Metodicheskie ukazaniya po ocenke selekcionnogo materiala kartofelya na ustojchivost' k fitoflorozu, rizoktoniozu, bakterial'nym boleznyam i mekhanicheskim povrezhdeniyam. M.: VASKHNIL, 1980. 53 s.
 - Metodicheskie ukazaniya po ocenke sortov kartofelya na prigodnost' k pererabotke i hraneniyu / Sost. K.A. Pshechenkov, O.N. Davydenkova, V.I. Sedova i dr. M.: VNIISK-KH, 2008. 39 s.
 - Nazarova L.P. *Immunologicheskij analiz genofonda kartofelya po ustojchivosti k rizoktoniozu dlya celej selekcii: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk.* Leningrad, 1986. 18 s.
 - Perceva E.V., Percev S.V. Sortovaya ustojchivost' kartofelya k zabolevaniyam klubnej // *Innovacionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: sbornik nauchnyh trudov. Kinel': RIO Samarskogo GAU,* 2020. S. 108–111.
 - Filippov A.V., Spiridonov Yu.Ya. *Gerbicidnye toksikozy kartofelya* // *Zashchita i karantin rastenij.* 2014. № 3. S. 44–46.
 - Hohryakov M.K., Potlajchuk V.I., Semenov A.Ya., Elbakyan M.A. *Opredelitel' boleznej sel'skohozyajstvennyh kul'tur.* Leningrad: Kolos, 1984. 304 s.
 - Carnegie S.F., McCreath M. Mosaic virus symptoms in potato crops and the occurrence of growth cracking in tubers // *European Potato Journal.* 2010. № 53 (1). P. 17–24. DOI: 10.1007/s11540-010-9147-0.
 - Muzhinji N., Woodhall J.W., Truter M., Waals J.E. Elephant hide and growth cracking on potato tubers caused by *Rhizoctonia solani* AG3-PT in South Africa // *Plant Disease.* 2014. Vol. 98. № 4. P. 570. DOI: 10.1094/PDIS-08-13-0815-PDN.
 - Mackerron D.K.L., Jefferies R.A. Observations on the effects of relief of late water stress in potato // *Potato Res.* 1985. T. 28. № 3. P. 349–359.
 - Mogen K.L., Nelson D.C. Some anatomical and physiological potato tuber characteristics and their relationship to hollow heart // *Am. Potato J.* 1986. T. 63. № 11. P. 609–618.
 - Parker A. Evaluation of potato cultivar resistance to common scab, black scurf and tuber chacking // *Ann. appl. Biol.* 1986. Vol. 108. № 2. P. 158–159.
 - Singh R.K., Sharma J., Singh S., Singh S.N. Reducing over-size and cracked tubers in seed potato crop through dates of haulm killing // *J. Indian Potato Assn.* 2007. Vol. 34. № 1–2. P. 135–136.
 - Weber J., Vetter A. Einfluss der berechnung auf die nassbfaulegefahrung der kartoffelknollen // *Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk.* 1989. T. 33. № 7. P. 413–417.

Поступила в редакцию 20.04.2023

Принята к публикации 04.05.2023

СЕЛЕКЦИОННЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ РОССИИ И ИХ ВКЛАД В СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОРТИМЕНТА ЯБЛОНИ

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

Аннотация. Требования к сортам яблони постоянно растут в связи с совершенствованием приемов их выращивания. Одна из главных причин отставания селекционеров – длительность ювенильного периода у гибридных сеянцев яблони. На создание одного сорта требуется по нашим данным 27 лет (от гибридизации до включения сорта в Госреестр селекционных достижений РФ). Ставится задача сократить этот период хотя бы до 20 лет. В ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур создано 57 сортов яблони, из которых четыре районированы в четырех регионах, четыре – в трех, 10 – в двух, остальные – в одном. В ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина (бывшие ЦГЛ имени И.В. Мичурина и ВНИИ садоводства имени И.В. Мичурина) создано и районировано 37 сортов яблони, из них наиболее интересны: Академик Казаков, Благовест, Былина, Вишневая, Вымпел, Память Нестерова, Красное раннее, Мунстер, Флагман, Фрегат. В ФБНУ ФНЦ садоводства (Москва) создано 18 сортов яблони, районированы в Центральном регионе. Северо-Кавказским ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия создано и районировано 34 сорта, из которых пять возделываются в двух регионах. В Никитском ботаническом саду, научном центре (Крымская опытная станция садоводства) создано 14 сортов, ФГБНУ Уральский федеративный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН – 37 сортов.

Ключевые слова: яблоня, селекция, сорта, иммунитет к парше, полиплоидия, ускорение селекционного процесса

BREEDING INSTITUTIONS OF RUSSIA AND THEIR CONTRIBUTION TO IMPROVING THE APPLE TREE ASSORTMENT

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

Abstract. The requirements for apple cultivars are constantly increasing due to the improvement of their cultivation techniques. Even cultivars, which satisfied consumers 20–30 years ago, now do not meet due to the changed requirements. One of the main reasons for this lag of breeders is the duration of the juvenile period in hybrid apple seedlings. According to our data, it takes 27 years to create one cultivar (from hybridization to inclusion of the cultivar in the State Register of Breeding Achievements). The task is to reduce this period to at least 20 years. This reduction depends on the breeders. The final assessment of the apple cultivar largely depends on the State Commission of the Russian Federation for Testing and Evaluation of Cultivars. Below is information on the number of apple cultivars created in large Russian breeding institutions. 57 apple cultivars have been created and zoned in the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, of which 4 cultivars have already been zoned in 4 regions, 4 apple cultivars are zoned in 3 regions, 10 cultivars are zoned in 2 regions, the remaining cultivars are zoned in one region so far. FSBSI FSC named after I.V. Michurin (former CSL named after I.V. Michurin and Russian Research Institute of Horticulture named after I. V. Michurin). 37 apple cultivars were created and zoned. Of particular interest, in our opinion, are such new cultivars as Academic Kazakov, Blagovest, Bylina, Vishnevaya, Vympel, Pamyat Nesterova, Krasnoye Rannye, Munster, Flagman and Fregat. FSBSI FSC of Horticulture (Birulyovo). 18 apple cultivars have been created and zoned. All of them are zoned in the Central Region of Russia. North Caucasian FSSC of Horticulture, Viticulture, Winemaking. 34 apple cultivars have been created and zoned, of which 5 cultivars are already cultivated in two regions. Crimea. Nikitsky Botanical Garden. Scientific Center (Crimean Experimental Gardening Station). 14 apple cultivars have been developed. FSBSI Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of RAS. 37 apple cultivars have been developed. In this article, the authors tried to show the tremendous work that apple breeders are doing in different regions of Russia.

Keywords: apple, breeding, cultivars, scab immunity, polyploidy, acceleration of the breeding process

Целенаправленная крупномасштабная работа по селекции яблони во ВНИИСПК (ранее Орловская плодово-ягодная опытная станция) ведется с 1956 года. За 67 лет все исследования в садах и лабораториях института проводили по общепринятым программам и методикам. [8, 9] За этот период создано и включено к настоящему времени в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к ис-

пользованию 57 сортов яблони. [2] Их полная характеристика дана в Помологии (том I Яблоня). [7] Краткая характеристика лучших сортов и результаты селекции яблони по основным селекционным учреждениям приведены в настоящей статье.

Современное садоводство нуждается в постоянном совершенствовании сортимента основной плодовой культуры – яблони. Впервые в России создан

ряд триплоидных сортов, отличающихся более регулярным плодоношением и товарными плодами. Перспективная задача института – создание колонновидных триплоидных сортов и колонновидных триплоидных сортов, обладающих иммунитетом к парше. Таких сортов пока не существует в природе. Надеемся, что они появятся в ближайшие годы.

Требования к сортам яблони непрерывно повышаются. По нашим многолетним данным в среднем на создание сорта затрачивается 27 лет. Предлагается сократить этот период хотя бы до 20.

20...30 лет назад основными сортами яблони в Средней полосе России были зимние – *Антоновка обыкновенная*, *Пепин шафранный*, осенние – *Осеннее полосатое*, *Коричное полосатое*, летние – *Папировка*, *Грушовка московская*. В то время они были лучшими и сейчас находятся в Госреестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию. Но из-за повышения требований к сортам и изменения технологии их возделывания они потеряли популярность. Время создания сортов яблони отдельными селекционерами ушло в прошлое. Для получения современных сортов нужны кроме селекционеров крупные междисциплинарные коллективы сотрудников разных специальностей (генетики, сортоведы, цитозембриологи, биохимики, физиологи, агротехники). [11]

Представлены итоги головных институтов по селекции яблони.

ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур

За последние 67 лет во ВНИИСПК создано и включено в Госреестр селекционных достижений 57 сортов яблони (табл. 1). Только у *Памяти воину* – один автор, у остальных – большой междисциплинарный коллектив.

Основные направления селекции: иммунитет к парше (1997–2022 годы) [3]; на полиплоидном уровне (1970–2022) [1, 12, 13]; колонновидность (1984–2022) [4]; улучшение биохимического состава плодов (1970–2022) [6]; создание сортов для сокового производства (1991–2022) [5–10]; сорта, полученные от свободного опыления (1955–2022).

Наибольшее распространение в четырех регионах России получили *Веньяминовское* и *Рождественское*. Они районированы в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах. *Ветеран* районирован в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном и Средне-Волжском регионах, *Синап орловский* – в Северо-Западном, Центральном, Центрально-Черноземном и Средне-Вятском. В трех регионах уже районированы *Кандиль орловский*, *Куликовское*, *Орлик* и *Орловское полосатое*, в двух – *Афродита*, *Болотовское*, *Имрус*, *Курнаковское*, *Морозовское*, *Орловское полесье*, *Солнышко*, *Строевское* и *Яблочный*

Спас. Из остальных сортов яблони каждый пока районирован только в одном регионе. Ряд сортов яблони селекции ВНИИСПК районированы в других странах (Белоруссия, Украина, Прибалтика).

Сорта яблони, созданные во ВНИИСПК: *Августа*, *Александр Бойко*, *Афродита*, *Бежин луг*, *Болотовское*, *Вавиловское*, *Веньяминовское*, *Ветеран*, *Восторг*, *Гирлянда*, *Дарёна*, *День Победы*, *Желанное*, *Зарянка*, *Здоровье*, *Ивановское*, *Имрус*, *Кандиль орловский*, *Куликовское*, *Курнаковское*, *Масловское*, *Министр Киселев*, *Морозовское*, *Низкорослое*, *Олимпийское*, *Орлик*, *Орлинка*, *Орловим*, *Орловская заря*, *Орловская Есения*, *Орловский партизан*, *Орловский пионер*, *Орловское полесье*, *Орловское полосатое*, *Осиповское*, *Памяти Хитрово*, *Память воину*, *Память Исаеву*, *Память Семакину*, *Патриот*, *Пепин орловский*, *Поэзия*, *Праздничное*, *Приокское*, *Радость Надежды*, *Раннее алое*, *Рождественское*, *Свежесть*, *Синап орловский*, *Славянин*, *Солнышко*, *Старт*, *Строевское*, *Тургеневское*, *Юбилей Москвы*, *Юбиляр*, *Яблочный Спас* (табл. 2, см. рисунок, 2-я стр. обл.).

ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина (бывшие ЦГЛ имени И.В. Мичурина и ВНИИ садоводства имени И.В. Мичурина)

Районированные сорта яблони: *Академик Казаков*, *Аэлита*, *Бельфлер-китайка*, *Бессемянка мичуринская*, *Благовест*, *Богатырь*, *Былина*, *Вишневая*, *Вьмпел*, *Гейзер*, *Готика*, *Дочь Коричного*, *Дружба народов*, *Звездочка*, *Зимнее полосатое*, *Июльское Черненко*, *Каскад*, *Китайка золотая ранняя*, *Красное раннее*, *Красуля*, *Летнее алое*, *Мартовское*, *Мунстер*, *Память Нестерова*, *Память Мичурина*, *Пепин шафранный*, *Ренет Карпова*, *Ренет Черненко*, *Северный синап*, *Скала*, *Стела*, *Стрела*, *Успенское*, *Флагман*, *Фрегат*, *Чародейка*, *Юный натуралист*.

Из 37 сортов еще недавно были широко распространены *Пепин шафранный* и *Ренет Черненко*, но в настоящее время они потеряли свою популярность. Интересны сравнительно новые сорта *Академик Казаков*, *Благовест*, *Былина*, *Вишневая*, *Флагман*, *Фрегат*, *Чародейка*, которые нуждаются в широкой производственной проверке.

ФГБНУ ФНЦ садоводства (Москва)

Районированные сорта яблони: *Аркадик*, *Аркаим*, *Брусничное*, *Валюта*, *Гордеевское*, *Диалог*, *Десертное Кичины*, *Легенда*, *Лукомор*, *Малюха*, *Марат Бурургин*, *Маяк Загорья*, *Останкино*, *Подарок Графскому*, *Президент*, *Триумф*, *Червонец*, *Чеховское*.

Все они районированы только в Центральном регионе России. Особый интерес представляют колонновидные сорта *Валюта*, *Диалог*, *Лукомор*, *Малюха*, *Марат Бусурин*, *Останкино*, *Президент*, *Триумф*.

Северо-Кавказский ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия

Районированные сорта яблони: *Аленушкино*, *Апорт АСС*, *Багрянец Кубани*, *Вадимовка*, *Василиса*, *Делишес Марии*, *Дин арт*, *Делишес спур*, *Золотое летнее*, *Кармен*, *Кубанское багряное*, *Кубанское румяное*, *Кубань спур*, *Линда*, *Луч*, *Марго*, *Маяк станичный*, *Нимфа*, *Новелла*, *Орион*, *Орфей*, *Очи черные*, *Память Есаулу*, *Память Сергееву*, *Персиковое*, *Престиж*,

Таблица 1.

Объем, этапы и результаты селекционной работы по яблоне во ВНИИСПК за 1955–2022 годы

Опылено цветков	Выращено однолетних сеянцев	Перенесено в селекционные сады	Сорта	
			принятые на ГСИ	в Госреестре
5,2 млн	898 тыс.	192 тыс.	67	57

Таблица 2.

Лучшие сорта яблони селекции ВНИСПК, районированные в одном и нескольких регионах России

№ п/п	Сорт	Vf, 3x, Co	Срок созревания	Легкость плодов	Масса плодов, г	Внешний вид плодов/вкус, балл	Год включения в Госреестр
I. Сорта районированные в четырех регионах России							
1	<i>Веньяминовское</i>	Vf	зи	До конца февраля	130	4,6/4,3	2001
2	<i>Ветеран</i>		зи	До середины марта	130	4,4/4,4	1989
3	<i>Рождественское</i>	3x+Vf	зи	До конца января	140	4,4/4,3	2001
4	<i>Синап орловский</i>	3x	пз	До конца апреля	150	4,3/4,4	1989
II. Сорта районированные в трех регионах России							
1	<i>Кандиль орловский</i>	Vf	зи	До февраля	120	4,4/4,3	2001
2	<i>Куликовское</i>		зи	До конца марта	125	4,4/4,2	1997
3	<i>Орлик</i>		зи	До февраля	120	4,4/4,5	1986
4	<i>Орловское полосатое</i>		по	До декабря	150	4,6/4,3	1986
III. Сорта районированные в двух регионах России							
1	<i>Афродита</i>	Vf	рз	До конца декабря	130	4,4/4,4	2006
2	<i>Болотовское</i>	Vf	зи	До февраля	150	4,3/4,3	2001
3	<i>Имрус</i>	Vf	зи	До середины февраля	140	4,3/4,4	1996
4	<i>Курнаковское</i>	Vf	зи	До середины февраля	130	4,3/4,3	2002
5	<i>Морозовское</i>		зи	До конца января	160	4,7/4,3	2011
6	<i>Орловское полевье</i>	Vf	рз	До середины января	140	4,4/4,3	2001
7	<i>Свежесть</i>	Vf	пз	До мая	140	4,3/4,2	2001
8	<i>Солнышко</i>	Vf	по	До декабря	140	4,4/4,3	2001
9	<i>Строевское</i>	Vf	зи	До конца февраля	120	4,5/4,4	2001
10	<i>Яблочный Спас</i>	3x+Vf	ле	До конца сентября	200	4,4/4,3	2009
IV. Сорта районированные в одном регионе России							
1	<i>Августа</i>	3x	пл	До конца сентября	160	4,5/4,4	2008
2	<i>Вавиловское</i>	3x+Vf	зи	До конца марта	170	4,6/4,3	2015
3	<i>Гирлянда</i>	Co+ Vf	зи	До середины марта	120	4,3/4,3	2018
4	<i>День Победы</i>	3x	зи	До середины марта	140	4,4/4,3	2020
5	<i>Масловское</i>	3x+ Vf	ле	До конца сентября	220	4,3/4,3	2010
6	<i>Министр Киселев</i>	3x	зи	До середины марта	170	4,4/4,4	2017
7	<i>Орловская Есения</i>	Co	зи	До февраля	155	4,3/4,5	2019
8	<i>Память воину</i>		зи	До конца января	140	4,4/4,5	1997
9	<i>Патриот</i>	3x	зи	До начала февраля	240	4,5/4,4	2013
10	<i>Праздничное</i>	3x+ Vf	зи	До середины января	152	4,5/4,3	2022
11	<i>Приокское</i>	Co+ Vf	зи	До февраля	150	4,5/4,4	2014
12	<i>Раннее алое</i>		ле	До середины сентября	130	4,5/4,4	1998
13	<i>Тургеневское</i>	3x	зи	До марта	180	4,4/4,3	2021

Примечание. Vf — сорта иммунные к парше, 3x — триплоидные, Co — колонновидные, 3x+ Vf — триплоидные иммунные к парше, Co+ Vf — колонновидные, иммунные к парше.

Прикубанское, Ренет кубанский, Ренет Платона, Солнечное, Союз, Талисман, Фортуна, Юнона. В двух регионах уже возделываются *Кубанское багряное, Линда, Новелла, Орион* и *Юнона.*

ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

Районированные сорта яблони: *Аврора Крымская, Алые паруса, Балаклавское, Белоснежка, Киммерия, Крымское, Крымское зимнее, Медя, Предгорное, Румяный альпинист, Салгирское, Сентябрьское красное, Таврия, Фаворит.* Эти сорта созданы на Крымской опытной станции садоводства и районированы на территории Крыма, интересны для изучения в Краснодарском крае.

ФГБНУ Уральский Федеративный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения РАН

Созданные и районированные сорта яблони: *Аксёна, Аромат уктуса, Анис свердловский, Белое летнее, Благая весть, Бочонок, Братчуд, Горнист, Детское, Иседское позднее, Исеть белая, Кибо, Ковровое, Копейское, Краса Свердловска, Летнее полосатое, Миасское, Надежда, Память Жаворонкова, Папироянтарное, Первоуральская, Персиянка, Подснежник, Приземленное, Пришковое, Родниковая, Румянка свердловская, Свердловчанин, Серебряное копытце, Символ, Соковое, Соколовское, Уралец, Уральское наливное, Фермер, Чудное, Экранное.*

Уральское наливное районирован в пяти регионах, *Горнист, Персиянка* и *Серебряное копытце* – трех, *Анис свердловский, Паниро янтарное, Символ, Соковое, Уралец, Чудное, Экранное* – двух, остальные – в одном.

Как показано выше, ведущими селекционными учреждениями создано и районировано около 200 сортов яблони для 11 крупных регионов России. В связи с возрастающими современными требованиями к сортам часть из них уже им не соответствуют. Нужны новые высоко адаптивные конкурентоспособные сорта. Наш 70-летний опыт показывает, что на создание сорта яблони уходит в среднем 27 лет (20...40). Селекционеры должны приложить все доступные меры для сокращения периода от гибридизации до включения сорта в Госреестр хотя бы в среднем до 20 лет. Это трудновыполнимая задача, но иначе новые сорта не будут отвечать всем требованиям производства, которые постоянно повышаются. С этой целью в нашем институте лучшие элитные сеянцы размножают и высаживают в хозяйстве института по 100 деревьев в сады малого производственного испытания с соответствующими им контрольными широко известными сортами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галашева А.М., Седов Е.Н. Триплоидные сорта яблони летнего созревания селекции ВНИИСПК на клоновом подвое 54-118 // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 6. С. 34–36. DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/34-36.
2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. Яблоня. М., 2022. С. 389–397.

3. Жданов В.В., Седов Е.Н. Отбор на дигенную устойчивость яблони к парше // Генетика. 2002. Т. 38. № 12. С. 1663–1668.
4. Корнеева С.А., Седов Е.Н., Янчук Т.В. Иммуные к парше колонновидные и триплоидные сорта яблони селекции ВНИИСПК // Аграрная наука. 2019. Т. 6. № 3. С. 130–134. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-130-134.
5. Левгерова Н.С., Салина Е.С., Седов Е.Н. Перспективы использования новых сортов яблони в качестве сырья для производства соков // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2008. № 4. С. 19–22.
6. Макаркина М.А., Седов Е.Н. Методы селекции яблони на улучшение биохимического состава плодов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 1. С. 48–52. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/48-52.
7. Помология. Яблоня. Орел: ВНИИСПК, 2020. Т. 1. 634 с. ISBN 978-5-907036-75-8.
8. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1995. 504 с. ISBN 5-900705-03-X.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с. ISBN 5-900705-15-3.
10. Салина Е.С., Левгерова Н.С., Седов Е.Н. Сорта и гибриды для сокового производства // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2019. № 55 (1). С. 120–130. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-120-130.
11. Седов Е.Н. Междисциплинарные коллективы в селекции яблони и соавторы сортов // Садоводство и виноградарство. 2020. № 1. С. 17-22. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-17-22.
12. Седышева Г.А., Седов Е.Н., Горбачева Н.Г. и др. Создание триплоидных сортов яблони и селекционная ценность гетероплоидных скрещиваний разного типа. Мат. Межд. науч.-практ. конф. Инновации в селекции плодовых и ягодных культур. Орел, 2016 г. С. 129–132.
13. Седышева Г.А., Седов Е.Н. Полиплоидия и селекция яблони. Орел, 1994. 272 с. ISBN 5-900705-01-3.

REFERENCES

1. Galasheva A.M., Sedov E.N. Triploidnye sorta yabloni letnego sozrevaniya selekcii VNIISPК na klonovom podvoe 54-118 // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 6. S. 34–36. DOI: 10.30850/vrsn/2021/6/34-36.
2. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopushchennyh k ispol'zovaniyu. T. 1. Sorta rastenij. Yablonya. M., 2022. S. 389–397.
3. Zhdanov V.V., Sedov E.N. Otbor na digennuyu ustojchivost' yabloni k parshe // Genetika. 2002. T. 38. № 12. S. 1663–1668.
4. Korneeva S.A., Sedov E.N., Yanchuk T.V. Immunnye k parshe kolonovidnye i triploidnye sorta yabloni selekcii VNIISPК // Agrarnaya nauka. 2019. T. 6. № 3. S. 130–134. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-3-130-134.
5. Levgerova N.S., Salina E.S., Sedov E.N. Perspektivy ispol'zovaniya novyh sortov yabloni v kachestve syr'ya dlya proizvodstva sokov // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2008. № 4. S. 19–22.
6. Makarkina M.A., Sedov E.N. Metody selekcii yabloni na uluchshenie bihimicheskogo sostava plodov // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 1. S. 48–52. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/48-52.
7. Pomologiya. Yablonya. Orel: VNIISPК, 2020. T. 1. 634 s. ISBN 978-5-907036-75-8.

8. Programma i metodika selekcii plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1995. 504 s. ISBN 5-900705-03-X.
9. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s. ISBN 5-900705-15-3.
10. Salina E.S., Levgerova N.S., Sedov E.N. Sorta i gibridy dlya sokovogo proizvodstva // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. 2019. № 55 (1). S. 120–130. DOI: 10.30679/2219-5335-2019-1-55-120-130.
11. Sedov E.N. Mezhdisciplinarnye kollektivy v selekcii yabloni i soavtory sortov // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2020. № 1. S. 17–22. DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-17-22.
12. Sedysheva G.A., Sedov E.N., Gorbacheva N.G. i dr. Sozdanie triploidnyh sortov yabloni i selekcionnaya cennost' heteroploidnyh skreshchivanij raznogo tipa. Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. Innovacii v selekcii plodovyh i yagodnyh kul'tur. Orel, 2016 g. S. 129–132.
13. Sedysheva G.A., Sedov E.N. Poliploidiya i selekciya yabloni. Orel, 1994. 272 s. ISBN 5-900705-01-3.

Поступила в редакцию 25.05.2023

Принята к публикации 08.06.2023

СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПЛОДАХ ЛЕТНИХ СОРТОВ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОДВОЯ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Анна Мионовна Галашева, кандидат сельскохозяйственных наук
Маргарита Алексеевна Макаркина, доктор сельскохозяйственных наук
Оксана Альфредовна Ветрова, кандидат сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская область, Россия
E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Аннотация. Один из показателей качества плодов – химический состав, который зависит от сорта, условий выращивания, степени зрелости и других факторов. Он варьирует у менее стабильных сортов при резких изменениях погодных условий вегетационного периода. В яблоках содержится витамин-антиоксидант – аскорбиновая кислота (10–15 мг/100 г). Важное значение имеет правильный подбор привойно-подвойных комбинаций, так как подвой влияет на процессы метаболизма, происходящие в плодовой растении, в том числе и на химический состав плодов. Объекты исследования – летние сорта яблони Орлинка, Яблочный Спас на различных типах подвоев (вегетативно размноженный 62-396 и интеркалярные 62-396 и 3-17-38), выращенные на участке сортоизучения ФГБНУ ВНИИСПК. Установлено, что наибольшее влияние оказывали метеорологические условия вегетационного периода. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты наблюдали в год с избыточным увлажнением во время активного развития завязи и засухой при созревании плодов. Проведя сравнительную характеристику сортов Яблочный Спас и Орлинка на клоновом подвое 62-396 и карликовых интеркалярах (62-396, 3-17-38) по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах выявили, что существенных различий между привойно-подвойными комбинациями и сортами нет.

Ключевые слова: яблоня, сорт, подвой, интеркаляр, аскорбиновая кислота

ASCORBIC ACID CONTENT IN SUMMER APPLE TREE VARIETIES FRUIT DEPENDING OF ROOTSTOCK AND METROLOGICAL CONDITIONS OF VEGETABLE PERIOD

A.M. Galasheva, *PhD in Agricultural Sciences*
M.A. Makarkina, *Grand PhD in Agricultural Sciences*
O.A. Vetrova, *PhD in Agricultural Sciences*
Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Oryol region, Russia
E-mail: anna-galasheva@mail.ru

Abstract. One of the quality indicators of fruits is their chemical composition, which depends on the cultivar, growing conditions, degree of maturity and a number of other factors. It varies in less stable cultivars with sudden changes in the weather conditions of the growing season. Apples contain one of the important antioxidant vitamins – ascorbic acid. In the temperate zone of horticulture, the average content of ascorbic acid in apple fruits is 10–15 mg/100 g. The correct selection of graft-rootstock combinations is important, since the rootstock affects the metabolic processes occurring in the fruit plant, including the chemical composition of the fruit. The objects of the studies were summer apple cultivars Orlinka and Yablochny Spas on various types of rootstocks – vegetatively propagated 62-396 and intercalary 62-396 and 3-17-38, grown at the site of variety studies at the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK). As a result of the conducted five-year studies, it was found that the meteorological conditions of the growing season had the greatest influence. The maximum content of ascorbic acid was observed in a year with excessive moisture during the active formation and development of the ovary and with drought during fruit ripening. Having conducted a comparative characterization of Yablochny Spas and Orlinka on clone rootstock 62-396 and dwarf intercalaries 62-396 and 3-17-38 in terms of ascorbic acid content in fruits, it was revealed that there were no significant differences between graft-rootstock combinations and cultivars.

Keywords: apple, cultivar, rootstock, intercalaries, ascorbic acid

Яблоня – ведущая плодовая культура Европейской части России, ее плоды богаты биологически активными веществами и оказывают лечебно-профилактическое действие на организм человека. В Государственном реестре селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, находится более 450 сортов яблони, 90 из которых получены во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур под руководством академика РАН Е.Н. Седова. ВНИИСПК – одно из главных селекционных учреждений по созданию сортов

яблони в России. [13] Идеальный современный сорт должен быть урожайным, пригодным для выращивания в широком зональном диапазоне, технологичным (механизованное выращивание и сбор урожая) и иметь высокое качество плодов. [10]

Химический состав плодов зависит от сорта, условий выращивания, степени зрелости и других факторов. [2, 16] Он варьирует у менее стабильных сортов при резких изменениях погодных условий вегетационного периода. [11] Один из витаминов-

антиоксидантов, содержащихся в яблоках, – аскорбиновая кислота, которая накапливается только в растениях. Ее основное физиологическое значение для живого организма – участие в окислительно-восстановительных процессах. При ее недостатке нарушаются процессы азотистого обмена, понижается степень использования белка. Аскорбиновая кислота – поставщик водорода для образования ядерной ДНК в протоплазме крови. [1, 4, 6, 7, 20, 22]

Кроме метеоусловий года на накопление аскорбиновой кислоты в плодах влияет зона выращивания. Отмечено уменьшение ее содержания в плодах яблони с севера на юг и с запада на восток. Такая закономерность присуща одним и тем же сортам, выращенным в различных почвенно-климатических условиях. [5, 21, 23, 24] Яблоки содержат до 40 мг/100 г аскорбиновой кислоты, в средней зоне садоводства – 10...15 мг/100 г. [12]

Важное значение имеет правильный подбор привойно-подвойных комбинаций, так как от подвоя зависят процессы метаболизма, происходящие в растении, и химический состав плодов. [3, 5, 15, 17]

Цель работы – изучить влияния различных подвоев на накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованы летние сорта яблони *Орлинка*, *Яблочный Спас* на различных типах подвоев (вегетативно размноженный 62-396, интеркалярные 62-396 и 3-17-38), выращенные на участке сортоизучения ВНИИСПК. Год посадки – 2011, схема – 5×2 м, повторность – трехкратная, по 10 деревьев в каждой.

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах определяли в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов ВНИИСПК методом титрования щавелевокислых вытяжек краской Тильманса (2,6-дихлорфенолиндофенол). [9, 14]

Был рассчитан гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянину – величина условного баланса влаги за определенный период в виде отношения приходной его части (осадки) к расходной (испарение). ГТК в пределах 1,0...1,4 характеризует оптимальное увлажнение, более 1,4 – избыточное, менее 1,0 – недостаточное. [19]

Данные статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа в программе MS Excel. [8]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав плодов в значительной мере определяется метеоусловиями во время их формирования, роста и созревания. При рассмотрении влияния температуры и влажности необходимо обращать внимание на совокупность этих факторов, часто решающим становится тот, который находится в минимуме. [18]

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах – 10,1 мг/100 г (*Яблочный Спас*) и 11,0 мг/100 г (*Орлинка*), в среднем по всем вариантам опыта.

Погодные условия вегетационного периода исследуемых лет различались. В мае и июне 2018 года в фазе цветения, формирования и начала развития завязи погодные условия были засушливые: при

максимальной температуре воздуха 31,0 и 32,5°C количество осадков составило 31,4 и 18,2 мм, что негативно отразилось на ГТК этих месяцев – 0,62 и 0,34 соответственно (табл. 1).

Июль (время развития плодов) оказался избыточно увлажненным: сумма осадков – 119,9 мм, активных температур – 615,7°C, ГТК = 1,95. В августе было недостаточное увлажнение (ГТК = 0,20), максимальная температура воздуха – 31,1°C, средняя – 18,4°C, сумма осадков – 11,2 мм.

Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты в плодах отмечено у сортов *Яблочный Спас* и *Орлинка*, привитых на клоновом подвое 62-396, и *Орлинка* на интеркаляре 62-396 – 15,0 мг/100 г.

В 2018 году существенных различий между сортами и привойно-подвойными комбинациями не отмечено.

Содержание аскорбиновой кислоты в плодах обоих сортов во всех вариантах опыта было минимальным в 2019 и 2020 годах. Вегетационные периоды этих лет характеризуются переувлажнением в мае, недостатком влаги в июне, при максимальной температуре воздуха 31,5°C в 2019 году и 32,0°C – 2020. Метеоусловия в другие месяцы были различны.

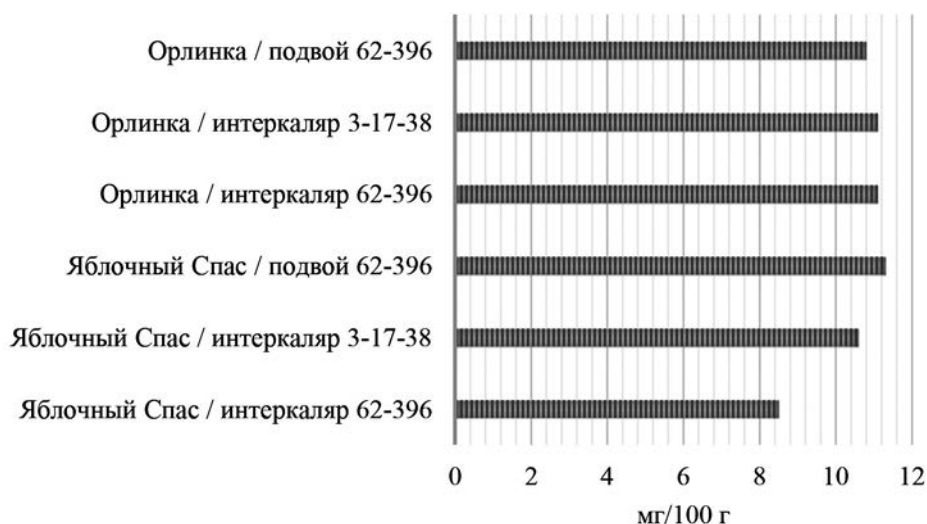
Максимальное накопление аскорбиновой кислоты в плодах наблюдали в 2021 году: 19,5 мг/100 г (*Яблочный Спас*) и 17,0 мг/100 г (*Орлинка*), в среднем по сорту и в зависимости от подвойной формы – 22,4 мг/100 г (*Яблочный Спас* на интеркаляре 62-396) и 22,9 мг/100 г (*Орлинка* на 3-17-38). Влажные и температурные условия во время цветения и формирования завязи (май) были благоприятные, при оптимальном значении ГТК – 1,46 (табл. 1).

Таблица 1.
Гидротермический коэффициент вегетационного периода по годам

Месяц	Гидротермический коэффициент				
	2018	2019	2020	2021	2022
Май	0,62	1,76	1,90	1,46	1,13
Июнь	0,33	0,34	0,7	1,69	0,74
Июль	1,95	0,92	1,84	0,56	1,20
Август	0,20	1,03	0,46	0,46	0,46

Таблица 2.
Содержание аскорбиновой кислоты в плодах яблони по годам

Сорт, А	Интеркаляр, подвой, В	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г					среднее
		2018	2019	2020	2021	2022	
<i>Яблочный Спас</i>	интеркаляр 62-396	6,2	1,8	5,3	22,4	7,0	8,5
	интеркаляр 3-17-38	10,6	4,4	7,0	19,4	11,4	10,6
	подвой 62-396	15,0	2,6	6,2	16,7	15,8	11,3
	среднее	10,6	2,9	6,2	19,5	11,4	10,1
<i>Орлинка</i>	интеркаляр 62-396	15,0	7,0	8,8	17,6	7,0	11,1
	интеркаляр 3-17-38	8,8	5,3	3,5	22,9	14,9	11,1
	подвой 62-396	15,0	–	7,0	10,6	10,6	10,8
	среднее	12,9	6,2	6,4	17,0	10,8	11,0
HCP ₀₅							AB=Fφ<Fт; B=Fφ<Fт; AB=Fφ<Fт



Содержание аскорбиновой кислоты у летних сортов яблони на клоновом подвое 62-396 и интеркалярных, карликовых подвоях 62-396, 3-17-38, среднее за 2018-2022 годы.

В июне количество выпавших осадков (99,6 мм) немного превышало среднепогодные показатели (65,1 мм), ГТК = 1,69 указывает на небольшое переувлажнение, при максимальной температуре воздуха 35°C. Июль и август были сухие, ГТК = 0,56 и 0,46 (недостаточное увлажнение) соответственно. Наиболее высокое содержание аскорбиновой кислоты выявили на интеркалярных подвоях 62-396 и 3-17-38 у сорта *Яблочный Спас* (22,4, 19,4 мг/100 г) и *Орлинка* (17,6, 22,9), низкое – на клоновом подвое 62-396 у обоих сортов – 16,7 и 10,6 мг/100 г соответственно.

Погодные условия вегетационного периода 2022 года на накопление аскорбиновой кислоты в яблоках оказали влияние в меньшей степени. Ее содержание в плодах не достигло уровня 2021 года, но было выше, чем в 2019 и 2020. В 2022 году оптимальные температурно-влажностные условия отмечены в мае и июле, ГТК = 1,13 и 1,20 соответственно, в июне и августе наблюдали недостаточное количество осадков: 42,6 мм – в июне (ГТК = 0,74), 29,2 мм – августе (ГТК = 0,46). В то же время между минимальным значением содержания аскорбиновой кислоты в плодах и максимальным есть разница, которая статистически не подтверждается: у сорта *Яблочный Спас* на клоновом подвое 62-396 – 15,8 мг/100 г, интеркаляре 62-396 – 7,0, *Орлинка* на интеркаляре 3-17-38 – 14,9, 62-396 – 7,0 мг/100 г (табл. 2).

За пять лет достоверной разницы по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах между вариантами не найдено (см. рисунок).

Выводы. Установлено, что наибольшее влияние на накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони оказывали метеорологические условия вегетационного периода. Максимальное ее содержание наблюдали в год с избыточным увлажнением во время активного развития завязи и засухой при созревании плодов.

Проведя сравнительную характеристику сортов *Яблочный Спас* и *Орлинка* на клоновом подвое 62-396, карликовых интеркалярах 62-396 и 3-17-38 по содержанию аскорбиновой кислоты в плодах выявили, что существенных различий между привоино-подвойными комбинациями и сортами нет.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Акимов М.Ю., Макаров В.Н., Жбанова Е.В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 2. С. 56–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214.
- Ахмедов Ш.М. Изучение химического состава плодов яблони разных эколого-географических групп // Американский журнал сельского хозяйства и биомедицинской инженерии. 2020. Т. 2. № 11. С. 94–100. DOI: 10.37547/tajabe/Volume02Issue11-18.
- Бабинцева Н.А., Горб Н.Н. Влияние садовых конструкций на длительность хранения плодов яблони (*malus domestica* Borkh.) в предгорной зоне Крыма // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2017. № 144-2. С. 9–15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29937553>
- Борец В.М. Витамины и сердечно-сосудистые заболевания. Минск: Беларусь, 1984. 112 с.
- Галашева А.М., Красова Н.Г., Макаркина М.А. Биохимическая оценка плодов сортов яблони на слаборослых вставочных подвоях. Селекция и сорторазведение садовых культур: сборник. Орел: VNIISPK. 2007. С. 47–54.
- Горбачев В.В., Горбачева В.Н. Витамины, микро- и макроэлементы: справочник. Минск: Книжный Дом; Интерпрессервис, 2002. 544 с.
- Гудковский В.А. Антиокислительные (целебные) свойства плодов и ягод и прогрессивные методы их хранения // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2001. № 4. С. 13–19.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию. 2013. 349 с.
- Ермаков А.Е. Методы биохимических исследований растений. Л.: Агропромиздат. 1987. 430 с.
- Куликов И.М., Бурменко Ю.В., Свистунова Н.Ю. и др. Адаптированная к региону модель идеального сорта яблок *Malus × domestica* Borkh для промышленного выращивания в европейской части России // Сельское хозяйство. 2022. 12 (12). С. 21–24. DOI: 10.3390/agriculture12122124.
- Павел А.Р. Содержание аскорбиновой кислоты и особенности ее накопления в плодах иммунных к парше

- сортов яблони селекции ВНИИСПК // Современное садоводство. 2012. № 1 (4). С. 14–19. <https://journal-vniispk.ru/pdf/2012/1/3.pdf>
12. Седов Е.Н., Макаркина М.А., Серова З.М., Янчук Т.В. Результаты селекции яблони на улучшение биохимического состава плодов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. (2019). № 3. С. 42–47. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/42-47.
 13. Седов Е.Н., Янчук Т.В., Корнеева С.А. Краткие итоги и перспективы селекции яблони во ВНИИСПК // Аграрная наука. 2021. № 10. С. 90–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-90-93.
 14. Седова З.А., Леонченко В.Г., Астахов А.И. Оценка сортов по химическому составу плодов. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК. 1999. С. 160–167.
 15. Сотник А.И., Танкевич В.В. Влияние подвоев на биохимические и технологические характеристики сортов яблони в Крыму // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 53. С. 82–87. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325869>
 16. Тарова З.Н., Бобрович А.В., Борисова О.А. Биохимические показатели плодов яблони в условиях промышленного сада ООО «Сады старой Руссы». Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2022. 1. С. 98–103. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-1-98-103.
 17. Туткин Г.А., Макаркина М.А. Биохимическая оценка плодов иммунных к парше сортов яблони в зависимости от подвоя // Вестник аграрной науки. 2009. Т. 18. № 3. С. 38–40. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12380199>
 18. Ульянова Д.А. Влияние погодных условий на накопление витамина С и антоцианов в ягодах черной смородины и крыжовника // Докл. ТСХА. 1967. Вып. 132. С. 265–271.
 19. Ханин В.Ф., Ханина Н.П. Зависимость содержания Р-активных веществ и витамина С в ягодах черной смородины в зависимости от гидротермического режима вегетации. Бюллетень научной информации ЦГЛ. 1990. Вып. 49. С. 42–48.
 20. Iqbal K., Khan A., Khattak M. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health-a review // Pakistan Journal of Nutrition. 2004. Т. 3. № 1. С. 5–13. DOI: 10.3923/pjn.2004.5.13.
 21. Kowitcharoen L., Wongs-Aree C., Setha S. et al. Pre-harvest drought stress treatment improves antioxidant activity and sugar accumulation of sugar apple at harvest and during storage // Agriculture and Natural Resources. 2018. Vol. 52 (2). P. 146–154. DOI: 10.1016/j.anres.2018.06.003.
 22. Levine M., Padayatty S.J., Espey M.G. Vitamin C: A Concentration-Function Approach Yields Pharmacology and Therapeutic Discoveries // Advances in Nutrition. Vol. 2. Issue 2. 01 March 2011. P. 78–88. DOI: 10.3945/an.110.000109.
 23. Li B. Sh., Tong Y., Cui R., Wang R. 4R Potassium Management in Apple Production in North China // Better Crops with Plant Food. 2017. Vol. 101 (1). P. 4–6.
 24. Saveleva N., Borzykh N., Chivilev V. et al. Biochemical composition of scab-immune apple fruits varieties (*Malus domestica* B.) as a valuable component of healthy dietary. BIO Web Conf. II Международный симпозиум “Инновации в науках о жизни” (ILS 2020) Том 30. 2021. DOI: 10.1051/bioconf/20213001018.
- ## REFERENCES
1. Akimov M.Yu., Makarov V.N., Zhanova E.V. Rol' plodov i yagod v obespechenii cheloveka zhiznenno vazhnyimi biologicheskimi aktivnymi veshchestvami // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. Т. 33. № 2. S. 56–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10214.
 2. Ahmedov Sh.M. Izuchenie himicheskogo sostava plodov yablони raznykh ekologo-geograficheskikh grupp // Amerikanskij zhurnal sel'skogo hozyajstva i biomedicinskoj inzhenerii. 2020. Т. 2. № 11. S. 94–100. DOI: 10.37547/tajabe/Volume02Issue11-18.
 3. Babinceva N.A., Gorb N.N. Vliyanie sadovykh konstrukcij na dlitel'nost' hraneniya plodov yablони (malus domestica Borkh.) v predgornoj zone Kryma // Biologiya rastenij i sadovodstvo: teoriya, innovacii. 2017. № 144-2. S. 9–15. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29937553>
 4. Borec V.M. Vitaminy i serdechno-sosudistye zabolevaniya. Minsk: Belarus', 1984. 112 s.
 5. Galasheva A.M., Krasova N.G., Makarkina M.A. Bi-himicheskaya ocenka plodov sortov yablони na slaborosl-ykh vstavochnykh podvoyah. Selekcija i sortorazvedenie sadovykh kul'tur: sbornik. Орел: VNIISPK. 2007. S. 47–54.
 6. Gorbachev V.V., Gorbacheva V.N. Vitaminy, mikro- i makroelementy: spravochnik. Minsk: Knizhnyj Dom; Interpresservis, 2002. 544 s.
 7. Gudkovskij V.A. Antiokislitel'nye (celebnye) svojstva plodov i yagod i progressivnye metody ih hraneniya // Hranenie i pererabotka sel'skohozyajstvennogo syr'ya. 2001. № 4. S. 13–19.
 8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij. M.: Kniga po Trebovaniyu. 2013. 349 s.
 9. Ermakov A.E. Metody bi-himicheskikh issledovanij rastenij. L.: Agropromizdat. 1987. 430 s.
 10. Kulikov I.M., Burmenko Yu.V., Svistunova N.Yu. i dr. Adaptirovannaya k regionu model' ideal'nogo sorta yablok Malus × domestica Borkh dlya promyshlennogo vyrashchivaniya v evropejskoj chasti Rossii // Sel'skoe hozyajstvo. 2022. 12 (12). S. 21–24. DOI: 10.3390/agriculture1212124.
 11. Pavel A.R. Soderzhanie askorbinovoj kisloty i osobennosti ee nakopleniya v plodah immunnnykh k parshe sortov yablони selekcii VNIISPK // Sovremennoe sadovodstvo. 2012. № 1 (4). S. 14–19. <https://journal-vniispk.ru/pdf/2012/1/3.pdf>
 12. Sedov E.N., Makarkina M.A., Serova Z.M., Yanchuk T.V. Rezul'taty selekcii yablони na uluchshenie bi-himicheskogo sostava plodov // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. (2019). № 3. S. 42–47. DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/42-47.
 13. Sedov E.N., Yanchuk T.V., Korneeva S.A. Kratkie itogi i perspektivy selekcii yablони vo VNIISPK // Agrarnaya nauka. 2021. № 10. S. 90–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-90-93.
 14. Sedova Z.A., Leonchenko V.G., Astahov A.I. Ocenka sortov po himicheskomu sostavu plodov. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur. Орел: VNIISPK. 1999. S. 160–167.
 15. Sotnik A.I., Tankevich V.V. Vliyanie podvov na bi-himicheskije i tekhnologicheskije harakteristiki sortov yablони v Krymu // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2018. Т. 53. S. 82–87. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325869>
 16. Tarova Z.N., Bobrovich A.V., Borisova O.A. Bi-himicheskije pokazateli plodov yablони v usloviyah promyshlenn-

- nogo sada OOO "Sady staroj Russy". Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya. 2022. 1. S. 98–103. DOI: 10.24412/2311-6447-2022-1-98-103.
17. Tutkin G.A., Makarkina M.A. Biohimicheskaya ocenka plodov immunnyh k parshe sortov yabloni v zavisimosti ot podvoya // Vestnik agrarnoj nauki. 2009. T. 18. № 3. S. 38–40. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12380199>
18. Ul'yanova D.A. Vliyanie pogodnyh uslovij na nakoplenie vitamina S i antocianov v yagodah chernoj smorodiny i kryzhovnika // Dokl. TSKHA. 1967. Vyp. 132. S. 265–271.
19. Hanin V.F., Hanina N.P. Zavisimost' sodержaniya R-aktivnyh veshchestv i vitamina S v yagodah chernoj smorodiny v zavisimosti ot gidrotermicheskogo rezhima vegetacii. Byulleten' nauchnoj informacii CGL. 1990. Vyp. 49. S. 42–48.
20. Iqbal K., Khan A., Khattak M. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health—a review // Pakistan Journal of Nutrition. 2004. T. 3. № 1. S. 5–13. DOI: 10.3923/pjn.2004.5.13.
21. Kowitcharoen L., Wongs-Aree C., Setha S. et al. Pre-harvest drought stress treatment improves antioxidant activity and sugar accumulation of sugar apple at harvest and during storage // Agriculture and Natural Resources. 2018. Vol. 52 (2). P. 146–154. DOI: 10.1016/j.anres.2018.06.003.
22. Levine M., Padayatty S.J., Espey M.G. Vitamin C: A Concentration-Function Approach Yields Pharmacology and Therapeutic Discoveries // Advances in Nutrition. Vol. 2. Issue 2. 01 March 2011. P. 78–88. DOI: 10.3945/an.110.000109.
23. Li B. Sh., Tong Y., Cui R., Wang R. 4R Potassium Management in Apple Production in North China // Better Crops with Plant Food. 2017. Vol. 101 (1). P. 4–6.
24. Saveleva N., Borzykh N., Chivilev V. et al. Biochemical composition of scab-immune apple fruits varieties (*Malus domestica* B.) as a valuable component of healthy dietary. BIO Web Conf. II Mezhdunarodnyj simpozium "Innovacii v naukah o zhizni" (ILS 2020) Tom 30. 2021. DOI: 10.1051/bioconf/20213001018.

Поступила в редакцию 19.05.2023

Принята к публикации 02.06.2023

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕМЕННЫХ ПОДВОЕВ ДЛЯ ГРУШИ НА ОСНОВЕ АЙВЫ ОБЫКНОВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ВНИИСПК

Игорь Валерьевич Семин, кандидат сельскохозяйственных наук
Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур,
д. Жилина, Орловская обл., Россия
E-mail: semin@orel.vniispk.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты агротехнических исследований по оптимизации технологии выращивания семенных подвоев интенсивного типа на основе айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК и повышения качества сеянцев в питомнике для интенсификации производства сортов груши в Центральной России. Установлено, что семенная продуктивность айвы почти в 8–10 раз выше, чем у груши, которую чаще всего рассматривают в качестве семенного подвоя в средней полосе России. Отборные формы айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК достаточно зимостойкие, способны расти и плодоносить в условиях Орловской области, их можно использовать в качестве семенных подвоев груши. Разработаны и оптимизированы технологические приемы предварительной подготовки и стратификации семян айвы обыкновенной и способы выращивания семенных подвоев для груши в условиях искусственных гряд. Показано преимущество их применения для сеянцев айвы обыкновенной в питомнике. Экспериментальным путем подобраны наиболее эффективные способы выращивания айвы обыкновенной, схемы посева семян, сроки и оптимальные стадии их развития для посева, обеспечивающие наилучшие показатели всхожести и наиболее высокий выход семенных подвоев. На основании полученных результатов представлена технологическая схема выращивания семенных подвоев интенсивного типа селекции ВНИИСПК в условиях питомника для последующего размножения сортов груши с применением интенсивных технологий в средней полосе России.

Ключевые слова: Орловская область, питомник, айва обыкновенная, сеянцы, семенные подвои

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF GROWING PROMISING SEED ROOTSTOCKS FOR PEARS BASED ON COMMON QUINCE SELECTION VNIISPK

I.V. Semin, PhD in Agricultural Sciences
All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilin village, Orel region, Russia
E-mail: semin@orel.vniispk.ru

Abstract. The article presents the results of agrotechnical research to optimize the technology of growing intensive-type seed stocks based on quince of ordinary VNIISPK breeding and improving the quality of grown seedlings in nursery conditions in order to intensify the production of pear varieties in Central Russia. Based on the conducted research, it was found that the seed productivity of quince of ordinary selection of VNIISPK is almost 8–10 times higher than that of pear, which is most often used as a seed stock in the central part of Russia. Selected forms of quince of ordinary selection of VNIISPK are quite hardy, able to grow and bear fruit in the conditions of the Orel region and can be used as seed rootstocks of pears. Technological methods of preliminary preparation and stratification of quince seeds and methods of growing seed crops for pears in artificial ridges have been developed and optimized. The advantage of using artificial ridges for growing quince seedlings in nursery conditions is shown. Experimentally selected the most reasonable methods of growing common quince, seed sowing schemes, timing and optimal stages of seed development for sowing, providing the best germination rates and the highest yield of seed rootstocks. Based on the obtained research results, a technological scheme is proposed for growing seed rootstocks of the intensive type of VNIISPK breeding in a nursery for the subsequent propagation of pear varieties using intensive technologies in the conditions of the middle zone of Russia.

Keywords: Orel region, nursery, common quince, seedlings, seed stocks

В садоводстве центральной России промышленное выращивание груши всегда осложнялось недостатком сортов с высокими потребительскими характеристиками, а также отсутствием подвоев, способных сдерживать рост привоев и ускорять вступление их в пору плодоношения. [8] Как правило, в Центральном регионе России в качестве подвоев используют сеянцы груши обыкновенной, дикорастущей или сортовой. [3] Они легко срастаются с сортами, но плодоношение чаще всего начинается на 6...12 год и они достаточно сильнорослые, требуют большего внимания в уходе и не переносят близкого залегания грунтовых вод. К тому же из-за различ-

ных неблагоприятных экономических и погодноклиматических условий вырастить качественные семенные подвои груши становится все сложнее. Такая ситуация вызывает потребность импорта подвоев, но они недостаточно зимостойки в Центральном регионе России и менее производительны, чем в регионах с мягким климатом. Мировой опыт промышленного выращивания груши опирается на использование в качестве интенсивных подвоев айвы обыкновенной. [2, 6] Привитые на айву сорта груши в два раза быстрее начинают плодоносить, чем на любом грушевом подвое, обладают сдержанным ростом. Однако слабая зимостойкость айвы обыч-

новенной всегда препятствовала ее продвижению в Центральные регионы России. [5, 7, 9] Сегодня учеными ВНИИСПК получены отборные формы айвы обыкновенной пригодные в качестве семенных подвоев для груши, изучение которых имеет высокую практическую значимость для промышленного производства плодов груши в Центральной России по интенсивным технологиям. [1, 2, 6] Как известно, клоновые подвои уступают семенным из-за слабой якорности корневой системы и потребности в значительных материальных вложениях на единицу продукции. Выращивание семенных подвоев менее трудоемко, чем клоновых, дешевле и более производительно. Однако из-за различных биологических особенностей айва обыкновенная требует большего внимания, чем груша или яблоня. Многие аспекты технологии выращивания семенных подвоев семечковых пород для этой культуры малоэффективны.

Цель работы – оптимизация технологических приемов возделывания семенных подвоев айвы обыкновенной в условиях питомника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполняли в питомнике ФГБНУ ВНИИСПК (2019–2022 годы). Объект изучения – сеянцы третьего поколения, полученные от отборных форм айвы обыкновенной селекции института. Материнские формы выделены по показателям зимостойкости надземной и корневой системы в условиях средней полосы России и использованы в качестве маточно-семенных насаждений. Сеянцы выращивали как в полевых условиях, так и в искусственных грядах (короба, наполненные рыхлым грунтом с дренажным основанием). Учеты и наблюдения выполняли согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [4] Повторность опытов трехкратная, по 100 растений в каждой. Агротехника – общепринятая.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Айва обыкновенная селекции ВНИИСПК к 10...12 годам формирует растения высотой в среднем 3,0...3,3 м. После зимнего периода серьезных повреждений растений не выявили. В отдельные годы отмечали снижение уровня цветения и небольшое поражение однолетнего прироста, возникающее при подмерзании растений в конце зимы, когда происходят резкие перепады температуры, к которым айва наиболее уязвима. Но все растения показали высокую восстановительную способность. Первое цветение у маточных растений происходит в 4...5 лет. Обычно в Центральном регионе оно приходится на II и III декаду мая, что позволяет уйти от возвратных холодов. Урожайность семенных маточников ежегодная, но величина ее во многом зависит от агротехники (табл. 1).

У айвы небольшие плоды массой 50...60 г, период сбора – вторая половина сентября – октябрь. По данным ВНИИСПК в зависимости от условий сезона в среднем на растении ежегодно бывает по 2,5 кг плодов, каждый из которых содержит около 56 семян, в плодах груши – максимум 10...12 семян

(см. рисунок, 3-я стр. обл.). В 1 кг плодов айвы селекции ВНИИСПК – около 1000...1200 семян, груши – 120...180. На практике фактическая урожайность и выход сеянцев, полученных из семян у айвы обыкновенной всегда выше, чем у груши.

После сбора плоды айвы обыкновенной в течение 10...15 дн. или более хранят в помещении для полного дозревания. Затем из них извлекают семена и высушивают при комнатной температуре. Доля семян составляет около 6% всей массы плода, из них полноценных – более 95% (2018–2019 годы – 94...97%), у груши – около 50%.

В семенах айвы обыкновенной содержится большое количество (34%) слизи, которая усложняет процесс работы с ними. Чтобы избавиться от нее семена на сутки замачивают в воде, объем которой не менее чем в три-четыре раза должен превышать объем семян. В воде слизь увеличивается в размере и отделяется.

После промывания семена высушивают при комнатной температуре до рассыпчатого состояния и снова повторяют процедуру. Чистые от слизи семена просушивают и отбирают только полноценные. Подготовленный семенной материал закладывают на сухую стратификацию – хранение при низких положительных температурах. Наши исследования показали, что хранение семян при комнатной температуре до закладки на влажную стратификацию возможно, но в этом случае ее срок составляет в среднем 90 дн. и потери увеличиваются на 7...16%. Метод длительной сухой стратификации не дал положительных результатов, так как семена начали прорастать только через год, а всхожесть составила около 70...75%. При комбинировании метода сухой стратификации и влажной семена сохранялись 75...80 дн., а потери не превышали 2...3%. Таким образом, за 80 дн. до посева семян в открытый грунт весь материал закладывают на влажную стратификацию – хранение семян во влажной среде при низких положительных температурах. Важнейшее условие – наличие влаги и хорошей аэрации. Использование в качестве субстрата речного песка оказывало негативное влияние на сохранность и всхожесть семян. Лучший субстрат для влажной стратификации – мох-сфагнум. Обладая хорошей влагоудерживающей способно-

Таблица 1.
Продуктивность маточно-семенных насаждений айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК, 2019–2022 годы

Год	Урожайность, кг/куст (фактическая)	Масса плода, среднее значение, г	Количество семян на плод, шт.	Масса 1000 шт. семян, г	Доля семян в плоде, %	Доля содержания слизи в семенах, %
2019	4,3	84,4	60,4	22,7	6,4	32,6
2020	3,8	60,3	54,7	22,2	4,9	36,6
2021	1,3	39,9	58,7	20,8	5,7	28,0
2022	0,7	36,6	49,8	22,0	5,9	38,7
2019–2022	2,5	55,3	55,9	21,9	5,7	34,0
НСР _{0,5}	17,3		4,23			

Таблица 2.

Всхожесть семян айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК при посеве в разные фазы их прорастания, 2019–2021 годы

Вариант	Всхожесть, %				Период ожидания всходов, дн.			
	2019	2020	2021	2019–2021	2019	2020	2021	2019–2021
Семена еще не начали прорастать. Белого остова корешка не видно, но срок стратификации заканчивается	34,0	45,0	21,0	33,3	7,0	7,0	6,0	6,7
Семена начали прорастать. Виден белый остов корешка (бугорок менее 1 мм)	51,0	68,0	76,0	65,0	4,0	5,0	5,0	4,7
Остов корешка – 3...5 мм	54,0	92,0	88,0	78,1	2,0	2,0	3,0	2,3
Остов корешка – более 5 мм	52,0	6,4	69,9	62,8	2,0	2,0	2,0	2,0

стью, отличной аэрацией и дезинфицирующими свойствами он способствует практически полной сохранности жизнеспособных семян. Мох очищают от примесей и промывают до чистой воды, чтобы увеличить его дезинфицирующие свойства. Семена замачивают на сутки в воде, промывают и обеззараживают розовым раствором марганцовки. Подготовленные семена хранят 80 дн. при низких положительных температурах в чистом мхесфагнуме до их посева. Субстрат и семена должны быть постоянно влажными, но не мокрыми, поэтому избыток воды, особенно в нижнем слое, необходимо удалять. Периодически семена просматривают, промывают и закладывают обратно. При таком методе стратификации сохранность семян айвы обыкновенной составляет 95...100%.

Окончанием стратификации считается срок, когда у 75% семян появляется белый остов первичного корешка. В этот период следует производить посев, так как семена готовы к развитию. Однако исследования ВНИИСПК доказывают, что фаза развития семян во время посева влияет на всхожесть (табл. 2). Оптимальный срок посева – период, когда семена начали прорастать и появился первичный корешок белого цвета длиной примерно 3...5 мм. Срок ожидания всходов около двух-трех дней. При более раннем посеве часть семян погибает от различного рода патогенов и вредителей, позднее – от механических повреждений хрупкого первичного корня и некроза участков корней.

Опыты по различным срокам посева семян в открытый грунт показали, что чем раньше производится посев пророщенными семенами, тем выше всхожесть, выход сеянцев и их качество (табл. 3). Преимущество раннего посева обусловлено отсутствием высоких температур во время начального роста, наличием естественных запасов влаги в почве и более длительным периодом вегетации сеянцев. Оптимальным считается срок посева, совпадающий с распусканьем почек айвы обыкновенной в естественных условиях. Обычно в средней полосе России это середина или конец апреля.

Посев семян производят в открытый грунт (50×0,5 см) или коробка, наполненные питательным грунтом с дренажным основанием по схеме 20×0,5 см. Проведенные опыты во ВНИИСПК показали, что чем гуще размещены семена (0,5 см), тем выше всхожесть и выход сеянцев (табл. 4).

В искусственных грядах показатели выхода и качества сеянцев лучше, чем в открытом грунте (табл. 5), количество затрат на единицу площади при выращивании каждой тысячи сеянцев значительно ниже. Практически все сеянцы, выращен-

ные в открытом грунте, нуждаются в дополнительной доращивании, что увеличивает издержки на уход еще на год.

При посеве семян айвы обыкновенной в искусственные гряды за четыре года исследований установлено, что фактическая всхожесть составила 78% (табл. 6). Недостаток влаги в период прорастания негативно влияет на показатели всхожести. В среднем длина однолетнего прироста – 22,9 см, в 2022 году при улучшении условий питания и увлажнения – 38,4 см, а максимальные показатели отдельных растений доходили до 80 см.

В ходе исследований установили, что около 60% сеянцев имели высоту однолетнего прироста 20...30 см, остальные – более 30 см (15%)...менее 20 см (25%). Разветвлений на сеянцах обнаружено не было, у каждого в среднем – 7,1 скелетных корневых толщину 2,2 мм и длиной 11,5 см. Корни густые, крепкие и разветвленные (2,7 – порядок ветвления начинается от скелетного корня), что говорит о большом количестве всасывающих корней. Такие подвой лучше приживаются. Толщина корневой шейки – 4,1 мм. На практике все сеянцы с величиной прироста более 20 см при посадке

Таблица 3.

Оптимальный срок посева семян айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК, 2019–2021 годы

Показатель	Период посева семян, декада/месяц		
	III/апрель	II/май	I/июнь
Всхожесть, %	94,7	68,3	13,4
Длина прироста, см	26,2	17,1	10,3
Количество корней, шт.	3,3	3,4	4,8
Длина корней, см	18,0	14,1	11,4
Порядок ветвления	2,8	2,6	1,4
Толщина корневой шейки, мм	4,7	4,4	2,2
Средняя толщина скелетного корня, мм	2,8	2,6	1,4

Таблица 4.

Схема посева семян айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК, 2019–2021 годы

Схема посева, см	Всхожесть, %	Получено сеянцев, шт.	Всхожесть, %	Получено сеянцев, шт.
	искусственные гряды		поле	
20 x 0,5	77,0	218,9	56,5	170,5
20 x 1,5	30,5	87,6	19,5	58,5
20 x 3,0	2,0	4,0	0,0	0,0

Таблица 5.

Всхожесть и качество подвоев айвы обыкновенной при посеве в различных условиях, 2019–2021 годы

Параметр	Открытый грунт				Искусственные гряды			
	2019	2020	2021	среднее	2019	2020	2021	среднее
Всхожесть, %	44,1	31,0	34,0	36,4	65,0	92,3	14,7	57,3
Средняя длина прироста, см	12,4	9,2	6,3	9,3	17,6	24,4	11,2	17,7
Количество скелетных корней, шт.	2,2	1,4	3,5	2,4	3,5	3,1	6,7	4,4
Длина скелетных корней, см	9,0	6,2	7,4	7,5	12,0	15,9	9,1	12,3
Толщина скелетного корня, мм	1,3	1,0	1,0	1,1	2,7	2,6	1,6	2,3
Порядок ветвления	2,0	1,4	1,2	1,5	3,2	2,8	1,6	2,5
Толщина корневой шейки, мм	3,1	2,5	2,1	2,6	4,5	4,0	2,4	3,6

Таблица 6.

Показатели качества сеянцев айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК, 2019–2022 годы

Год	Всхожесть, %	Длина прироста, см	Количество корней, шт.	Длина корней, см	Порядок ветвления	Толщина корневой шейки, мм	Средняя толщина скелетного корня, мм	Количество подвоев с разветвлениями, %	Выровненность семенных подвоев, %
2019	65,0	17,6	3,5	12,0	3,2	4,9	2,7	1,0	51,5
2020	92,3	24,4	3,1	15,9	2,8	4,0	2,6	0,0	69,5
2021	14,7	11,2	6,7	9,1	1,6	2,4	1,6	0,0	67,5
2022	76,0	38,4	15,1	8,8	3,1	4,9	1,9	2,9	50,2
За четыре года	78,0	22,9	7,1	11,5	2,7	4,1	2,2	1,0	59,7
НСР ₀₅	4,87								

в питомнике и соответствующей агротехнике (полив) вырастают до пригодности к окулировке сортами груши в следующем сезоне, то есть на второй год после посадки в поле. Большая часть сеянцев с худшими показателями качества нуждаются в доращивании и окулировать их можно будет только на третий год.

Таким образом, определена наиболее эффективная технологическая схема получения семенных подвоев айвы обыкновенной селекции ВНИИСПК. В сентябре – октябре, когда плоды начинают созревать, их собирают и в течение 10...15 дн. или более, хранят в проветриваемом помещении для дозревания. Затем выбирают семена и просушивают при комнатной температуре. На следующем этапе семена на сутки замачивают в воде при соотношении не менее 1:3...4 для того, чтобы слизь набухла. После чего их промывают и просушивают. Затем эту процедуру повторяют снова. Из очищенных семян отделяют полноценные и закладывают на хранение в сухом состоянии при низких положительных температурах до конца января-начала февраля. Примерно в это время за 80 дн. до посева семена замачивают на сутки, промывают и обеззараживают в розовом растворе марганцовки. Подготавливают мох-сфагнум, очищая его от мусора и промывая до чистой воды. Семена закладывают на влажную стратификацию и хранят при низких положительных температурах периодически просматривая и промывая. Когда появляется первичный корешок длиной 3...5 мм у 75% семян, их высевают в искусственные гряды. Агротехника заключается в своевременных поливах, подкормках и прополках сеянцев. В конце сентября – начале октября сеянцы выкапывают, убирают листву, сортируют по фрак-

циям и высаживают в питомнике для доращивания на три месяца с последующей окулировкой совместимыми сортами груши.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисова О.Н., Долматов Е.А. Совместимость новых форм айвы селекции ФГБНУ ВНИИСПК с сортами груши // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016. Т. 3. № 2. С. 6–10.
2. Борисова О.Н., Долматов Е.А. Морозостойкость корневой системы перспективных клоновых подвоев для груши // Успехи современной науки. 2017. № 7. С. 11–13.
3. Поляков А.Н. Совершенствование подвоев груши в условиях Центрально-Черноземного региона: автореф. дис. ... канд. с-х наук: 06.01.07. Росошь. 2000. 25 с.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 502 с.
5. Радилова Л.Д., Шарко Л.В. Оценка клоновых подвоев яблони и груши в питомнике // Агроекология: Сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. Горки, 2005. В. 2. С. 77–80.
6. Семин И.В., Долматов Е.А., Ожерельева З.Е. Перспективы использования подвоя интенсивного типа для возделывания садов груши в условиях центральной России // Овощи России. 2020. № 5. 75–80. С. 75–78.
7. Степанов С.Н. Клоновые подвои в интенсивном садоводстве: Сб. науч. тр., М.: Колос, 1973. С. 7–21.
8. Фахрутдинов А.А. Улучшение качества семенных подвоев груши: автореф. дис. ... канд. с-х наук: 06.01.07. М., 2005. 28 с.
9. Jacob H. Pyrodwarf: Eine neue Klonunterlage für den intensive Birnenanbau, Erwerbssobstbau. 1996. V. 38. С. 166–169.

REFERENCES

1. Borisova O.N., Dolmatov E.A. Sovmestimost' novyh form ajvy selekcii FGBNU VNIISPK s sortami grushi // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2016. T. 3. № 2. S. 6–10.
2. Borisova O.N., Dolmatov E.A. Morozostojkost' kornevoj sistemy perspektivnyh klonovyh podvov dlya grushi // Uspekhi sovremennoj nauki. 2017. № 7. S. 11–13.
3. Polyakov A.N. Sovershenstvovanie podvov grushi v usloviyah Central'no-Chernozemnogo regiona: avtoref. dis. ... kand. s-h nauk: 06.01.07. Rossosh'. 2000. 25 s.
4. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Oryol: VNIISPK, 1999. 502 s.
5. Radilova L.D., Sharko L.V. Ocenka klonovyh podvov yabloni i grushi v pitomnike // Agroekologiya: Sb. nauch. tr. / Belorus. gos. s.-h. akad. Gorki, 2005. V. 2. S. 77–80.
6. Syomin I.V., Dolmatov E.A., Ozherel'eva Z.E. Perspektivy ispol'zovaniya podvoya intensivnogo tipa dlya vozdelvaniya sadov grushi v usloviyah central'noj Rossii // Ovoshchi Rossii. 2020. № 5. 75–80. S. 75–78.
7. Stepanov S.N. Klonovye podvoi v intensivnom sadovodstve: Sb. nauch. tr., M.: Kolos, 1973. S. 7–21.
8. Fahrutdinov A.A. Uluchshenie kachestva semennyh podvov grushi: avtoref. dis. ... kand. s-h nauk: 06.01.07. M., 2005. 28 s.
9. Jacob H. Pyrodwarf: Eine neue Klonunterlage fur den intensive Birnenanbau, Erwerbsobstbau. 1996. V. 38. S. 166–169.

Поступила в редакцию 29.05.2023

Принята к публикации 12.06.2023

АДАПТИВНОСТЬ СОРТО-ПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ ПЕРСИКА И НЕКТАРИНА В СУБТРОПИКАХ РОССИИ*

Юлия Сулевна Абиляфзова, кандидат биологических наук

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»,

г. Сочи, Россия

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований коллекции персика и нектарина, возделываемых в ФИЦ СЦ РАН (г. Сочи). Опыт заложен в открытом грунте, площадь участка – 0,5 га, схема посадки – 5×2,5 м, 5×2, 5×1,5 м. В 2019 году сортимент Центра был пополнен 28 сорто-подвойными комбинациями персика и нектарина на основе восьми сортов (Память Симиренко, Редхавен, Золотой юбилей, Осенний румянец, Обильный, Орион, Пятница 13, Silver Roma) различных сроков созревания на четырех клоновых подвоях (Кубань 86, БП, Бест, ВВА). Изучены физиолого-биохимические особенности сорто-подвойных комбинаций персика и нектарина, устойчивых к абиотическим факторам влажных субтропиков России. Объект исследования – листья персика. Физиологические анализы проводили в отделе физиологии и биохимии растений классическими методами: водный дефицит листьев персика определяли по Починку; оводненность тканей – по Гунару; водоудерживающую способность – по Арланду; сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу до постоянного веса. Листья отбирали с июня по август. Агротехника общепринятая для культуры персика. Почвы бурые лесные. Установлено, что наилучшие по способности удерживать воду в засушливый период – сорта персика и нектарина: Редхавен (АП), Пятница 13 (АП), Пятница 13 (Бест), Пятница 13 (БП) с низким водным дефицитом (11,06–4,78 %) и высокой водоудерживающей системой листьев (64–76%). Они отличались увеличением тургора тканей листа до 66,33–69,27 %, что считается признаком адаптивности растений к нарушениям водно-термического режима.

Ключевые слова: персик, нектарины, листья, сорто-подвойные комбинации, субтропики, водный дефицит, оводненность тканей, водоудерживающая способность, дестабилизация

ADAPTABILITY OF VARIETY AND ROOTSTOCK COMBINATIONS OF PEACH AND NECTARINE IN THE RUSSIA SUBTROPICS

Yu.S. Abilfazova, PhD in Biological Sciences

Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

E-mail: Citrus_Sochi@mail.ru

Abstract. The article presents the results of research into a collection of peaches and nectarines cultivated at the Federal Scientific Research Center of the Russian Academy of Sciences in Sochi. The experiment was conducted in open ground, plot area is 0.5 hectares, planting pattern is 5×2.5 m, 5×2, 5×1.5 m. In 2019, the Center's assortment was replenished with 28 variety-rootstock combinations of peach and nectarine based on eight varieties (Pamyat Simirenko, Redhaven, Zolotoy Yubiley, Osenniy Rumyanets, Obilny, Orion, Pyatnitsa 13, Silver Roma) of different ripening periods on four clonal rootstocks: Kuban 86, BP, Best, VVA. The physiological and biochemical characteristics of variety-rootstock combinations of peach and nectarine, resistant to abiotic factors in the humid subtropics of Russia, have been studied. The object of study is peach leaves. Physiological analyzes were carried out in the plant physiology and biochemistry department using classical methods: water deficiency of peach leaves was determined according to Pochinok; tissue hydration – according to Gunar; water holding capacity – according to Arland; dry matter – by drying in a drying cabinet to constant weight. Leaves were collected from June to August. Agricultural technology is generally accepted for peach culture. Brown forest soils. It has been established that the best varieties of peach and nectarine in terms of ability to retain water during the dry period are: Redhaven (AP), Pyatnitsa 13 (AP), Pyatnitsa 13 (Best), Pyatnitsa 13 (BP) with low water deficit (11.06–4.78%) and high water-retaining system of leaves (64–76%). They were distinguished by an increase in the turgor of leaf tissues to 66.33–69.27%, which is considered a sign of plant adaptability to disturbances in the water-thermal regime.

Keywords: peach, nectarines, leaves, cultivar-rootstock combinations, subtropics, water deficiency, tissue hydration, water retention capacity, destabilization

Персик – популярная в мире, скороплодная и экономически выгодная культура. *Persica* (Mill.) из семейства розовых (*Rosaceae* Juss) (2n=16) распространён в Закавказье, Средней Азии, Крыму, Краснодарском крае, северных районах России у садоводов-любителей, Америке, Африке. [6, 7, 14, 17]

Условия субтропиков Краснодарского края способствуют возделыванию и получению высококачественных плодов персика и нектарина. Но

в последние десятилетия происходят климатические изменения. [1,2] С середины июня начинается летняя засуха, которая длится полтора-два месяца при высокой влажности (71...94 %), температуре воздуха (до 35 °С) и отсутствии осадков. Другие неблагоприятные факторы (активные эрозионные и оползневые участки, неглубокая корневая система – до 70 см, незащищенность от инфекционных и грибковых заболеваний) отрицательно воздействуют на растения и приводят к ослаблению их

адаптивного потенциала. [10,19] Недостаточная устойчивость культур к биотическим и абиотическим факторам – главная причина снижения урожайности и получения некачественных плодов. Чтобы нивелировать отрицательные природные воздействия необходимо диагностировать показатели устойчивости, что поможет в подборе адаптивных сортов. [5]

В 2019 году для создания интенсивных насаждений на слаборослых подвоях сортимент ФИЦ СЦ РАН был пополнен 28 сорто-подвойными комбинациями персика и нектарина на основе восьми сортов (*Память Симиренко, Редхавен, Золотой юбилей, Осенний румянец, Обильный, Орион, Пятница 13, Silver Roma*) различных сроков созревания на четырех клоновых подвоях – Кубань 86, БП, Бест, ВВА.

Цель работы – изучить физиолого-биохимические особенности сорто-подвойных комбинаций, устойчивых к абиотическим факторам влажных субтропиков России для обновления сортов персика и нектарина.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

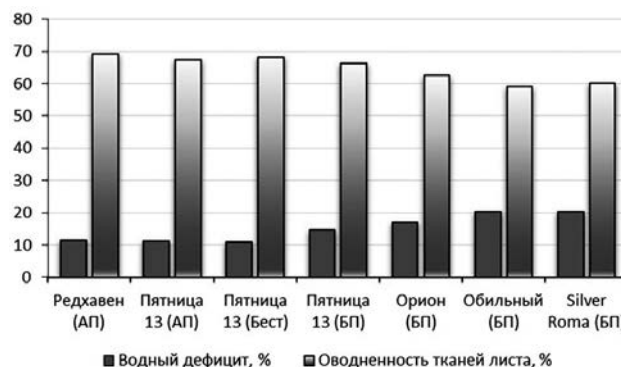
Коллекцию растений исследовали в полевых условиях опытно-технологического отдела сектора плодовых культур ФИЦ СЦ РАН в соответствии с Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [11] Опыт заложен в открытом грунте (площадь участка – 0,5 га на высоте 50...70 м над уровнем моря), схема посадки – 5×2,5 м, 5×2 м, 5×1,5 м. Почвы бурые лесные. Агротехника общепринятая для выращивания персика и нектарина на Черноморском побережье Краснодарского края. Ежегодное внесение удобрений $N_{120}P_{90}K_{90}$, без орошения.

Объекты изучения – физиологически зрелые листья персика и нектарина. Повторность для каждого сорта – трехкратная. Листья образцов отбирали с июня по сентябрь в зависимости от сорта и наступления неблагоприятных засушливых дней с повышенной температурой воздуха. В отделе физиологии и биохимии растений провели анализы листьев классическими методами: водный дефицит определяли по Починку; оводненность тканей – по Гунару; водоудерживающую способность – по Арланду; толщину – с помощью тургоромера; сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу при 105°C до постоянного веса. [4,9]

Материал статистически обрабатывали методом дисперсионного анализа по Доспехову в программе Excel XP.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Физиолого-биохимические исследования кусточковых насаждений обычно проводят в период недостаточной водообеспеченности растений во время роста, развития и плодоношения, с начала июня по август (сентябрь, если продолжается засуха). Засуха наступает в середине июня и длится полтора-два месяца при отсутствии осадков, температуре – 35...38 °C, относительной влажности воздуха – 71...94 %. В это время происходит нарушение водного режима растений, что отражается на физио-



Водный режим листьев персика, водный дефицит – НСР ($p \leq 0,05$) = 2,22, оводненность листа – НСР ($p \leq 0,05$) = 1,09.

лого-биохимических процессах. Чтобы оценить засухоустойчивость растений, их изучали в благоприятный и стрессовый периоды. [3, 15, 16, 18]

В начале июня содержание воды в листьях персика и нектарина было в пределах нормы – 10,8...12,3%. С III декады при нарастании неблагоприятных факторов (засуха атмосферная и почвенная, высокая температура воздуха, солнечная инсоляция, влажность) у персика сорта *Редхавен* (АП), нектаринов *Пятница 13* (АП), *Пятница 13* (Бест) и *Пятница 13* (БП) отмечен низкий водный дефицит – 11,06...14,78 %, что свидетельствует о высокой устойчивости к стресс-факторам. [8, 10, 13] Установлено, что летняя засуха спровоцировала повышение водного дефицита до 17,09...20,25% у нектаринов с подвоями *Орион* (БП), *Обильный* (БП) и *Silver Roma* (БП), при котором интенсивная транспирация превосходила поглощение воды корнями растений, что негативно отразилось на структуре и функциях биополимеров и привело к большей потере тургора листа (в 1,2...1,4 раза) по сравнению с другими сортами (см. рисунок). Отмечена их высокая зависимость от абиотических факторов среды в неблагоприятный по водообеспеченности период растений. [1]

Значимый показатель водообмена и один из факторов, определяющий устойчивость растений к обезвоживанию, а также дестабилизации водно-термического режима – анализ по водоудерживающей способности листьев, при котором процесс потери воды зависит от анатомической структуры и физиологического состояния самого растения. Наилучшими по способности удерживать воду в напряженный засушливый период были засухоустойчивые сорто-подвойные сорта персика и нектарина – *Редхавен* (АП), *Пятница 13* (АП), *Пятница 13* (Бест), *Пятница 13* (БП) с высокой водоудерживающей системой листьев (64...76 %). Менее устойчивыми оказались сорта нектарина *Орион* (БП), *Обильный* (БП) и *Silver Roma* (БП). Полученные данные свидетельствуют о том, что растения персика и нектарина с низким водным дефицитом и высокими показателями водоудерживающей способности отличались увеличением тургесцентности тканей листа до 66,33...69,27 %, которая считается одним из признаков адаптивности растений к дестабилизации водно-термического режима в условиях влажных субтропиков России. Наилучшей

устойчивостью к стресс-факторам по физиологическим показателям обладали сорта персика и нектарина: *Редхавен* (АП), *Пятница 13* (АП), *Пятница 13* (Бест), *Пятница 13* (БП).

Выводы. Из вышеизложенного следует, что растения персика и нектарина с низким водным дефицитом, незначительной потерей тургора и высокой водоудерживающей способностью листьев подтверждают свою постепенную, но хорошую адаптивность к условиям Черноморского побережья России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Абильфазова Ю.С. Изменения физиологического состояния растений персика под влиянием засухи // Новые технологии. 2021. Т. 17. № 5. С. 99-105. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-5-99-105.
- Абильфазова Ю.С. Физиологические показатели устойчивости персика к неблагоприятным факторам субтропиков России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. №5. С. 32-35. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/5/32-35.
- Абильфазова Ю.С. Физиолого-биохимические показатели устойчивости персика в зависимости от погодных условий Сочи / Садоводство и виноградарство. 2014. № 4. С. 42-44.
- Гунар И.И. Практикум по физиологии растений. М.: Колос, 1972. 168 с.
- Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Доможирова В.В. и др. Адаптация культуры персика к условиям выращивания на юге России // Садоводство и виноградарство. №6. 2014. С. 35-40.
- Ерёмин В.Г. Новые технологии возделывания персика в Краснодарском крае / Садоводство и виноградарство. 2006. № 6. С. 7-8. ISSN 0235-2591.
- Ерёмин Г.В. Помология. Косточковые культуры. Орел: ВНИИСПК, 2008. Т. 3. 315 с.
- Карпун Н.Н., Янушевская Э.Б., Михайлова Е.В. Защитные механизмы персика и их роль в повышении устойчивости к курчавости // Субтропическое и декоративное садоводство. 2015. Т. 53. С. 14 – 143.
- Кушниренко М.Д., Курчатова Г.И., Штефырца А.А. и др. Экспресс-метод диагностики жароустойчивости и сроков полива растений. Кишинев: Штиинца, 1986. 38 с.
- Михайлова Е.В. Пантия Г.Г., Карпун Н.Н. и др. Влияние регуляторов роста на повышение неспецифической устойчивости к плодовым гнилям и урожайность персика // Садоводство и виноградарство. 2022. №5. С. 54-59. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-5-54-59.
- Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. / Под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
- Рындин А.В. Водно-термический режим субтропиков России. // Садоводство и виноградарство. 2009. №3. С. 14-18.
- Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И. и др. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 3. С. 40 – 48.
- Рындин А.В., Лях В.М., Смагин Н.Е. Культура персика в разных странах мира // Субтропическое и декоративное садоводство. Сочи. 2016. Т. 57. С. 9-24. ISSN: 2225-3068.
- Удовенко Г.В. Устойчивость растений к абиотическим стрессам. Теоретические основы селекции растений // Физиологические основы селекции растений. СПб, 1995. Т. 2, ч. 1 и 2. С. 293 - 346.
- Чивилев В.В., Кружков А.В., Кириллов Р.Е., Куликов В.Н. Оценка засухоустойчивости сортов и форм груши, вишни, черешни и абрикоса // Вестник современных исследований. 2019. №1,2 (28). С. 115-117.
- Шайтан И.М., Чуприна Л.М., Анпилогова В.А. Биологические особенности и выращивание персика, абрикоса и алычи. Киев: Наукова Думка, 1989. С. 6 -154. ISBN: 5-12-00082.
- Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 723-728. https://doi.org/10.5219/974.
- Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica: Production, Nutritional Properties and Health Effects* (Agricultural Research Updates). Nova Science Publishers, Inc., USA. 2021. P. 234-240. ISBN: 978-1-53619-234-6.

REFERENCES

- Abil'fazova Yu.S. Izmneniya fiziologicheskogo sostoyaniya rastenij persika pod vliyaniem zasuhi // Novye tekhnologii. 2021. T. 17. № 5. S. 99-105. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-5-99-105.
- Abil'fazova Yu.S. Fiziologicheskie pokazateli ustojchivosti persika k neblagopriyatnym faktoram subtropikov Rossii // Vetnik RSKHN. 2022. №5. S. 32-35. DOI: 10.31857/2500-2082/2022/5/32-35.
- Abil'fazova Yu.S. Fiziologo-biohimicheskie pokazateli ustojchivosti persika v zavisimosti ot pogodnyh uslovij Sochi / Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2014. № 4. S. 42-44.
- Gunar I.I. Praktikum po fiziologii rastenij. M.: Kolos, 1972. 168 s.
- Dragavceva I.A., Savin I.Yu., Domozhirova V.V. i dr. Adaptatsiya kul'tury persika k usloviyam vyrashchivaniya na yuge Rossii // Sadovodstvo i vinogradarstvo. №6. 2014. S. 35-40.
- Eryomin V.G. Novye tekhnologii vozdelvaniya persika v Krasnodarskom krae / Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2006. № 6. S. 7-8. ISSN 0235-2591.
- Eryomin G.V. Pomologiya. Kostochkovye kul'tury. Oryol: VNIISPК, 2008. T. 3. 315 s.
- Karpun N.N., Yanushevskaya E.B., Mihajlova E.V. Zashchitnye mekhanizmy persika i ih rol' v povyshenii ustojchivosti k kurchavosti // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2015. T. 53. S. 14 – 143.
- Kushnirenko M.D., Kurchatov G.I., Shtefyrce A.A. i dr. Ekspress-metod diagnostiki zharoustojchivosti i srokov poliva rastenij. Kishinev: Shtiinca, 1986. 38 s.
- Mihajlova E.V. Pantiya G.G., Karpun N.N. i dr. Vliyanie reguljatorov rosta na povyshenie nespecificheskoj ustojchivosti k plodovym gnilyam i urozhajnost' persika // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2022. №5. S. 54-59. DOI: 10.31676/0235-2591-2022-5-54-59.
- Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. / Pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covoj. Oryol: VNIISPК, 1999. 608 s.
- Ryndin A.V. Vodno-termicheskij rezhim subtropikov Rossii. // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2009. №3. S. 14-18.
- Ryndin A.V., Belous O.G., Malyarovskaya V.I. i dr. Ispol'zovanie fiziologo-biohimicheskikh metodov dlya vyav-zovaniya fiziologo-biohimicheskikh metodov dlya vyav-

- leniya mekhanizmov adaptatsii subtropicheskikh, yuzhnykh plodovykh i dekorativnykh kul'tur v usloviyakh subtropikov Rossii // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2014. № 3. S. 40 – 48.
14. Ryndin A.V., Lyah V.M., Smagin N.E. Kul'tura persika v raznykh stranah mira //Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. Sochi. 2016. T. 57. S. 9–24. ISSN: 2225–3068.
15. Udovenko G.V. Ustojchivost' rastenij k abioticheskim stressam. Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij // Fiziologicheskie osnovy selekcii rastenij. SPb, 1995. T. 2, ch. 1 i 2. S. 293 - 346.
16. Chivilev V.V., Kruzchkov A.V., Kirillov R.E., Kulikov V.N. Ocenka zasuhoustojchivosti sortov i form grushi, vishni, chereshni i abrikosa // Vestnik sovremennykh issledovaniy. 2019. №1,2 (28). S. 115–117.
17. Shajtan I.M., Chuprina L.M., Anpilogova V.A. Biologicheskie osobennosti i vyrashchivanie persika, abrikosa i alychi. Kiev: Naukova Dumka, 1989. S. 6 -154. ISBN: 5-12-00082.
18. Abilfazova Yu., Belous O. Evaluation of the functional state of peach varieties (*Prunus persica* Mill.) when exposed hydrothermal stress to plants// Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 723–728. <https://doi.org/10.5219/974>.
19. Belous O., Abilphazova Yu. Chapter 4. Peach Culture in the Humid Subtropics of Russia: A Biochemical Aspect. In book: *Prunus persica: Production, Nutritional Properties and Health Effects (Agricultural Research Updates)*. Nova Science Publishers, Inc., USA. 2021. P. 234–240. ISBN: 978-1-53619-234-6.

Поступила в редакцию 15.05. 2023

Принята к публикации 29.05. 202

УДК 634.723.1:631.527

DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/60-63, EDN: XFOASM

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ ПО КОМПЛЕКСУ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Ильинична Салтыкова, младший научный сотрудник
Наталья Сергеевна Вахрушева, младший научный сотрудник
Александр Петрович Софронов, кандидат сельскохозяйственных наук
Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого,
г. Киров, Кировская область, Россия
E-mail: plod-niish@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – изучить в условиях центральной зоны Кировской области сорта отечественной селекции смородины черной и выделить сортообразцы с высокими урожайностью и уровнем крупноплодности, устойчивостью к почковому смородиновому клещу (*Cecidophyes ribes* West.) и американской мучнистой росе (*Sphaerotheca mors-uvae* (Schw) Berk et Gurt.). Работу проводили в саду ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров) в 2015–2021 годах. В полевых условиях изучили 36 сортов смородины черной, посаженной в 2013 году. Контрольный сорт – Вологда. В результате исследований выделены источники комплекса хозяйственно ценных признаков (Черный жемчуг, Чишма, Карачинская) с высокой урожайностью – 62,3–142,0 ц/га (превышение контрольного сорта на 35% и более), крупноплодностью (средняя масса ягоды – 1,20–1,70 г) и устойчивостью к почковому клещу. Сорта Ядреная и Гулливер отличились сочетанием высокой урожайности – 47,0–62,9 ц/га (превышение контрольного сорта на 35% и более), крупноплодности (средняя масса ягоды 1,20–1,30 г), устойчивости к мучнистой росе (максимальная степень повреждения 0,5–1,0 балл) и почковому клещу. Высокой урожайностью – 46,7–49,6 ц/га (превышение контрольного сорта на 35% и более), крупноплодностью (средняя масса ягоды – 1,20–1,80 г), вкусом (4,0 балла), высокой степенью устойчивости (максимальная степень повреждения 0,5–1,0 балл) к почковому клещу и мучнистой росе обладали сортообразцы Мила и Спутник. У сорта Александрина обнаружена комплексная устойчивость к мучнистой росе и почковому клещу (0 баллов).

Ключевые слова: урожайность, крупноплодность, устойчивость, мучнистая роса, почковый смородинный клещ, вкус

RESULTS OF THE STUDY OF BLACK CURRANT VARIETIES ON THE COMPLEX OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS IN KIROV REGION CONDITIONS

T.I. Saltykova, Junior Researcher
N.S. Vakhrusheva, Junior Researcher
A.P. Sofronov, PhD in Agricultural Sciences
Federal agricultural research centre of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov, Kirov region, Russia
E-mail: plod-niish@yandex.ru

Abstract. The aim of the research is to study collection material of black currant in conditions of Kirov region and to identify varieties which combine high productivity, large fruits and resistance to bud mite (*Cecidophyes ribes* West.) and powdery mildew (*Sphaerotheca mors-uvae*

(Schw) Berk et Gurt.). The researches had been held in an experimental garden of FSBSI FARC of the North-East (Kirov) in 2015–2021. The objects of the research were 36 black currant varieties of 2013 planting year. The check variety was Vologda. As a result of the research, source of the complex of economically valuable traits was distinguished: three varieties of Cherniy Zhemchug (Black Pearl), Chishma, Karachinskaya singled out for the combination of high productivity 62,3–142,0 c/ha (the exceeding of productivity over the check variety is 35,0% and more), for the large fruit (an average mass of a berry is 1,20–1,70 g) and for high resistance to bud mite; the varieties Yadrenaya (Vigorous) and Gulliver were differed in a combination of high productivity 47,0–62,9 c/ha (the exceeding over the check variety is 35% and more), a large fruit (an average mass of a berry is 1,20–1,30), a high degree of resistance (the maximum degree of damage is 0,5–1,0 point) to powdery mildew and bud mite; two samples, Mila and Sputnik were identified for a combination of high productivity 46,7–49,6 c/ha (the exceeding of productivity over the check variety is 35,0% and more), for the large fruit (an average mass of a berry is 1,20–1,80 g), a taste (4,0 points), a high degree of resistance (the maximum degree of damage is 0,5–1,0 point) to powdery mildew and bud mite. Complex resistance to powdery mildew and bud mite (the maximum degree of damage is 0 point during the research) was found in the Alexandrina variety.

Keywords: black currant, productivity, large-fruitiness, flavour, powdery mildew, currant gall mite

Востребованность смородины черной (*Ribes nigrum* L.) обусловлена высокой зимостойкостью и урожайностью, скороплодностью, самоплодностью, богатым биохимическим составом ягод, а также неприхотливостью в размножении и выращивании. [8] В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, зарегистрировано более 200 сортов культуры. Основные направления селекции смородины – высокая продуктивность, устойчивость к болезням и вредителям, крупноплодность и вкусовые качества ягод. [5, 8]

Из огромного разнообразия сортов необходимо подбирать наиболее адаптивные, способные максимально полно раскрыть свои потенциальные возможности и обеспечить высокую урожайность в конкретных природно-климатических условиях. [1, 7]

Важная характеристика сортов смородины черной – средняя масса ягоды, ее размер, вкус и внешний вид. [6, 7] Также ценность сорта определяет его устойчивость к болезням и вредителям. Основное заболевание по степени вредоносности во всех зонах выращивания смородины черной в России – Американская мучнистая роса (*Sphaerotheca morsuvae* (Schw) Berk. et Gurt.). [5] Выпадение обильной росы в июле и августе способствует сильному распространению заболевания в регионе. [2]

Один из основных вредителей смородины черной в Кировской области – почковый смородинный клещ *Cecidophyes ribes* West. [2, 3]

Цель работы – изучить в условиях центральной зоны Кировской области сорта отечественной селекции смородины черной и выделить сортообразцы с высокими урожайностью, уровнем крупноплодности, устойчивостью к почковому смородиновому клещу и американской мучнистой росе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Коллекционное сортоизучение проводили с 2015 по 2021 годы в полевых условиях лаборатории плодово-ягодных культур ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Объект исследований – 36 сортов смородины черной. Экспериментальный участок заложен в 2013 году. Контрольный сорт *Вологда* рекомендован в качестве стандарта Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений по Кировской области. Повторность – однократная по пять растений на учетной делянке (схема – 3×1 м). Агротехнические мероприятия соответствовали

общепринятым для садоводства Северо-Востока Европейской части России.

Оценку и наблюдения осуществляли согласно Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. [4] Для статистической обработки данных использовали методику Б.А. Доспехова (1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной показатель, определяющий ценность сортов, – урожайность. На третий год после посадки средняя урожайность в коллекции составила 25,3 ц/га, высокий показатель отмечен у сортов *Чижма* (68 ц/га), *Тарзан* (50), *Аркадия*, *Алиас*, *Подарок Кузиору*, *Сеянец Голубки* (47 ц/га) (рис. 1, 3-я стр. обл.).

В 2016 году средняя урожайность была на уровне 36,4 ц/га. Отличились сорта: *Нежданчик* (113 ц/га), *Калиновка* (87), *Подарок Калининой* (80), *Подарок Кузиору* (67), *Карачинская* (60 ц/га).

В 2017–2018 годах урожайность в среднем по коллекции составила 41,2...41,9 ц/га, у сорта *Верность* – 80...123, *Нежданчик* – 63...113, *Черный жемчуг* – 60...87, *Гулливер* – 60...73 ц/га.

Снижение средней урожайности до 36 ц/га выявлено в 2019 году из-за дефицита тепла и влаги. При этом высокий показатель отмечен у сортов *Верность* (163 ц/га), *Черный жемчуг* (150), *Чижма* (100), *Бенефис* (80), *Мила* (70 ц/га).

Максимальный уровень средней урожайности – 61,0...72,3 ц/га у коллекционных сортов выявлен в 2020 и 2021 годах (*Нежданчик*, *Черный жемчуг*, *Ядреная*, *Спутник*, *Наследница*).

В среднем за годы изучения урожайность сортов смородины черной составила 44,9 ц/га, высокоурожайные (превышение контрольного сорта на 35% и более): *Алиас*, *Чижма*, *Карачинская*, *Ядреная*, *Нежданчик*, *Верность*, *Черный жемчуг*, *Подарок Калининой*, *Бенефис*, *Гулливер*, *Мила*, *Спутник*, *Наследница* (46,7...143,3 ц/га) (см. таблицу).

К урожайным (превышение контрольного сорта на 15...35%) сортам в коллекции можно отнести *Аркадию*, *Сеянец Голубки*, *Подарок Кузиору*, *Добрый Джинн*, *Тарзан* (38,1...42,3 ц/га).

Выявлено пять среднеурожайных сортообразцов (урожайность на уровне контроля или превышает ее не более чем на 15%), у которых данный показатель составил 30,6...35,4 ц/га, три малоурожайных (25,7...28,4 ц/га) и девять низкоурожайных (2,0...22,1 ц/га).

Характеристика сортов смородины черной по комплексу признаков, 2015–2021 годы

Сорт	Урожайность, ц/га	Средняя масса ягоды, г	Вкус, балл	Максимальная степень поражения, балл	
				почковый клещ	мучнистая роса
<i>Вологда (к)</i>	32,4	1,3	3,5	1,0	3,0
<i>Нежданчик</i>	143,3*	1,6*	3,5	2,0	3,0
<i>Черный жемчуг</i>	142,0*	1,7*	3,5	1,0	3,0
<i>Верность</i>	100,3*	1,5	4,0	2,0	3,0
<i>Чишма</i>	85,4*	1,6*	3,5	1,0	2,0
<i>Наследница</i>	73,7*	1,2	3,5	3,0	3,0
<i>Подарок Калининой</i>	66,7	1,4	4,0	4,0	3,0
<i>Ядрёная</i>	62,9	1,3	3,5	1,0	1,0
<i>Бенефис</i>	62,6	1,1	4,0	1,0	2,0
<i>Карачинская</i>	62,3	1,2	4,0	1,0	4,0
<i>Спутник</i>	49,6	1,2	4,0	0,5	0,5
<i>Алиас</i>	49,3	1,2	3,5	2,0	4,0
<i>Гулливвер</i>	47,0	1,2	3,5	0,5	1,0
<i>Мила</i>	46,7	1,8*	4,0	1,0	1,0
<i>Добрый Джинн</i>	42,3	1,5	4,0	1,0	1,0
<i>Подарок Кузиору</i>	40,0	1,3	3,5	1,0	2,0
<i>Аркадия</i>	39,9	2,2*	4,0	3,0	1,0
<i>Сеянец Голубки</i>	38,6	1,2	3,0	4,0	2,0
<i>Тарзан</i>	38,1	1,3	3,0	3,0	3,0
<i>Валовая</i>	35,3	1,5	3,0	4,0	4,0
<i>Мулатка</i>	33,1	0,9	4,0	1,0	3,0
<i>Воевода</i>	32,6	1,3	3,0	1,0	2,0
<i>Селеченская</i>	31,9	1,4	3,5	1,0	3,0
<i>Зелёная дымка</i>	30,6	1,2	3,5	3,0	4,0
<i>Орловская серенада</i>	28,4	0,9	3,5	1,0	2,0
<i>Лазурь</i>	28,1	0,9	3,0	4,0	4,0
<i>Александрина</i>	25,7	0,9	3,0	0	0
<i>Поэзия</i>	22,1	1,2	3,5	1,0	2,0
<i>Дачница</i>	21,4	1,0	4,0	3,0	2,0
<i>Калиновка</i>	21,0	0,8	3,5	5,0	1,0
<i>Василиса</i>	21,0	1,0	3,5	1,0	3,0
<i>Фортуна</i>	18,0	1,3	3,0	2,0	3,0
<i>Кушнарковская</i>	16,6	1,0	3,0	3,0	3,0
<i>Бобровая</i>	14,9	1,2	3,0	4,0	4,0
<i>Виноградная</i>	8,9	0,7	3,5	3,0	3,0
<i>Экзотика</i>	2,1	1,0	3,0	5,0	4,0

Примечание. * – достоверно при уровне значимости 99,5.

Один из основных показателей, оказывающих влияние на урожайность, – масса ягоды. [2, 9] По уровню крупноплодности (средняя масса ягоды 1,2 г и более) отмечено 25 сортов, в том числе *Аркадия* (2,2 г), *Мила* (1,8), *Черный жемчуг* (1,7), *Нежданчик*, *Чишма* (1,6 г). У контрольного сорта *Вологда* данный показатель составил 1,3 г.

Оценка вкусовых качеств позволила выделить десять сортов с хорошим вкусом (4,0 балла): *Подарок Калининой*, *Верность*, *Карачинская*, *Мила*, *Бенефис*, *Спутник*, *Добрый Джинн*, *Аркадия*, *Мулатка*, *Дачница*.

Современные сорта смородины черной должны обладать устойчивостью к основным болезням

и вредителям. Это позволяет снизить потери урожая и повысить его качество.

За семь лет изучения из 36 сортообразцов выявлен высокоустойчивый к почковому клещу сорт *Александрина* без признаков повреждения (0 баллов). Семнадцать сортов смородины черной (47,0%) вошло в группу устойчивых к вредителю (степень повреждения – 0,5...1,0 балла): *Вологда*, *Спутник*, *Гулливвер*, *Черный жемчуг*, *Чишма*, *Бенефис* и другие (рис. 2, 3-я стр. обл.). Все они перспективны для привлечения в селекцию как исходный материал.

В группе среднеустойчивых к почковому клещу (максимальная степень повреждения 2,0 балла) четыре сорта (11,0%): *Нежданчик*, *Верность*, *Алиас*, *Фортуна*.

Одинаковое количество сортов (семь, 19,0%) показали себя слабоустойчивыми (максимальная степень повреждения 3,0 балла) и восприимчивыми (степень повреждения – 4,0...5,0 балла) к вредителю.

У большей части изучаемых коллекционных сортообразцов смородины черной наибольшее повреждение почковым клещом выявлено на шестой год после посадки.

Сорта распределили по максимальному баллу поражения мучнистой росой, самой распространенной и вредоносной болезни смородины черной в регионе, на 5 групп (рис. 3, 3-я стр. обл.).

Только у сорта *Александрина* за весь период изучения не отмечено признаков поражения. У *Спутника*, *Аркадии*, *Гулливвера*, *Ядрёной*, *Ми́лы*, *Доброго Джинна*, *Калиновки* была очень слабая степень поражения болезнью (0,5...1,0 балла). Эти сорта и *Александрина* перспективны для использования в селекционной работе как источники устойчивости к мучнистой росе в условиях региона.

Восемь сортообразцов (22,0%) вошли в группу среднеустойчивых (максимальная степень поражения 2,0 балла): *Чишма*, *Бенефис*, *Подарок Кузиору* и другие.

Самую многочисленную группу (36,0%) составили 13 слабоустойчивых к мучнистой росе сортов (максимальная степень поражения 3,0 балла): *Вологда*, *Нежданчик*, *Верность*, *Наследница* и другие.

Остальные семь сортов (19,0%) оказались восприимчивыми к болезни (степень поражения – 4,0...5,0 балла), в том числе *Валовая*, *Алиас*, *Зелёная дымка*.

Комплексной устойчивостью к мучнистой росе и почковому клещу (максимальная степень повреждения за 2015–2021 годы – 0 баллов) отличился сорт *Александрина*.

Сочетание высокой степени устойчивости (0,5...1,0 балла) к мучнистой росе и почковому клещу выявлено у пяти сортов: *Ядрёная*, *Гулливвер*, *Мила*, *Добрый Джинн*, *Спутник*.

Выводы. В результате изучения коллекции смородины черной в 2015–2021 годах выделено семь сортообразцов с сочетанием комплекса хозяйственно ценных признаков (крупноплодность, высокие урожайность, устойчивость к основным болезням и вредителям): *Черный жемчуг*, *Чишма*, *Карачинская*, *Ядрёная*, *Гулливвер*, *Мила* и *Спутник*.

Выявлен высокоустойчивый к мучнистой росе и почковому клещу сорт *Александрина*.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вахрушева Н.С., Салтыкова Т.И., Софронов А.П. Изучение экологической пластичности и адаптивности сортов смородины черной в условиях Кировской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2022. Т. 70. С. 33–39. DOI: 10.31676/2073-4948-2022-70-31-39.
2. Вахрушева Н.С., Салтыкова Т.И., Софронов А.П. Итоги изучения элитных форм смородины чёрной селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока // Садоводство и виноградарство. 2021. № 3. С. 5–10. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-5-15.
3. Князев С.Д., Левгерова Н.С., Пикунова А.В. и др. Селекция черной смородины: методы, достижения, направлении: монография. Орел: ВНИИСПК, 2016. 328 с.
4. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999, 608 с.
5. Сазонов Ф.Ф. Формирование отечественного сорта смородины черной в условиях Нечерноземного региона России // Садоводство и виноградарство. 2021. № 1. С. 23–31. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-1-23-31.
6. Тихонова О.А. Отдельные морфоструктурные компоненты продуктивности сортов черной смородины // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. Вып. 1. С. 53–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-53-63.
7. Тихонова О.А. Слагаемые компоненты продуктивности черной смородины в условиях Северо-Запада России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177. Вып. 3. С. 61–73.
8. Чеботок Е.М. Анализ гибридных семей смородины черной по наследованию признаков продуктивности и товарного качества ягод // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016. Т. 3. С. 155–159.
9. Dikdnianas T., Stanys V., Staniene G. et al. American black currant as donor of leaf disease resistance in black currant breeding // Biologija. 2005. № 3. P. 65–68.

REFERENCES

1. Vahrusheva N.S., Saltykova T.I., Sofronov A.P. Izuchenie ekologicheskoy plastichnosti i adaptivnosti sortov smorodiny chernoj v usloviyah Kirovskoj oblasti // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2022. T. 70. S. 33–39. DOI: 10.31676/2073-4948-2022-70-31-39.
2. Vahrusheva N.S., Saltykova T.I., Sofronov A.P. Itogi izucheniya elitnyh form smorodiny chyornoj selekcii Federal'nogo agrarnogo nauchnogo centra Severo-Vostoka // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 3. S. 5–10. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-3-5-15.
3. Knyazev S.D., Levgerova N.S., Pikunova A.V. i dr. Selekcija chernojsmorodiny: metody, dostizheniya, napravlenii: monografiya. Oryol: VNIISPK, 2016. 328 s.
4. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. Orel: VNIISPK, 1999, 608 s.
5. Sazonov F.F. Formirovanie otechestvennogo sortimenta smorodiny chernoj v usloviyah Nechernozemnogo regiona Rossii // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 1. S. 23–31. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-1-23-31.
6. Tihonova O.A. Otdel'nye morfostrukturnye komponenty produktivnosti sortov chernoj smorodiny // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. T. 181. Vyp. 1. S. 53–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-53-63.
7. Tihonova O.A. Slagaemye komponenty produktivnosti chernoj smorodiny v usloviyah Severo-Zapada Rossii // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2016. T. 177. Vyp. 3. S. 61–73.
8. Chebotok E.M. Analiz gibridnyh semej smorodiny chernoj po nasledovaniyu priznakov produktivnosti i tovarnogo kachestva yagod // Selekcija i sortorazvedenie sadovyh kul'tur. 2016. T. 3. S. 155–159.
9. Dikdnianas T., Stanys V., Staniene G. et al. American black currant as donor of leaf disease resistance in black currant breeding // Biologija. 2005. № 3. P. 65–68.

Поступила в редакцию 04.05.2023

Принята к публикации 18.05.2023

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ШТАММА *BACILLUS ATROPHAEUS* ВКПМ В-11474, ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОБНОГО БИОПРЕПАРАТА КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ*

Ольга Борисовна Сопрунова¹, доктор биологических наук, профессор
Вера Евгеньевна Сопрунова¹, старший преподаватель
Анна Викторовна Луценко^{1,2}, кандидат биологических наук, доцент
Нармина Муталлимага-кызы Габитова², ассистент

¹ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, Россия

²ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, г. Астрахань, Россия

E-mail: soprunova@mail.ru

Аннотация. Исследована безопасность для здоровья человека и животных основного компонента (штамм *Bacillus atrophaeus* В-11474) микробного биопрепарата комплексного действия для повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных растений от болезней по показателям вирулентности, острой токсичности, токсигенности и способности к диссеминации. Представители рода *Bacillus* известны как продуценты широкого спектра соединений-антагонистов различной структуры (бактериоцины, антимикробные пептиды и липопептиды, поликетиды и сидерофоры), обладающих ростостимулирующими и защитными свойствами. Тестированием на белых мышах линии Balb/c установлена непатогенность штамма *Bacillus atrophaeus* В-11474. Исследуемый штамм депонирован во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВКПМ). Работу с животными проводили с соблюдением всех требований и этических норм, соответствующих правилам GLP. Результаты изучения суспензии живой культуры *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 не выявили негативного влияния на подопытных животных, что свидетельствует об отсутствии вирулентности, острой токсичности, токсигенности и диссеминации. Мыши активно потребляли корм и воду, были подвижны, с адекватной реакцией на экспериментаторов и физические факторы, летального исхода не наблюдали. При вскрытии животных видимых изменений во внутренних органах не было – легкие, сердце, почки, селезенка, печень нормальной структуры и окраски. В мазках-отпечатках внутренних органов тестируемая культура не обнаружена. Штамм *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 – перспективный компонент биопрепарата, безопасный для применения в сельском хозяйстве и может быть использован в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: штамм *Bacillus atrophaeus* В-11474, безопасность, бактерии, живая культура, патогенность, токсичность, токсигенность

SAFETY ASSESSMENT OF *BACILLUS ATROPHAEUS* STRAIN VKPM V-11474, WHICH IS PROMISING FOR THE DEVELOPMENT OF A MICROBIAL BIOLOGICAL PRODUCT WITH COMPLEX ACTION

O.B. Soprunova¹, *Grand PhD in Biological Sciences, Professor*
V.E. Soprunova¹, *Senior Lecturer*

A.V. Lutsenko^{1,2}, *PhD in Biological Sciences, Associate Professor*
N.M. Gabitova², *Assistant*

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian, Astrakhan, Russia

E-mail: soprunova@mail.ru

Abstract. Representatives of the genus *Bacillus* are known as producers of a wide range of antagonist compounds of different structures (bacteriocins, antimicrobial peptides and lipopeptides, polyketides and siderophores) with growth-stimulating and protective properties. A necessary condition for the use of microbial objects in biotechnological processes is safety for human and animal health. The safety of *Bacillus atrophaeus* В-11474 strain, which is the basis of a microbial biopreparation of complex action to increase the yield and protect agricultural plants from diseases according to the indicators of virulence, acute toxicity, toxigenicity and ability to dissemination was studied. The non-pathogenicity of *Bacillus atrophaeus* strain В-11474 was established by testing on white Balb/c mice. The studied strain was deposited in the All-Russian Collection of Industrial Microorganisms (VKPM). The experiment was performed in compliance with all established regulatory requirements for work with laboratory animals according to GLP rules and ethical standards for handling animals. The results of investigation of *Bacillus atrophaeus* VKPM В-11474 live culture suspension revealed no adverse effect on the experimental animals, indicating the absence of virulence, acute toxicity, toxigenicity and dissemination. Mice actively consumed food and water, were motile, with adequate response to experimenters and physical factors, no lethal outcome was observed. The autopsy has shown that the surface of the internal organs was smooth, without visible pathology, with normal color and of dense structure. The test culture was not found in smears-imprints of internal organs. It was shown that *Bacillus atrophaeus* strain VKPM В-11474 is promising for obtaining a biopreparation safe for use in agriculture and can be used for further research.

Keywords: safety, bacteria, live culture, pathogenicity, toxicity, toxigenicity

* Исследования проведены за счет средств на выполнение государственного задания в рамках НИОКР «Аборигенные микроорганизмы – основа новых эко- и агробιοтехнологий Прикаспийского региона» (№ 123031400044-2) / The research was carried out at the expense of funds for the implementation of the state task within the framework of R&D “Indigenous microorganisms – the basis of new eco- and agrobiotechnologies of the Caspian region” (No. 123031400044-2).

Основные средства защиты растений – химические пестициды, но их могут полностью или частично заменить биологические препараты, для разработки которых используют различные плесневые грибы и бактерии, в том числе рода *Bacillus*. [5, 7, 9, 11] Они известны как продуценты широкого спектра соединений-антагонистов различной структуры (бактериоцины, антимикробные пептиды и липопептиды, поликетиды и сидерофоры), обладающих ростостимулирующими и защитными свойствами. [15] *Bacillus atrophaeus* – перспективный вид бактерий для получения биопрепаратов, повышающих урожайность и защищающих растения от болезней. [2, 6] Но их применение может сопровождаться загрязнением окружающей среды и оказывать неблагоприятное влияние на здоровье людей. В соответствии с ФЗ РФ № 492 «О биологической безопасности в Российской Федерации», биологическая безопасность – состояние защищенности населения и окружающей среды от воздействия опасных биологических факторов, при котором обеспечивается допустимый уровень биологического риска. Все микроорганизмы, используемые в различных сферах, в том числе сельском хозяйстве, должны быть оценены по уровню патогенности и отвечать установленным требованиям безопасности. [10, 13].

Цель работы – исследовать безопасность штамма *Bacillus atrophaeus* В-11474, как основного компонента микробного биопрепарата, предназначенного для повышения урожайности и защиты сельскохозяйственных растений от болезней, по показателям вирулентности, острой токсичности, токсигенности и способности к диссеминации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований – штамм *Bacillus atrophaeus*, изолированный из природной среды в научно-исследовательской лаборатории микробиологического мониторинга кафедры «Прикладная биология и микробиология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» по стандартным методикам, депонирован во Всероссийской Коллекции Промышленных Микроорганизмов (ВКПМ) под номером В-11474. [8]

Безопасность живой культуры *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 оценивали на базе вивария ФГБУ «Научно-исследовательский институт по изучению лепры», входящего в состав ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России (на основании Приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.11.2021 № 1029 с 01.04.2022 года).

В работе использовали 120 белых мышей одного рода и происхождения (линия Balb/c) массой 18...22 г, которых в период адаптации и на протяжении всего эксперимента содержали с соблюдением всех установленных нормативных требований и этических норм обращения с животными (карантин, санитарный контроль, режим питания, освещения и другое), соответствующих правилам GLP. [1, 3, 4]

Мышам контрольной группы вводили физиологический раствор в объеме, аналогичном дозе применяемых суспензий для опытных животных.

Безопасность *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 определяли по показателям: вирулентность, острая токсичность, токсигенность и способность к диссеминации. Исследуемое вещество вводили парентерально (внутрибрюшинно).

Вирулентность устанавливали после введения мышам 1 мл суточной живой культуры *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 концентрацией $1,0 \times 10^7$ КОЕ/мышь. В эксперименте использовали 20 мышей, по 10 особей в каждой группе. Наблюдали за животными в течение 30 сут. Для изучения способности к диссеминации проводили их забой и вскрытие (через каждые семь суток) с соблюдением установленных требований для патологоанатомического исследования на основании макроскопического (визуальная оценка легких, сердца, почек, селезенки, печени) и микроскопического (внутренние органы высевали методом отпечатков на мясопептонный агар, полученные колонии окрашивали по Граму и микроскопировали) анализов.

Острую токсичность определяли после однократного введения бактериальной суспензии термоинактивированной культуры *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 (концентрация $1,0 \times 10^{10}$ КОЕ/мышь) внутрибрюшинно мышам опытной группы. Всего было две группы животных, по 10 особей в каждой. Наблюдали за мышами в течение 14 дн. (клинический осмотр, взвешивание, регистрация потребления пищи и воды).

Токсигенность проверяли после внутрибрюшинного введения мышам фильтрата исследуемой культуры микроорганизмов в разных дозировках (по 1,0 и 1,7 мл трехсуточной и 0,8, и 1,5 мл семисуточной). В эксперименте использовали 80 особей, по 10 мышей в группе. Наблюдали за животными 30 сут., в течение которых проводили клинический осмотр, взвешивание, регистрировали потребление пищи и воды.

Результаты экспериментов обрабатывали статистически, используя пакет программ «BioStat-2009» (Analist Soft Ins., США) и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При определении вирулентности и диссеминации за весь срок наблюдения у мышей отсутствовали признаки интоксикации, групповая масса тела увеличилась и все животные остались живы, что свидетельствует о том, что минимальная смертельная доза не установлена и превышает $1,0 \times 10^7$ КОЕ/мышь. Штамм микроорганизмов в данной концентрации не обладает вирулентностью. У вскрытых мышей патологоанатомических изменений не обнаружено, структура внутренних органов гладкая, плотная, нормальной окраски. В мазках-отпечатках тестируемая культура не выявлена. При визуальной оценке внутренних органов лабораторных животных опытной и контрольной групп различий не обнаружено. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии способности штамма к диссеминации во внутренние органы и их бактериальному поражению.

При определении острой токсичности у мышей не было признаков нарушения здоровья и потери массы тела (табл. 1), летального исхода не наблю-

Таблица 1.

Динамика массы тела лабораторных мышей при изучении острой токсичности

Период	Масса мышей (г) при введении дозы (1мл) исследуемого вещества концентрацией 1,0x10 ¹⁰ КОЕ/мышь
До введения исследуемого вещества	19,3±0,3
14 дней после введения	20,4±0,3

Таблица 2.

Динамика выживаемости лабораторных мышей при изучении острой токсичности

Группа	Концентрация вводимого вещества, 1мл (КОЕ/мышь)	Выживаемость, %
Опытная	1,0x10 ¹⁰	100
Контрольная		100

дали (табл. 2). Отмечали их адекватную реакцию на манипуляции экспериментаторов, не визуализировали изменений состояния шерсти, кожных покровов и слизистых. Полученные данные свидетельствуют о том, что тестируемая культура в исследуемой концентрации (1,0x10¹⁰ КОЕ/мышь) не оказывает неблагоприятного воздействия на белых мышей и, следовательно, не обладает острой токсичностью.

При определении токсигенности в течение 30 сут. после введения фильтратов бактериальной культуры проводили клинический осмотр экспериментальных животных, взвешивание, регистрировали потребление пищи и воды. Установлено отсутствие влияния всех примененных дозировок на массу тела животных. Реакции на манипуляции экспериментаторов и на физические (освещение, шум и другое) раздражители оставались адекватными, что свидетельствует о том, что культура не токсигенна для теплокровных животных.

Таким образом, *Bacillus atrophaeus* ВКПМ В-11474 не обладает патогенными свойствами (острая токсичность, токсигенность, способность к вирулентности и диссеминации) в исследованных концентрациях и может быть использован в дальнейших разработках по получению биопрепарата для применения в сельском хозяйстве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Асташкин Е.И., Ачкасов Е.Е., Афонин Е.Е. и др. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях. М.: Профиль-2С, 2010. 358 с. ISBN 978-5-903950-10-2.
- Баубекова Д.Г., Сопрунова О.Б., Байрамбеков Ш.Б., Полякова Е.В. Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 2. С. 78–90. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90.
- Виноградов П.Н., Шевченко С.С., Седов О.Л. и др. РД-АПК 3.10.07.02-09. Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений. Минсельхоз РФ, М., 2009. 27 с.
- ГОСТ 33044-2014 Принципы надлежащей лабораторной практики, с поправкой, М.: Стандартинформ. 2019. 16 с.
- Захарова Н.Г., Сираева З.Ю., Демидова И.П., Егоров С.Ю. Создание биопрепаратов, перспективных для сельского хозяйства // Ученые записки Казанского государственного университета. 2006. Т. 148. № 2. С. 102–111. https://kpfu.ru/portal/docs/F356003983/148_2_est_10.pdf
- Коряжкина М.Ф. *Bacillus atrophaeus* SKD-1 как перспективный штамм для разработки биопрепарата // Юг России: экология, развитие. 2010. Т. 5. № 4. С. 80–82. DOI: 10.18470/1992-1098-2010-4-80-82.
- Павлюшин В.А., Новикова И.И., Бойкова И.В. Микробиологическая защита растений в технологиях фитосанитарной оптимизации агроэкосистем: теория и практика (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 421–438. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.3.421rus
- Патент РФ на изобретение № 2655848. 29.05.2018 Бюл. № 16. МПК А01N 63/02, А01P 21/00. Сопрунова О.Б., Баубекова Д.Г., Байрамбеков Ш.Б. и др. Средство для повышения урожайности и защиты растений семейства пасленовых от фитопатогенных грибов. EDN: YXVAAT. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37372136>
- Петровский А.С., Каракозов С.Д. Микробиологические препараты в растениеводстве. Альтернатива или партнерство? // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С. 14–18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28360468>
- Римарева Л.В., Серба Е.М., Оверченко М.Б. и др. Научно-экспериментальное обоснование безопасности биотехнологической продукции для пищевой промышленности // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 1. С. 40–43. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/40-43
- Сидорова Т.М., Асатурова А.М., Хомяк А.И. Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 1. С. 29–37. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.1.29rus.
- Чеботарь В.К., Петров В.Б., Шапошников А.И., Кравченко Л.В. Биохимические критерии оценки агрономически значимых свойств бацилл, используемых при создании микробиологических препаратов // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 46. № 3. С. 119–122. <http://www.agrobiology.ru/3-2011chebotar'.html>
- Шейна Н.И. Критерии оценки биобезопасности микроорганизмов, используемых в биотехнологической промышленности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 6 (142). С. 165–169. <http://vestnik.osu.ru/doc/1033/article/6478/lang/0>
- Штерншис М.В., Беляев А.А., Цветкова В.П. и др. Биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* для управления здоровьем растений. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2016. 233 с. ISBN 978-5-7692-1496-7. EDN: XBZXBV.
- Fira D., Dimkić I., Berić T., Lozo J., Stanković S. Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species // Journal of biotechnology. 2018. Vol. 285. PP. 44–55. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044.

REFERENCES

- Astashkin E.I., Achkasov E.E., Afonin E.E. i dr. Rukovodstvo po laboratornym zhivotnym i al'ternativnym modelyam v biomeditsinskih issledovaniyah. M.: Profil-2S, 2010. 358 s. ISBN 978-5-903950-10-2.
- Baubekova D.G., Soprunova O.B., Bajrambekov Sh.B., Polyakova E.V. Vliyanie biologicheskogo sredstva zashchity rastenij na mikrobiocenoze sel'skohozyajstvennykh pochv v usloviyah aridnogo klimata // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2020. T. 15. № 2. С. 78–90. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90.
- Vinogradov P.N., Shevchenko S.S., Sedov O.L. i dr. RD-APK 3.10.07.02-09. Metodicheskie rekomendacii po sodержaniyu laboratornykh zhivotnykh v vivariyah nauchno-issledovatel'skikh institutov i uchebnykh zavedenij. Min-sel'hoz RF, M. 2009. 27 s.
- GOST 33044-2014 Principy nadležashchej laboratornoj praktiki. s popravkoj, M.: Standartinform. 2019. 16 s.
- Zaharova N.G., Siraeva Z.Yu., Demidova I.P., Egorov S.Yu. Sozdanie biopreparatov, perspektivnykh dlya sel'skogo hozyajstva // Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2006. T. 148. № 2. S. 102–111. https://kpfu.ru/portal/docs/F356003983/148_2_est_10.pdf
- Koryazhkina M.F. Bacillus atrophaeus SKD-1 kak perspektivnyj shtamm dlya razrabotki biopreparata // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2010. T. 5. № 4. S. 80–82. DOI: 10.18470/1992-1098-2010-4-80-82.
- Pavlyushin V.A., Novikova I.I., Bojkova I.V. Mikrobiologicheskaya zashchita rastenij v tekhnologiyah fitosantarnoj optimizacii agroekosistem: teoriya i praktika (obzor) // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020. T. 55. № 3. S. 421–438. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2020.3.421rus.
- Patent RF na izobretenie № 2655848. 29.05.2018 Byul. № 16. MPK A01N 63/02, A01P 21/00. Soprunova O.B., Baubekova D.G., Bajrambekov Sh.B. i dr. Sredstvo dlya povysheniya urozhajnosti i zashchity rastenij semejstva paslenovykh ot fitopatogennykh gribov. EDN: YXVAAT. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37372136>
- Petrovskij A.S., Karakotov S.D. Mikrobiologicheskie preparaty v rastenievodstve. Al'ternativa ili partnerstvo? // Zashchita i karantin rastenij. 2017. № 2. S. 14–18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28360468>
- Rimareva L.V., Serba E.M., Overchenko M.B. i dr. Nauchno-eksperimental'noe obosnovanie bezopasnosti biotekhnologicheskoy produkcii dlya pishchevoj promyshlennosti // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. № 1. S. 40–43. DOI: 10.30850/vrsn/2019/1/40-43.
- Sidorova T.M., Asaturova A.M., Homyak A.I. Biologicheski aktivnye metabolity Bacillus subtilis i ih rol' v kontrole fitopatogennykh mikroorganizmov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 1. S. 29–37. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2018.1.29rus.
- Chebotař V.K., Petrov V.B., Shaposhnikov A.I., Kravchenko L.V. Biohimicheskie kriterii ocenki agronomicheski znachimykh svojstv bacill, ispol'zuemykh pri sozdanii mikrobiologicheskikh preparatov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2011. T. 46. № 3. S. 119–122. <http://www.agrobiolgy.ru/3-2011chebotar'.html>
- Sheina N.I. Kriterii ocenki biobezopasnosti mikroorganizmov, ispol'zuemykh v biotekhnologicheskoy promyshlennosti // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 6 (142). S. 165–169. <http://vestnik.osu.ru/doc/1033/article/6478/lang/0>
- Shternshis M.V., Belyaev A.A., Cvetkova V.P. i dr. Bio-preparaty na osnove bakterij roda Bacillus dlya upravleniya zdorov'em rastenij. Novosibirsk: Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya RAN, 2016. 233 s. ISBN 978-5-7692-1496-7. EDN: XBZXBV.
- Fira D., Dimkić I., Berić T., Lozo J., Stanković S. Biological control of plant pathogens by Bacillus species // Journal of biotechnology. 2018. Vol. 285. PP. 44–55. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2018.07.044.

Поступила в редакцию 19.05.2023

Принята к публикации 02.06.2023

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНГИЦИДОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Елена Юрьевна Удалова, младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-5553-1990
Сергей Анатольевич Замятин, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-3999-9179

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: udalova.alyona@mail.ru

Аннотация. В статье дана оценка влияния защитных препаратов химического и биологического происхождения на клубни и растения картофеля в климатических условиях Республики Марий Эл. Представлены результаты действия фунгицидов на формирование урожайности картофеля и площадь листовой поверхности за вегетацию, а также в борьбе с болезнями при обработке клубней перед посадкой и растений во время вегетации. В варианте с фунгицидом Селест Топ и опрыскиванием растений во время вегетации химическими препаратами были наибольшими густота всходов, устойчивость к распространенным болезням, площадь листовой поверхности (40 тыс. м²/га), урожайность картофеля возросла на 4,2%. Изучено влияние различных систем защиты от болезней на урожайность картофеля в условиях Республики Марий Эл.

Ключевые слова: Республика Марий Эл, фунгициды, картофель, предпосадочная обработка, урожай, листовая поверхность

INFLUENCE OF FUNGICIDES USAGE ON THE GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF POTATOES

E.Yu. Udalova, Junior Researcher
S.A. Zamyatin, PhD in Agricultural Sciences

Mari Research Institute of Agriculture,
branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Agrarian Research Center
of the North-East named after N.V. Rudnitsky", Ruem village, Republic of Mari El, Russia
E-mail: udalova.alyona@mail.ru

Abstract. The article assesses the effect of protective preparations of chemical and biological origin in the treatment of potato tubers and plants during the growing season in the climatic conditions of the Republic of Mari El. The results of the action of fungicides on the formation of potato yields are presented and the effect of the studied preparations on the leaf surface area during the growing season, as well as the effect of chemical preparations in the fight against diseases in the treatment of tubers before planting and plants during the growing season. The use of the fungicide Celest Top and the treatment of plants during vegetation with chemicals increased the leaf surface area during the flowering phase to 40 thousand m²/ha. In this variant, thanks to chemical fungicides, there were the highest indicators of germination density, phytometric indicators of resistance to the most common diseases, which made it possible to increase and maintain the maximum leaf surface area, thanks to which the yield of potato tuber increased by 4.2%. The purpose of the study is to study the influence of various disease protection systems on potato yield in the conditions of the Republic of Mari El.

Keywords: Republic of Mari El, fungicides, potatoes, pre-planting treatment, harvest, leaf surface

Урожайность и качество картофеля зависят от сорта больше, чем другие культуры. Попадая в сложные почвенно-климатические условия, многие сорта слабо адаптируются (снижается устойчивость к болезням) и плохо хранятся в течение зимнего периода.

Применение регуляторов роста – один из эффективных приемов, который повышает устойчивость растений к отрицательному воздействию окружающей среды, способствуя росту урожайности, качеству выращиваемой продукции и ее сохранности, а также снижает поражение болезнями. [9]

Эффективность отрасли картофелеводства (увеличение урожайности и улучшение качества клубней) зависит от комплекса агротехнических, профилактических и защитных мероприятий. Широкое распространение получило использование химических и биологических средств, влияющих на формирование вегетативной массы, качество клубней и их сохранность. [3, 6]

В Республике Марий Эл особое внимание уделяют подбору сортов с высокой потенциальной продуктивностью и экологической устойчивостью. [8]

Применение средств защиты растений помогает защитить картофель от заболеваний (потери могут составлять около 50%), получать значительные прибавки урожая и высококачественную конкурентоспособную продукцию, что актуально в условиях рыночной экономики. [2, 5, 10] Самый распространенный способ – протравливание клубней картофеля фунгицидами перед посадкой и опрыскивание растений в период вегетации.

Для высокого урожая картофеля ассимиляционная поверхность листьев должна быть не менее 40...50 тыс. м²/га. Ее формирование зависит от приемов агротехники и внесения удобрений. [1, 4, 7]

Цель работы – изучить влияние различных систем защиты от болезней на урожайность картофеля в условиях Республики Марий Эл.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытном поле Марийского НИИСХ с окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой. Содержание гумуса – 2,5%, подвижного фосфора – 350 мг/кг почвы, обменного калия – 256 мг/кг почвы, рН – 6,0. Предшествующая культура – клевер. Объект исследования – ранний сорт картофеля *Беллароза*. Схема опыта представлена в таблицах 1, 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В варианте с предпосадочной обработкой клубней инсектофунгицидом Селест Топ и одноразовым опрыскиванием растений в фазе бутонизации фунгицидом Ордан (2,5 кг/га) урожайность клубней составила 16,8 т/га. Наибольшая урожайность в среднем за три года (21,0 т/га) получена с протравливанием клубней перед посадкой Селест Топ и трехкратной химической обработкой по вегетации растений фунгицидом (Метаксил – 2,5 кг/га, Ридо-

мил – 2,5 кг/га, Ордан – 2,5 кг/га). В этом варианте были лучшие показатели густоты всходов, устойчивости к наиболее распространенным болезням, что позволило нарастить и сохранить максимальную площадь листовой поверхности, урожайность возросла на 4,2%. Самый высокий урожай картофеля во все годы исследования получен при предпосадочной обработке клубней препаратом Селест Топ и по вегетации растений картофеля химическими фунгицидами.

Урожай клубней картофеля существенно изменялся в зависимости от предпосадочной обработки клубней и защитных мероприятий от болезней в период вегетации.

Чем больше площадь листовой поверхности и продолжительнее ее функционирование, тем выше урожайность. Достоверное увеличение урожайности наблюдали при предпосевной обработке клубней картофеля фунгицидом Селест Топ в дозе 0,4 л/т и опрыскивании растений по вегетации химическими фунгицидами Метаксил, Ридомил, Ордан.

В начале вегетационного периода листовая поверхность увеличивалась медленно, а в фазе цветения достигла максимального уровня. Предпосадочная обработка и опрыскивание растений по вегетации оказывали влияние на размер и продолжительность функционирования листовой поверхности.

Предпосадочная обработка клубней картофеля фунгицидами удлиняла вегетацию растений по сравнению с хозяйственным контролем. Количество стеблей к периоду цветения возрастало во всех вариантах опыта, затем уменьшалось из-за погодных условий.

По трехлетним данным максимальную площадь листьев сформировали растения при предпосадочной обработке клубней фунгицидом Селест Топ и опрыскивании растений по вегетации химическими фунгицидами. Наибольшая площадь листьев была в период бутонизации – 29,8 тыс. м²/га, листовая поверхность – в фазе цветения (40 тыс. м²/га). К уборке листья растений картофеля постепенно отмирали.

Таким образом, в ходе исследований установили, что благоприятные условия для развития и роста растений картофеля создаются при предпосадочной обработке клубней фунгицидом Селест Топ (0,4 л/т) и опрыскивании по вегетации химическими фунгицидами Метаксил, Ридомил, Ордан. Выявлено, что на формирование площади листьев почти в равной степени оказывают влияние сорт, технология возделывания, предшественник и погодные условия.

В результате визуальной диагностики первые признаки болезней появились на раннем этапе развития растений в фазе всходов. От избытка влаги в почве растения в средней степени (5 баллов) были поражены ризоктониозом во всех вариантах. В вариантах опыта 2, где клубни обрабатывали инсектофунгицидом Селест Топ и дополнительно растения трехкратно опрыскивали по вегетации химическими препаратами (Метаксил, Ридомил, Ордан), развитие болезней сдерживалось. Степень пораженности растений ризоктониозом в фазе бутонизации – 7 баллов, (не отмечено распространенные фитофтороза), в вариантах 1, 3, 4, 6, 7 – 5 баллов (альтернариоз). Перед уборкой листья у растений

Таблица 1.

Урожайность картофеля в зависимости от защитных мероприятий, средняя за три года

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка урожая	
		т/га	% к контролю
1. Селест Топ – 0,4 л/т (хоз. контроль)	16,8	–	–
2. Селест Топ – 0,4 л/т	21,0	4,2	25,0
3. Селест Топ – 0,4 л/т	18,6	1,8	10,7
4. Селест Топ – 0,4 л/т	18,2	1,4	8,3
5. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	20,5	3,7	22,0
6. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	16,7	–0,1	–0,6
7. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	15,9	–5,4	–5,4
НСР ₀₅	2,2	–	–

Примечание. Обработка растений по вегетации (фаза всходов, бутонизации, перед смыканием ботвы): 1. фаза бутонизации – Ордан – 2,5 кг/га; 2. Метаксил – 2,5 кг/га, Ридомил – 2,5 кг/га, Ордан – 2,5 кг/га; 3. – Фитоспорин – 1 л/га, Гамаир – 40 г/га, Ордан – 2,5 кг/га; 4. Фитоспорин – 1 л/га, Гамаир – 40 г/га, Фитоспорин – 1 л/га; 5. Метаксил – 2,5 кг/га, Ридомил – 2,5 кг/га, Ордан – 2,5 кг/га; 6. Фитоспорин – 1 л/га, Гамаир – 40 г/га, Ордан – 2,5 кг/га; 7. Фитоспорин – 1 л/га, Гамаир – 40 г/га, Фитоспорин – 1 л/га. То же в табл. 2.

Таблица 2.

Площадь листьев растений картофеля сорта *Беллароза*, средняя за 2018–2020 годы, тыс. м²/га

Вариант опыта	Бутонизация	Цветение	Перед уборкой
1. Селест Топ – 0,4 л/т (хоз. контроль)	27,6	33,3	28,3
2. Селест Топ – 0,4 л/т	29,8	40,0	37,8
3. Селест Топ – 0,4 л/т	28,2	37,8	33,9
4. Селест Топ – 0,4 л/т	28,1	36,5	32,2
5. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	29,2	38,9	36,5
6. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	28,4	37,1	33,2
7. Табу + Гамаир (0,1 л/т + 3 г/т)	28,4	36,1	32,8
НСР ₀₅	1,49	1,95	2,12

картофеля во всех вариантах опыта были заражены фитофторозом (3, 5 баллов). Наиболее эффективной, особенно по сдерживанию ризоктониоза и альтернариоза оказалась обработка инсектофунгицидом Селест Топ в варианте 2 и дополнительное трехкратное опрыскивание фунгицидами. Трехкратная обработка биологическими биопрепаратами не способствовала защите от таких болезней, как фитофтороз, ризоктониоз и альтернариоз. Самой надежной была трехкратная обработка растений химическими препаратами (Метаксил, Ридомил, Ордан, норма расхода – 2,5 кг/га) и предпосадочная инсектофунгицидом Селест Топ. Установлена высокая активность данных препаратов против заражения листьев растений картофеля ризоктониозом, альтернариозом и фитофторозом.

Выводы. При обработке клубней перед посадкой фунгицидом Селест Топ и опрыскивании растений картофеля по вегетации препаратами Метаксил, Ридомил, Ордан были сформированы высокий урожай (в среднем за три года – 21,0 т/га) и максимальная площадь листьев, обеспечена защита растений от ризоктониоза и альтернариоза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев А.А. Влияние сбалансированного питания, протравливания и сроков посадки картофеля на урожайность и качество клубней // Земледелие. 2021. № 2. С. 22–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10205.
2. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К., Белов Г.Л. Роль предпосадочной обработки клубней в борьбе с болезнями картофеля // Земледелие. 2018. № 5. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10510.
3. Засорина Э.В., Приименко Ю.М., Власов В.В. Инновационные приемы возделывания картофеля в условиях Центрального Черноземья // Вестник Курск. гос. с.-х. акад. 2015. № 5. С. 47–49.
4. Коломейченко В.В., Беденко В.П. Теория продукционного процесса растений фотоинтезов // Вестник Орловского ГАУ. 2008. Т. 13. № 4. С. 17–21.
5. Котиков М.В., Лобырев И.С., Богомаз М.В. Эффективность применения фунгицидов на картофеле // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 5. С. 26–27.
6. Лысенко А.Ю. Влияние биологических и химических препаратов на показатели вегетативной массы и продуктивность картофеля в Приморском крае // Вестник КрасГАУ. 2016. № 12. С. 3–7.
7. Ничипорович А.А. Фотосинтез и урожай. М.: Знание, 1966. 48 с.
8. Сапега В.А. Оценка среднеранних сортов картофеля по урожайности, адаптивности и основным показателям продуктивности // Вестник Омского ГАУ. 2020. № 1 (37). С. 66–73.
9. Устименко И.Ф., Малхасян А.Б., Пушкарёв В.Г. Урожайность и качество сортов картофеля при применении препарата Потейтин // Агрономия и лесное хозяйство. С. 57–59.
10. Шатилов И.С., Каюмов М.К. Постановка опытов и проведение исследований по программированию урожаев полевых культур: Метод. Рекомендации. М.: ВАСХНИЛ, 1978. 66 с.

REFERENCES

1. Vasil'ev A.A. Vliyanie sbalansirovannogo pitaniya, protravlivaniya i srokov posadki kartofelya na urozhajnost' i kachestvo klubnej // Zemledelie. 2021. № 2. S. 22–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10205.
2. Vasil'eva S.V., Zejruk V.N., Derevyagina M.K., Belov G.L. Rol' predposadochnoj obrabotki klubnej v bor'be s boleznyami kartofelya // Zemledelie. 2018. № 5. S. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10510.
3. Zazorina E.V., Prijmenko Yu.M., Vlasov V.V. Innovacionnye priemy vzdelyvaniya kartofelya v usloviyah central'nogo chernozem'ya // Vestnik Kursk. gos. s.-h. Akad. 2015. № 5. S. 47–49.
4. Kolomejchenko V.V., Bedenko V.P. Teoriya produkcionnogo processa rastenij fotocintezov // Vestnik Orlovskogo GAU. 2008. T. 13. № 4. S. 17–21.
5. Kotikov M.V., Lobyrev I.S., Bogomaz M.V. Effektivnost' primeneniya fungicidov na kartofele // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 5. S. 26–27.
6. Lysenko A.Yu. Vliyanie biologicheskikh i himicheskikh preparatov na pokazateli vegetativnoj massy i produktivnost' kartofelya v primorskom krae // Vestnik KrasGAU. 2016. № 12. S. 3–7.
7. Nichiporovich A.A. Fotosintez i urozhaj. M.: Znanie, 1966. 48 s.
8. Sapega V.A. Ocenka srednerannih sortov kartofelya po urozhajnosti, adaptivnosti i osnovnym pokazatelyam produktivnosti // Vestnik Omskogo GAU. 2020. № 1 (37). S. 66–73.
9. Ustimenko I.F., Malhasyan A.B., Pushkaryov V.G. Urozhajnost' i kachestvo sortov kartofelya pri primeneni preparata potejtin // Agronomiya i lesnoe hozyajstvo. S. 57–59.
10. Shatilov I.S., Kayumov M.K. Postanovka opytov i provedenie issledovanij po programmirovaniyu urozhavov polevykh kul'tur: metod. Rekomendacii. M.: VASKHNIL, 1978. 66 s.

Поступила в редакцию 06.04.2023

Принята к публикации 20.04.2023

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЗАКИСЛЕНИЯ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТЕ

Дмитрий Анатольевич Иванов, *член-корреспондент РАН, профессор*
 Мария Владимировна Рублюк, *кандидат сельскохозяйственных наук*
 Ольга Николаевна Анциферова, *кандидат сельскохозяйственных наук*
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Аннотация. Приведены результаты долговременного мониторинга пространственной динамики закисления почв в пределах конечно-моренного холма. Исследования проводили в 1996–2020 годах на агроэкологической трансекте (ВНИИМЗ, Тверская область) – массиве, пересекающем ландшафтные позиции холма, состоящего из десяти полей с индивидуальной историей. Определяли обменную кислотность почв в тридцати точках опробования, регулярно расположенных по каждому полю в 40 м друг от друга. Использованы данные pH_{KCl} за 1996 и 2020 год и показатели закисления, определенные как разница значений обменной кислотности почв в начале и конце наблюдений. Статистическая обработка заключалась в выявлении влияния антропогенных и природных факторов на закисление почв. Установлено, что при экстенсивном земледелии почвы закислились. В 1996–2020 годах средний показатель обменной кислотности снизился на 0,6 (0,023 за год), но для выхода почв из категории слабокислых потребуется еще 10 лет. Существенно уменьшилась пространственная вариабельность pH – из почвенного покрова исчезли сильнокислые и нейтральные почвы. Установлено, что ландшафт определяет 34% пространственной изменчивости закисления почв, антропогенные факторы – 26%. Выделяют четыре группы территорий в агроландшафте, достоверно различающиеся по степени закисления почв, что объясняется неоднородностью рельефа и почвообразующих пород. По разнообразию антропогенной нагрузки определяют пять групп полей, где различия в закислении почв обусловлены их историей. В целом по агроландшафту невозможно выделить антропогенный фактор, достоверно влияющий на степень закисления почв, но на отдельных подурочищах воздействие ощутимо, поэтому необходимо разработать мероприятия по снижению интенсивности этого деградационного фактора. В пределах вершин холмов следует разворачивать плодосменные севообороты и не размещать залежи, сенокосы и выводные поля с козлятником восточным. На средних, нижних частях склонов и в межхолмных депрессиях нежелательно располагать озимые и покровные культуры.

Ключевые слова: агроландшафт, обменная кислотность, закисление почв, история полей, мониторинг, статистический анализ

FEATURES OF THE SOIL ACIDITIFICATION DYNAMICS IN AGRICULTURAL LANDSCAPE

D.A. Ivanov, *Corresponding Member of the RAS, Professor*
 M.V. Rublyuk, *PhD in Agricultural Sciences*
 O.N. Antsiferova, *PhD in Agricultural Sciences*
 FRC “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow, Russia
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. The results of long-term monitoring of the spatial dynamics of soil acidification within the terminal moraine hill are presented. The studies were carried out in 1996–2020 on the agro-ecological transect (VNIIMZ, Tver region) – an array crossing the landscape positions of the hill, consisting of 10 fields with an individual history. The exchangeable acidity of soils was determined at 30 sampling points, regularly located in each field at 40 m from each other. We used pH_{KCl} data for 1996 and 2020 and acidification indicators determined as the difference in the values of soil exchange acidity at the beginning and end of observations. Statistical processing consisted in revealing the influence of anthropogenic and natural factors on soil acidification. It was found that the soils were significantly acidified during extensive farming. In 1996–2020 the average exchangeable acidity decreased by 0.6 (0.023 per year), but the soils did not move out of the slightly acidic category, which will take another 10 years. The spatial variability of pH significantly decreased: strongly acidic and neutral soils disappeared from the soil cover. It has been established that the landscape determines 34% of the spatial variability of soil acidification, and anthropogenic factors determine 26%. There are 4 groups of territories in the agrolandscape, significantly differing in the degree of soil acidification, which is explained by the heterogeneity of the relief and parent rocks. According to the diversity of anthropogenic impact, 5 groups of fields are distinguished, where differences in soil acidification are due to their history. In general, it is impossible to single out an anthropogenic factor in the agrolandscape that significantly affects the degree of soil acidification, however, the impact is noticeable on individual substowlands, which allows developing measures to reduce the intensity of this degradation factor. It is recommended to develop crop rotations within the tops of the hills and not to place fallows, hayfields and hatching fields with eastern goat's rue. On the middle, lower parts of the slopes and in inter-hill depressions, it is not recommended to place winter and cover crops.

Keywords: agricultural landscape, exchangeable acidity, soil acidification, field history, monitoring, statistical analysis

Кислотность – неотъемлемое свойство почвы, зависит от содержания ионов водорода и алюминия в почвенном растворе и поглощающем комплексе.

Обменная кислотность (pH_{KCl}) – показатель необходимости известкования почв. Она обусловлена наличием в поглощающем комплексе ионов водо-

рода, алюминия, железа и марганца, которые могут вытесняться катионами нейтральных солей, входящих, в том числе, в состав удобрений. В слабокислых почвах обменная кислотность незначительная, щелочных — отсутствует, кислых — переходит в актуальную при взаимодействии твердой фазы почвы с водорастворимыми удобрениями, мелиорантами и солями жидкой фазы. Интервал рН 5,5...7,0 соответствует наиболее агрономически благоприятной структуре почвы, высокому качеству гумуса и оптимальному водному режиму, он больше подходит для роста и развития многих растений. [3, 10]

Защелочивание (понижение рН) — деградационный процесс, приводящий к разрушению почвенной структуры, изменению состава поглощенных катионов, снижению качества гумуса и, как следствие, потере почвенного плодородия. При защелочивании почвы осложняется рост культурных растений и подавляются процессы жизнедеятельности микроорганизмов, увеличивается подвижность тяжелых металлов — медь, цинк и бор могут стать для растений токсичными. В естественных геосистемах защелочивание почв обусловлено, прежде всего, изменением климата и сукцессией растительности — при промывном режиме увеличение суммы осадков приводит к интенсификации потерь щелочных и щелочноземельных элементов из поглощающего комплекса, а при непромывном — происходит заболачивание почв, когда, с неполным разложением органического вещества из нее высвобождаются ионы водорода, много органических кислот и большой объем углекислого газа, реагирующего с водой с образованием угольной кислоты. При смене листовых пород хвойными рН почвенного раствора, как правило, понижается. В агроландшафтах дополнительные факторы защелочивания почв — вынос элементов питания растений с урожаем, а также внесение физиологически кислых минеральных и органических удобрений. В России около 25,5 млн га пахотных земель имеют кислотность менее 5,5, на которых урожайность основных культур снижается до 30%, эффективность внесения азотных удобрений падает на 15...60%, фосфорных — 18...70, калийных — 20...60%. [11]

Изучение временной и пространственной динамики защелочивания почв — актуальная задача с теоретических и практических позиций, так как определение ее основных факторов позволяет судить как о направленности и характере почвообразующих процессов, так и о мероприятиях по поддержанию и увеличению плодородия. [1, 4, 18] Этим вопросом занимаются многие исследователи. [16, 17, 21, 22] В работе А.И. Иванова отмечено, что на Северо-Западе России среднегодовое снижение pH_{KCl} у дерново-подзолистых почв составляет 0,029, высокобуферных дерново-карбонатных — 0,015. Темпы защелочивания резко возрастают в интенсивных овощных севооборотах на фоне орошения, что снижает потенциальную продуктивность почвы с 3,7 до 1,8 т/га зерн. ед. [6]

Наиболее действенный прием борьбы с защелочиванием почв — внесение материалов, содержащих карбонат кальция (мергель, доломит, известь, шлаки), известен с древности. [9] Приемы известкования почв продолжают совершенствоваться. [2, 8, 20, 23]

Новейшее направление — ландшафтно-адаптированное известкование, учитывающее действие на процесс защелочивания почв не только исходных почвообразующих факторов и антропогенных причин, но и ландшафтных условий — геохимического статуса подурочищ, влияющего на характер миграции кальция, окислительно-восстановительные процессы, активность микрофлоры и другие особенности природной среды. [13–15, 19] Наиболее важная задача ландшафтной агрохимии, включающей прецизионное известкование почв, состоит в изучении взаимосвязей почвенных, антропогенных и геохимических процессов при формировании пространственно-временной пестроты плодородия, в том числе кислотности, и разработка на основе полученных результатов мероприятий по повышению почвенного плодородия.

Цель работы — изучение процессов защелочивания почв в различных частях конечно-моренной гряды на полях с разным антропогенным воздействием.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен долговременный (1996–2020 годы) мониторинг обменной кислотности пахотных горизонтов почв агрополигона Губино (ВНИИМЗ, Тверская область), расположенного в четырех километрах к востоку от г. Тверь в пределах конечно-моренного холма Московского возраста с относительной высотой 15 м. Холм состоит из двух межхолмных депрессий (северная и южная), двух пологих склонов (северный, крутизной 2...3°, южный — 3...5°) и плоской, слабодренлируемой вершины. Двучленные отложения разной мощности — основные почвообразующие породы на агрополигоне. Его южная часть (депрессия, склон и южная часть вершины) сложена мощными и среднемошными двучленами, образованными горизонтом песчаных и супесчаных флювиогляциальных отложений толщиной от 1 до 1,5 м, подстилаемым легко- и среднесуглинистой закарбонатной карбонатной мореной. В северной части преобладают маломощные двучлены, в которых глубина залегания морены ≈ 0,6 м. В межхолмной депрессии на севере морена местами выходит на поверхность. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв. Почвы на мощных двучленах, как правило, характеризуются более легким песчано-супесчаным гранулометрическим составом, чем в местах с близким к поверхности залеганием морены, где они супесчано-легкосуглинистые. [7]

Ландшафтное картирование агрополигона (урочища конечно-моренной гряды) показало наличие в нем подурочищ нескольких типов: а) транзитивно-аккумулятивные (Т-А) местоположений в межхолмных депрессиях, где, наряду с процессами транзита химических элементов, наблюдается их частичное накопление из грунтовых и намывных вод; б) транзиты (Т) в средних частях склонов с энергичным латеральным перемещением веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком; в) элювиально-транзитные (Э-Т) верхних частей склонов, где на фоне латерального тока веществ происходит их вертикальное перемещение вниз по почвенному профилю; г) элювиально-аккумулятив-

ные (Э-А) природного комплекса плоской вершины, в условиях которого не только интенсивно вымываются питательные вещества из пахотных горизонтов в иллювиальные слои и далее в грунтовые воды, но и локально аккумулируются в микропонижениях.

Каждый микроландшафт обладает индивидуальными чертами. Межхолмные депрессии, несмотря на генетическое сходство, различаются по геологическому устройству почвообразующих пород, гранулометрическому составу почв и близостью к местному базису эрозии. [5] Транзиты на склонах разнятся степенью проявления эрозионных процессов вследствие дифференциации по физическим параметрам почв, крутизне и так далее. Все это определяет особенности закисления почв каждого выдела.

В 1996 году на площади 52 га был проведен уравнительный посев ячменя (*Hordeum*) сорта *Гонор* и выполнен первый тур агрохимического обследования почв по сетке 40×40 м. На участке в 1997 году был проложен физико-географический профиль-трансекта — узкий, длинный севооборотный массив, пересекающий все основные микроландшафтные позиции холма. Вначале трансекта состояла из семи продольных параллельных полос (со временем их количество возросло до десяти), каждая из которых соответствовала культуре плодосменного севооборота. Ширина полосы — 7,2 м, длина — 1300 м. В ее пределах все антропогенные воздействия были одинаковыми и одновременными, вследствие чего пространственная вариабельность урожайности культур в наибольшей степени отражала влияние на нее природных факторов. Удобрения при выращивании растений, кроме подкормки зерновых в фазе кущения (1 ц/га аммиачной селитры, 30 кг д. в. азота), не применяли.

Каждое поле за четверть века, вследствие экономических, организационных, технологических и научно-исследовательских причин приобрело индивидуальные черты по специализации и степени антропогенного воздействия. На основе этого возникла возможность изучить влияние антропогенных и природных условий на динамику закисления почв при экстенсивном выращивании культур.

За время исследований неоднократно определяли обменную кислотность почв в тридцати точках опробования, расположенных по каждому полю на расстоянии 40 м друг от друга. Результаты позволяют судить о динамике закисления почв. В работе использовали данные pH_{KCl} за 1996 и 2020 годы, а также показатели закисления, определенные как разница между значениями обменной кислотности почв в начале и конце наблюдений. Статистическую обработку данных мониторинга осуществляли с помощью пакетов программ Stratigraphic+, и Excel. Степень влияния изучаемых факторов на закисление почв вычисляли на основе метода Н.А. Плехинского делением частной факториальной суммы квадратов на общую. [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За годы наблюдений в режиме экстенсивного земледелия произошло существенное закисление почв агрополигона (1996 год — 5,92, 2020 — 5,32). При расхождении значений в 0,6 единиц pH , раз-

личия достоверны ($НСР_{0,05} = 0,25$). Среднегодовое снижение pH_{KCl} составило 0,023, что согласуется с данными А.И. Иванова. [11] Однако почвы агрополигона могут выйти из разряда слабокислых только через 10 лет (рис. 1, А).

Средние значения pH близки к медианным, что соответствует нормальному распределению данных в начале и конце исследований, но их коэффициенты вариации существенно различаются (1996 год — 10,5, 2020 — 5,7%) и это сказывается на характере гистограмм распределения значений обменной кислотности (рис. 1, Б). В 1996 году значения обменной pH почв агрополигона колебались в широких пределах — от 4,3 до 7,3, наиболее вероятно была кислотность 6,1...6,3 (нейтральные почвы). В 2020 году размах значительно снизился (4,7...6,1), чаще всего встречаются почвы с pH 5,3...5,7 (слабокислые). Анализ гистограмм показывает, что при экстенсивном выращивании культур происходит некоторое уменьшение площадей сильнокислых почв (pH — 4,3...4,5) из-за улучшения аэрации небольших заброшенных заболоченных участков при вовлечении их в севооборот и значительное сокращение территорий со слабокислой и нейтральной реакцией почв вследствие отчуждения кальция с урожаем, активизации процессов выщелачивания почвогрунтов.

Для выяснения влияния характера антропогенного использования земель на кислотность почв необходимо формализовать историю полей в процессе подсчета количества лет эксплуатации конкретного поля в том или ином режиме. Изучение истории полей на трансекте показало, что за четверть века они приобрели индивидуальные черты (табл. 1).

Поля в пределах трансекты различаются по степени и характеру антропогенного воздействия, 1, 9 и 10, включенные в трансекту позднее, испытали

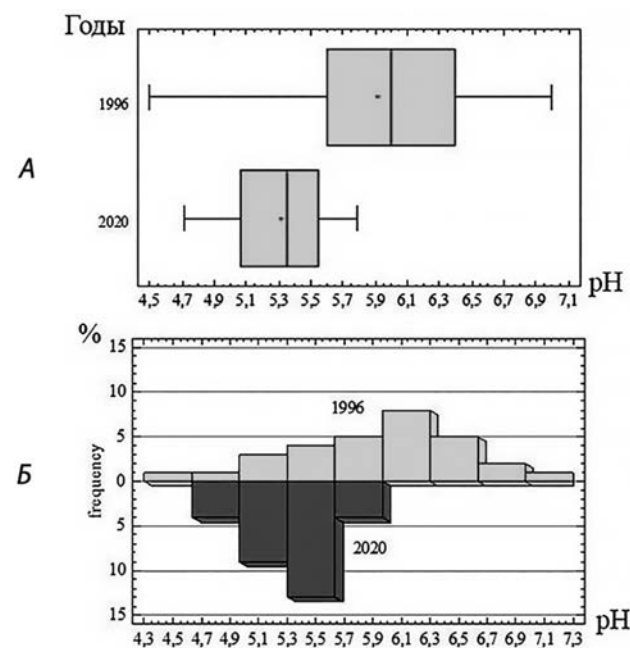


Рис. 1. Результаты долговременного мониторинга обменной кислотности почв агрополигона Губино: А — средние значения; Б — гистограммы распределения значений pH в разные периоды наблюдений.

Таблица 1.

Производственные характеристики полей в пределах трансекты

№ поля	Количество лет под угодьем/культурой													
	пашня	залежь	луг	севооборот*	травы 1 г.п.	травы 2 г.п.	травы 3 г.п.	картофель	озимые	яровые +травы	яровые	лен	промежуточные	однолетние травы
1	3	19	4	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2	15	0	11	26	5	4	2	0	2	5	3	0	3	2
3	17	0	9	26	4	3	2	0	3	4	7	1	2	0
4	15	0	11	26	4	4	3	0	2	5	4	1	1	1
5	15	0	11	26	4	4	3	0	1	4	4	2	1	1
6	16	0	10	26	4	3	3	2	1	4	5	2	2	0
7	17	0	9	26	3	3	3	1	2	3	7	2	1	0
8	14	0	12	26	4	4	4	0	1	4	5	1	2	0
9	9	17	0	9	0	0	0	0	1	0	1	0	4	1
10	7	16	3	10	1	1	1	0	1	2	1	0	3	0

Примечание. *В севооборот включен уравнильный посев 1996 года.

незначительную антропогенную нагрузку, так как меньше находились в состоянии севооборота, чем остальные, зато намного больше под залежью. Существенны различия между полями и по характеру чередования культур. Эти обстоятельства позволяют изучить влияние антропогенных особенностей эксплуатации полей в различных ландшафтных условиях на характер изменения кислотности пахотных горизонтов почв. При агрохимическом мониторинге определили уровни закисления пахотных горизонтов (табл. 2).

Дисперсионный анализ показал, что ландшафтные и антропогенные условия достоверно влияют на динамику закисления почв, при этом природные факторы определяют 34% пространственной вариабельности показателей закисления, а антропогенные только 26%. Исходя из того, что НСР_{0,05} по фактору «Подурочища» равен 0,20, можно определить границы достоверного изменения степени закисления почв, располагающиеся поперек трансекты. В пределах агроландшафта конечно-моренного холма выделяют несколько групп подурочищ по степени закисления почв: I включает депрессию на юге агрополигона, а также нижние и средние части склона южной экспозиции, в которой наблюдается незначительное закисление почв (снижение pH на 0,48), вследствие малого содержания щелочноземельных металлов в их поглощающем комплексе и слабого промывания; II состоит из верхней части южного склона и вершины холма, где, из-за сильного развития элювиальных процессов на легких почвах, происходит интенсивное выщелачивание кальция из пахотных горизонтов (кислотность увеличилась на 0,65); III – подурочище верхней части северного склона, где при близком залегании морены элювиальные процессы выражены слабо, что приводит к незначительной трансформации кислотных свойств почв (pH снизилась на 0,37); IV занимает средние и нижние части склона северной экспозиции, а также депрессию на севере полигона, где в условиях близко залегающей морены и часто переувлажнения почв происходит активизация анаэробных процессов, подкисляющих почвенный раствор и мобилизующих кальций и магний, которые выносятся за пределы геокомплекса латераль-

ным током веществ (разница на начало и конец наблюдений – 0,78).

Вдоль трансекты также возможно провести границы, отделяющие поля, достоверно различающиеся по степени закисления почв. НСР_{0,05} по фактору «Поля» равен 0,22, поэтому все поля на трансекте можно объединить в пять групп: I – поле 1, долгое время находившееся под залежью (Козлятник восточный *Galega orientalis* Lam.), pH_{KCL} почв за время наблюдений снизилась на 0,59, вследствие усиления промывания почвенной толщи из-за разрушения морены корнями козлятника; II – объединяет поля 2...6, эксплуатирующиеся, в основном, в режиме плодосменных севооборотов. В пределах группы, хотя и наблюдаются достоверные различия в степени закисления (поля 2, 5, 6), границы провести нельзя, так как соседние поля достоверно по этому показателю друг от друга не отличаются. Степень закисления – 0,59. Видимо, ее флуктуации в этой группе объясняются не только антропогенными причинами, но и некоторыми различиями природ-

Таблица 2.

Пространственная динамика закисления почв (единицы pH) в различных природных и антропогенных условиях за годы исследований

№ поля	Подурочище*							Среднее	Группа
	Т-Аю	Тю	Э-Тю	Э-А	Э-Тс	Тс	Т-Ас		
1	0,25	0,4	0,82	0,84	0,38	0,76	0,7	0,59	I
2	0,67	0,79	1,09	0,85	0,42	0,98	0,89	0,81	
3	0,54	0,59	0,84	0,25	0,29	1	1,03	0,65	
4	0,55	0,7	0,83	0,36	0,27	0,76	0,89	0,62	II
5	0,28	0,36	0,44	0,2	0,27	0,59	0,86	0,43	
6	0,45	0,41	0,45	0,33	0,25	0,49	0,57	0,42	
7	0,57	0,8	0,97	0,35	0,32	0,86	0,98	0,69	
8	0,53	0,33	0,82	0,91	0,54	0,62	0,8	0,65	III
9	0,28	0,23	0,18	0,77	0,38	0,35	0,55	0,39	IV
10	0,56	0,32	0,54	1,11	0,53	0,72	0,91	0,67	V
Среднее	0,47	0,49	0,7	0,6	0,37	0,71	0,82	0,59	
Группа	I		II		III		IV		

Примечание. *Малыми буквами обозначена экспозиция склона. То же в табл. 3.

ных факторов на микроуровне. Группа III включает поля 7 и 8, в которых относительно велика доля яровых. Она характеризуется высокой степенью закисления – 0,67, IV – поле 9, в пределах которого долгое время произрастала пятикомпонентная злакобобовая травосмесь, один из компонентов которой – люцерна синегибридная (*Medicago sativa* L.), способная благодаря наличию мощной корневой системы «перекачивать» кальций из морены в пахотный горизонт. Поле в наименьшей степени подверглось закислению (0,39). Группа V включает поле 10, большую часть времени находящееся под сенокосом (разнотравье) и за период исследований потерявшее значительное количество карбонатов (0,67). Влияние особенностей полей на характер закисления почв по всему агроландшафту и подурочища определяли с помощью корреляционного анализа (табл. 3).

По агроландшафту конечно-моренного холма не обнаружено достоверной связи степени закисления почв с историей полей, но в пределах отдельных подурочищ заметно влияние антропогенных особенностей угодий на проявление этого деградационного процесса. На вершине холма частая отвальная вспашка, вследствие оборота пласта и создания плужной подошвы, уменьшает вынос кальция в глубокие горизонты почв и задерживает его элювиальное промывание. Посевы яровых и льна в этом геокмлексе также замедляют подкисление почв. Залежи способствуют закислению почв, так как под ними, при отсутствии вспашки, не происходит возврат кальция из нижних слоев пахотных горизонтов на поверхность, а также разрушается плужная подошва корнями трав, что усиливает элювиальные процессы.

Посев озимой ржи в депрессиях и средних частях склонов приводит к ускоренному подкислению почв из-за замедления поверхностного тока талых и дождевых вод, почвы переувлажняются и в них активизируются анаэробные процессы. Такое же действие в пределах депрессии на юге оказывают посевы покровных культур.

Выводы. Результаты долговременного мониторинга показали, что в режиме экстенсивного земледелия произошло существенное закисление почв агрополигона. С 1996 по 2020 год средний показатель обменной кислотности снизился на 0,6 (0,023 за год), но, чтобы почвы вышли из категории слабокислых потребуется еще 10 лет. За годы исследований значительно уменьшилась пространственная вариабельность показателей pH – из почвенного покрова исчезли как сильнокислые, так и нейтральные почвы.

С помощью дисперсионного анализа установили, что влияние ландшафтной среды определяет 34% пространственной изменчивости показателей закисления почв, а антропогенные факторы только 26%. Выделяют четыре группы территорий в пределах агроландшафта, достоверно различающихся по степени закисления почв, что объясняется неоднородностью рельефа и почвообразующих пород. По антропогенному воздействию поля поделены на пять групп, в которых различия в степени закисления почв могут быть связаны с их историей.

Таблица 3.
Результаты корреляционного анализа влияния истории полей на закисление почв в различных ландшафтных условиях

Угодье/культура	Подурочище							Агроландшафт
	Т-Аю	Тю	Э-Тю	Э-А	Э-Тс	Тс	Т-Ас	
	Коэффициент корреляции*							
Пашня	0,51	0,57	0,32	-0,7	-0,48	0,28	0,4	0,17
Залежь	-0,53	-0,57	-0,42	0,63	0,39	-0,32	-0,43	-0,25
Луг	0,48	0,52	0,54	-0,48	-0,26	0,37	0,42	0,32
Севооборот	0,56	0,54	0,36	-0,61	-0,36	0,28	0,43	0,22
Травы 1 г.п.	0,55	0,57	0,53	-0,48	-0,3	0,44	0,42	0,36
Травы 2 г.п.	0,55	0,52	0,45	-0,48	-0,23	0,33	0,47	0,32
Травы 3 г.п.	0,46	0,33	0,31	-0,46	-0,17	0,11	0,34	0,16
Картофель	0,08	0,11	-0,13	-0,39	-0,43	-0,24	-0,34	-0,34
Озимые	0,68	0,69	0,45	-0,47	-0,31	0,62	0,68	0,51
Яровые +травы	0,63	0,59	0,53	-0,43	-0,26	0,46	0,5	0,42
Яровые	0,47	0,51	0,36	-0,69	-0,41	0,34	0,49	0,22
Лен	0,01	0,2	-0,04	-0,8	-0,61	-0,1	0,14	-0,26
Промежуточные	0,22	-0,27	-0,39	0,42	0,39	-0,28	-0,24	-0,1
Однолетние травы	0,12	0,3	0,08	0,02	-0,09	0,07	-0,01	0,09

Примечание. *Достоверны коэффициенты $\geq 0,62$.

Проведя корреляционный анализ, определили, что в целом по агроландшафту моренного холма невозможно выделить антропогенный фактор, достоверно влияющий на степень закисления почв, но на отдельных подурочищах это воздействие ощутимо, что вызывает необходимость в разработке мероприятий по снижению интенсивности этого деградационного фактора. Рекомендуем в пределах плоских, слабодренлируемых вершин холмов разворачивать плодосменные севообороты и не допускать размещения залежей, сенокосов и выводных полей с козлятником восточным. На средних и нижних частях склонов, а также в межхолмных депрессиях нежелательно располагать посевы озимых и покровных культур.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барановский И.Н., Ковалев Н.Г., Иванов Д.А., Рублюк М.В. Баланс элементов питания в разных фациях конечно-моренного холма при выращивании картофеля // *Агрохимия*. 2006. № 4 С. 51–56.
2. Булатова Н.В., Регорчук Н.В. Плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность многолетних трав при длительном применении минеральных удобрений на фоне известкования // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 5. С. 28–32. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.60.5.28-33>
3. Вильдфлуш И.Р., Лапа В.В., Мишура О.И. *Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии: учебно-методическое пособие*. Горки: БГСХА, 2019. 405 с.
4. Гогмачадзе Г.Д., Гогмачадзе Л.Г. О некоторых результатах агроэкологического мониторинга почв и земельных ресурсов Российской Федерации в 2019 году // *АгроЭкоИнфо*. 2021. 4 (46) – 17. DOI: 10.51419/20214410.
5. Иванов Д.А., Абрамов В.А. Динамика уровня почвенно-грунтовых вод в пределах агроландшафта // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2014. № 4. С. 7–9.

6. Иванов А.И., Конашенков А.А., Воробьев В.А. и др. Актуальные вопросы известкования кислых почв Нечерноземья // *Агрохимический вестник*. 2019. № 6. С. 3–9. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10081.
7. Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Петрова Л.И. и др. Создание ландшафтного полигона нового поколения // *Земледелие*. 1999. № 6. С. 15–16.
8. Известкование кислых почв в России: проблемы и актуальные подходы. Главагроном. – 2019. [Электронный ресурс]. <https://glavagronom.ru/articles/Izvestkovaniekisllyh-pochv-v-Rossii-problemy-i-aktualnye-podhody>
9. Литвинович А.В. История известкования почв // *Агрофизика*. 2014. № 2. С. 45–51.
10. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия. Учебник. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
11. Новое решение проблемы кислотности почв // *Сельскохозяйственные вести*. 2021. № 2. С. 50–52. <https://agri-news.ru/zhurnal/2021/22021/novoe-reshenie-problemyi-kislotnosti-pochv/>
12. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: МГУ, 1970. 367 с.
13. Сиротина Е.А., Сорокин И.Б. Влияние разных доз извести на агрохимические показатели серой оподзоленной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // *Агрохимический вестник*. 2019. № 4. С. 19–23. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10052.
14. Смирнов А.А., Иванов Д.А., Анциферова О.Н. и др. Планирование и проведение полевых опытов при разработке ландшафтно-мелиоративных систем земледелия (Методические рекомендации). Тверь: ЧуДо, 2005. 40 с.
15. Сорокин И.Б., Сиротина Е.А. Известкование – один из факторов повышения плодородия почв Томской области // *Агрохимический вестник*. 2019. № 1. С. 7–10. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10002.
16. Суханов П.А., Комаров А.А. Динамика агроресурсного потенциала в хозяйствах Ленинградской области // *Агрохимический вестник*. 2013. № 5. С. 6–7.
17. Сычев В.Г., Лунев М.И., Павлихина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // *Плодородие*. 2012. № 4. С. 5–7.
18. Тенденции и динамика состояния и загрязнения природной среды Российской Федерации. М.: Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля, 2008–2021. [Электронный ресурс]. <http://dynamic.igce.ru/soil/2019>
19. Филиппова Т.Е., Иванов Д.А. Методика оценки агрохимических показателей плодородия почвы в условиях агроландшафтного стационара / Совершенствование методики проведения длительных полевых опытов и математические методы обработки экспериментальных данных. М: Агроконсалт, 2003. 276 с. (217–238). <https://elibrary.ru/item.asp?id=21277793>
20. Чеботарёв Н. Т., Броварова О. В. Эффективность минеральных удобрений и извести при возделывании многолетних трав на дерново-подзолистой почве Республики Коми // *Кормопроизводство*. 2022. № 2. С. 29–33. 10.25685/KRM.2022.2.2022.003
21. Чекмарев П.А., Купреев Е.М., Ермаков А.А. К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 31. № 7. С. 14–19.
22. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально Черноземных областей России // *Агрохимия*. 2013. № 4. С. 11–22.
23. Якушев В.П., Осипов А.И., Миннулин Р.М., Воскресенский С.В. К вопросу об известковании кислых почв в России // *Агрофизика*. 2013. № 2. С. 18–22.

REFERENCES

1. Baranovskij I.N., Kovalev N.G., Ivanov D.A., Rublyuk M.V. Balans elementov pitaniya v raznyh faciyah konechno-morennogo holma pri vyrashchivanii kartofelya // *Agrohimiya*. 2006. № 4 S. 51–56.
2. Bulatova N.V., Regorchuk N.V. Plodorodie derno-vo-podzolistoj pochvy i urozhajnost' mnogoletnih trav pri dlitel'nom primenenii mineral'nyh udobrenij na fone izvestkovaniya // *Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017. № 5. S. 28–32. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.60.5.28-33>
3. Vil'dflush I.R., Lapa V.V., Mishura O.I. Agrohimiya. Udobreniya i ih primenenie v sovremennom zemledelii: uchebno-metodicheskoe posobie. Gorki: BGSKHA, 2019. 405 s.
4. Gogmachadze G.D., Gogmachadze L.G. O nekotoryh rezul'tatah agroekologicheskogo monitoringa pochv i zemel'nyh resursov Rossijskoj Federacii v 2019 godu // *AgroEkoInfo*. 2021. 4 (46) – 17. DOI: 10.51419/20214410.
5. Ivanov D.A., Abramov V.A. Dinamika urovnya pochvenno-gruntovyh vod v predelakh agrolandshafta // *Melioraciya i vodnoe hozyajstvo*. 2014. № 4. S. 7–9.
6. Ivanov A.I., Konashenkov A.A., Vorob'ev V.A. i dr. Aktual'nye voprosy izvestkovaniya kisllyh pochv Nечернозем'ya // *Agrohimicheskij vestnik*. 2019. № 6. S. 3–9. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10081.
7. Ivanov D.A., Korneeva E.M., Petrova L.I. I dr. Sozdanie landshaftnogo poligona novogo pokoleniya // *Zemledelie*. 1999. № 6. S. 15–16.
8. Izvestkovanie kisllyh pochv v Rossii: problemy i aktual'nye podhody. Glavagronom. – 2019. [Elektronnyj resurs]. <https://glavagronom.ru/articles/Izvestkovaniekisllyh-pochv-v-Rossii-problemy-i-aktualnye-podhody>
9. Litvinovich A.V. Istoriya izvestkovaniya pochv // *Agrofizika*. 2014. № 2. S. 45–51.
10. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzиков G.P. i dr. Agrohimiya. Uchebnik. M.: Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 s.
11. Novoe reshenie problemy kislotnosti pochv // *Sel'skohozyajstvennye vesti*. 2021. № 2. S. 50–52. <https://agri-news.ru/zhurnal/2021/22021/novoe-reshenie-problemyi-kislotnosti-pochv/>
12. Plohinskij N.A. Biometriya. M.: MGU, 1970. 367 s.
13. Sirotnina E.A., Sorokin I.B. Vliyanie raznyh doz izvesti na agrohimicheskie pokazateli seroj opodzolennoj pochvy i urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur // *Agrohimicheskij vestnik*. 2019. № 4. S. 19–23. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10052
14. Smirnov A.A., Ivanov D.A., Anciferova O.N. I dr. Planirovanie i provedenie polevyh opytov pri razrabotke landshaftno-meliorativnyh sistem zemledeliya (Metodicheskie rekomendacii). Tver': ChuDo, 2005. 40 s.
15. Sorokin I.B., Sirotnina E.A. Izvestkovanie – odin iz faktorov povysheniya plodorodiya pochv Tomskoj oblasti // *Agrohimicheskij vestnik*. 2019. № 1. S. 7–10. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10002.
16. Suhanov P.A., Komarov A.A. Dinamika agroresursnogo potenciala v hozyajstvah Leningradskoj oblasti // *Agrohimicheskij vestnik*. 2013. № 5. S. 6–7.
17. Sychev V.G., Lunev M.I., Pavliхина A.V. Sovremennoe sostoyanie i dinamika plodorodiya pahotnyh pochv Rossii // *Plodorodie*. 2012. № 4. S. 5–7.

18. Tendencii i dinamika sostoyaniya i zagryazneniya prirodnoj sredy Rossijskoj Federacii. M.: Institut global'nogo klimata i ekologii imeni akademika Yu.A. Izraelya, 2008–2021. [Elektronnyj resurs]. <http://dynamic.igce.ru/soil/2019>
19. Filippova T.E., Ivanov D.A. Metodika ocenki agrohimiicheskikh pokazatelej plodorodiya pochvy v usloviyah agrolandshaftnogo stacionara / Sovershenstvovanie metodiki provedeniya dlitel'nyh polevyh opytov i matematicheskie metody obrabotki eksperimental'nyh dannyh. M: Agrokon-salt, 2003. 276 s. (217–238). <https://elibrary.ru/item.asp?id=21277793>
20. Chebotaryov N.T., Brovarova O.V. Effektivnost' mineral'nyh udobrenij i izvesti pri vozdelevanii mnogoletnih trav na dernovo-podzolistoj pochve Respubliki Komi // Kormoproizvodstvo. 2022. № 2. S. 29–33. 10.25685/KRM.2022.2.2022.003.
21. Chekmarev P.A., Kupreev E.M., Ermakov A.A. K probleme kislotnosti pochv Nechernozemnoj zony Rossijskoj Federacii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. T. 31. № 7. S. 14–19.
22. Chekmaryov P.A., Lukin S.V. Monitoring plodorodiya pahotnyh pochv Central'no Chernozemnyh oblastej Rossii // Agrohimiya. 2013. № 4. S. 11–22.
23. Yakushev V.P., Osipov A.I., Minnulin R.M., Voskresenskij S.V. K voprosu ob izvestkovanii kislyh pochv v Rossii // Agrofizika. 2013. № 2. S. 18–22.

Поступила в редакцию 14.04.2023

Принята к публикации 28.04.2023

**ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ВЕТЕРИНАРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА***

Ксения Александровна Котегова^{1,2}, аспирант
Алексей Дмитриевич Забережный¹, член-корреспондент РАН, профессор
Лариса Анатольевна Неминущая¹, доктор биологических наук
Татьяна Анатольевна Скотникова¹, доктор биологических наук
Владимир Иванович Еремец¹, доктор биологических наук, профессор
Евгения Владимировна Маркова¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Светлана Анатольевна Гринь¹, член-корреспондент РАН, профессор
Вера Михайловна Попова¹, доктор биологических наук

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической промышленности»,
 Московская обл., Россия

²Федеральное казенное предприятие «Шелковский биокомбинат», Московская обл., Россия
 E-mail: kotegovaka@biocombinat.ru

Аннотация. Согласно действующим правилам надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза, принципы управления рисками для качества производимой продукции необходимо применять ко всем аспектам производства и использования лекарственных средств медицинского и ветеринарного назначения. Рекомендованный регуляторными органами метод управления рисками для качества – карты Шухарта. Контрольные карты, предложенные в 1924 году У. Шухартом, – графический инструмент применения статистических принципов для управления процессами. Контрольные карты используют для сбора данных в ходе непрерывной регистрации характеристик качества производимой продукции. В результате постоянного анализа информации они помогают выявить необычные вариации данных и принять предупреждающие меры для их устранения и повышения стабильности процесса. Использование карт Шухарта ведет к более подробному пониманию процесса и способствует обнаружению способов для улучшений. Цель работы – оценка стабильности производства иммунобиологических лекарственных средств для ветеринарного применения с помощью контрольных карт Шухарта. В качестве модельного объекта рассмотрен иммунобиологический препарат Оралрабивак, производимый на ФКП «Шелковский биокомбинат». В работе использованы контрольные карты индивидуальных значений (X-карта), скользящих размахов (Rm-карта) и карты средних значений (X̄-карта), выборочных стандартных отклонений (s-карта). Оценка стабильности производства препарата Оралрабивак с помощью контрольных карт Шухарта продемонстрировала, что в течение двух циклов производства (2021 и 2022 годы) технологический процесс находился в состоянии статистической управляемости. Для его улучшения и обеспечения качества готовой продукции специалистами предприятия предприняты превентивные меры. Методология контрольных карт позволила визуализировать и детально изучить новый для предприятия производственный процесс для более глубокого понимания его особенностей и дальнейшего улучшения.

Ключевые слова: иммунобиологические лекарственные средства, производство ветеринарных препаратов, карты Шухарта

**STABILITY ASSESSMENT
OF IMMUNOBIOLOGICAL MEDICINAL PRODUCTS MANUFACTURING
FOR VETERINARY USE WITH SHEWHART CONTROL CHARTS**

К.А. Kotegovaya^{1,2}, PhD Student
A.D. Zaberezhniy¹, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor
L.A. Neminushchaya¹, Grand PhD in Biological Sciences
T.A. Skotnikova¹, Grand PhD in Biological Sciences
V.I. Eremets¹, Grand PhD in Biological Sciences, Professor
E.V. Markova¹, Grand PhD in Agricultural Sciences
S.A. Grin¹, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor
V.M. Popova¹, Grand PhD in Biological Sciences

¹All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Biological Industry, Moscow Region, Russia

²FKP “Shchelkovsky Biological Plant”, Moscow Region, Russia

E-mail: kotegovaka@biocombinat.ru

Abstract. According to the current Rules of Good Manufacturing Practice of the Eurasian Economic Union, the principles of risk management for product quality must be applied to all aspects of the production and use of medicines for medical and veterinary purposes.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИТИБП» на проведение НИР по направлению фундаментальных и поисковых научных исследований 4.3.1 – Ветеринария, тема № FGGS-2022-0004 (раздел 3) / The work was carried out within the framework of the state task of the VNITIBP Federal State Budgetary Institution for conducting research in the direction of fundamental and exploratory scientific research 4.3.1 – Veterinary Medicine, topic No. FGGS-2022-0004 (section 3).

The recommended quality risk management method used by regulators is the Shewhart Chart. Control charts, proposed in 1924 by W. Shewhart, are a graphical tool for applying statistical principles to process control. Statistical process control is a methodology for establishing and maintaining production at an acceptable and stable level, providing the required product quality. Control charts are used to collect data during the continuous recording of the characteristics of the quality of manufactured products. As a result of continuous analysis of information, control charts help to identify unusual patterns of data variation and take preventive measures to eliminate them and increase process stability. The use of Shewhart maps leads to a more detailed understanding of the process and helps to discover ways for valuable improvements. The purpose of the work is to assess the stability of the production of immunobiological medicinal products for veterinary use using Shewhart's control charts. The immunobiological drug "Oralrabivak" produced at the Schelkovo Biokombinat FKP was used as a model object. We used control charts of individual values (X-chart) and moving ranges (Rm-chart) and maps of mean values (\bar{X} -chart) and sample standard deviations (s-chart). The assessment of the stability of the production of Oralrabivak using Shewhart's control charts showed that during two production cycles (2021 and 2022) the technological process was in a state of statistical controllability. To improve the process and ensure the quality of the finished product, the specialists of the enterprise have taken preventive measures. The methodology of control charts made it possible to visualize and study in detail a new production process for the enterprise for a deeper understanding of its features by the specialists of the enterprise and further improvement.

Keywords: immunobiological medicinal products, production of veterinary drugs, Shewhart charts

Бешенство — одна из вакциноконтролируемых вирусных инфекций, по которой ситуация в мире остается напряженной. [11, 14, 15] Наличие и распространение этого вируса в дикой фауне представляет мировую проблему, актуальную для эпидемиологии, эпизоотологии и экологии. [12] Важный этап в борьбе с бешенством — оральная вакцинация диких и безнадзорных домашних плотоядных животных с использованием приманок. [5]

В 2021 году на ФКП «Щелковский биокombинат» введен в эксплуатацию новый производственный участок для промышленного выпуска вакцины Оралрабивак, предназначенной для профилактики бешенства у диких плотоядных животных (лисица, енотовидная собака, волк, барсук, енот). Вакцина изготовлена на основе культурального живого аттенуированного вируса бешенства (штамм РВ-97), полученного на культуре клеток ВНК-21. Вирус расфасован в стик-пакеты из ПВХ-пленки, которые находятся внутри брикета-приманки. Приманка включает продукты, съедобные для плотоядных животных, с добавлением 0,6% тетрациклина гидрохлорида на один брикет в качестве маркера ее поедаемости.

В рамках действия региональных программ ликвидации бешенства лесных животных вакцину поставляли в 18 регионов страны: Москва, Брянская, Кемеровская, Курская, Липецкая, Тверская, Тульская, Рязанская, Иркутская, Новосибирская, Омская, Челябинская, Еврейская автономная область, Республика Алтай, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Забайкальский край, Красноярский край, Республика Саха (Якутия), Республика Тыва.

Систематическое применение оральной вакцинации с использованием малой авиации из расчета 20...30 брикетов/км² позволяет в течение шести лет перевести территорию в разряд благополучных. [10] При этом вакцина должна соответствовать самым высоким стандартам качества и безопасности, за которые несет ответственность предприятие-производитель, согласно Правилам надлежащей производственной практики Евразийского экономического союза «производитель должен производить лекарственные средства так, чтобы гарантировать их соответствие своему назначению, требованиям регистрационного досье или протоколу клинического исследования и исключить риск, связанный с не-

удовлетворительными безопасностью, качеством, эффективностью».

Надежную стратегию контроля, позволяющую избежать производства несоответствующей продукции, предложил У. Шухарт. [8, 9] Она предполагает сбор данных, их анализ и, при необходимости, проведение мероприятий по улучшению процесса. Один из основных инструментов сбора и анализа информации о процессе — контрольные карты, предложенные в 1924 году У. Шухартом, как графический инструмент применения статистических принципов для управления процессами. Это методология установления и поддержания процесса на приемлемом и стабильном уровне, обеспечивающем требуемое качество продукции. Контрольные карты применяют для сбора данных в ходе непрерывной регистрации характеристик качества производимой продукции. Карты Шухарта помогают понять процесс и обнаружить способы для ценных улучшений. Их используют в различных отраслях промышленности и деятельности. [1, 4, 9] Накоплен опыт работы с контрольными картами в фармацевтической промышленности, производящей медицинские лекарственные средства. [2, 3, 6–8] В России эта методология недостаточно широко апробирована и внедрена для выпуска ветеринарных препаратов.

Цель работы — оценка стабильности производства иммунобиологических лекарственных средств (ИБЛС) для ветеринарного применения с помощью контрольных карт Шухарта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве модельного объекта взят иммунобиологический препарат Оралрабивак, производимый на ФКП «Щелковский биокombинат» (Московская область).

Карты Шухарта построены на основе данных протоколов поэтапного контроля предприятия. Критические показатели качества, которые обеспечивают необходимую эффективность ИБЛС при вакцинации животных, — «Инфекционная активность» и «Извлекаемый объем». Инфекционную активность оценивали согласно стандарту организации на ИБЛС (СТО 00482915-0009-2015. «Вирус-вакцина для оральной иммунизации диких плотоядных животных против бешенства Оралрабивак»), извлекаемый объем — в соответствии с общей фар-

макопейной статьёй (ОФС.1.4.2.0002.18. Извлекаемый объем). Исследования проведены в соответствии с действующими государственными стандартами (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015. Управление процессами. Часть 2. Оценка пригодности и воспроизводимости процесса на основе модели его изменчивости во времени).

Карты для количественных данных описывают состояние процесса с помощью показателей разброса и положения среднего процесса, поэтому их применяют и анализируют парами: карта положения (стабильность) и изменчивости (однородность) процесса. Построение карты осуществляется посредством нанесения на график по оси ординат значений данных, абсцисс – номера подгруппы (серия продукции). На карте отмечают контрольные границы – центральная линия (CL), верхняя (UCL или UNPL) и нижняя (LCL или LNPL). Они могут быть заданы в соответствии с требованиями к положению центра и вариации процесса, определяются по стандартизованным значениям в регламентирующей документации предприятия (спецификация, СТО, ОФС), целевым значениям или оценкам параметров, полученным на основе данных за длительный период времени, когда процесс находился в статистически управляемом состоянии и представляют собой пределы допуска (UCL и LCL). Контрольные границы могут быть не заданы, тогда они устанавливаются по данным самого процесса, отраженным на контрольной карте в виде естественных пределов (UNPL и LNPL).

Показатель «Инфекционная активность» определяют как индивидуальное значение для каждой серии вакцины (проба из трех стик-пакетов объединяется в одну), поэтому для оценки управляемости процесса использованы контрольные карты индивидуальных значений (X-карта) и скользящих размахов (Rm-карта), где X-карта находит расположение среднего значения процесса и его стабильность, Rm-карта отражает однородность.

Показатель «Извлекаемый объем» устанавливают на основе нескольких репрезентативных выборок по десять стик-пакетов при фасовке вакцины, включая начало, середину и окончание. Управляемость процесса на основе объема выборки данных оценивали с помощью карт средних значений (\bar{X} -карта) и выборочных стандартных отклонений (s-карта), где \bar{X} -карта определяет расположение среднего значения процесса и его стабильность, s-карта отражает однородность.

Сначала анализируют карту изменчивости процесса, так как она обеспечивает обоснование оценки стандартного его отклонения. Полученная оценка может быть использована при установлении контрольных границ карты положения.

Процесс считают стабильным и предсказуемым, если точки на контрольных картах расположены вокруг центральной линии случайным образом и находятся внутри контрольных границ. Такое состояние позволяет сделать достоверный прогноз будущих вариаций значений по общему тренду показателя. Изменчивость статистически управляемого процесса обусловлена случайными,

постоянно присутствующими естественными причинами (температура, влажность, колебания электрического и магнитного полей, вибрация). Каждая из них формирует незначительную долю общей изменчивости, но их совокупность измерима. Для исключения или уменьшения случайных причин всегда требуются фундаментальное изменение процесса или системы и управленческие решения по выделению ресурсов.

Процесс становится статистически неуправляемым, если точки выходят за пределы контрольных границ или выстраиваются в необычные структуры вариаций данных (циклы, тренды). Для объяснения типовых структур на картах средних и индивидуальных значений существует набор критериев (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015): а) 1 (одна точка вне зоны $\pm 3\delta$) указывает на присутствие особой причины; б) 2 (семь или более последовательных точек расположены по одну сторону от центральной линии) – среднее или изменчивость процесса сместилось от центральной линии; в) 3 (тренд – семь последовательно возрастающих или убывающих точек) – наличие систематического линейного тренда процесса; д) 4 – присутствие неслучайного или циклического участка изменчивости процесса.

Вариабельность процесса становится малопредсказуемой, если он нестабилен, и на него действуют неслучайные причины изменчивости (неоднородность сырья и материала, поломка инструмента, неправильная работа оборудования, необученный персонал, изменение производственных условий). Это может привести к выходу показателей за нормативные значения и потере качества продукции. Каждое выявленное с помощью карт несоответствие (информация о воздействии на процесс неслучайной причины) расследуют для поиска наиболее вероятной первопричины. Затем разрабатывают план корректирующих мероприятий для устранения и предупреждения повторения данной неслучайной причины несоответствия, при этом воздействовать на «особые» причины возможно, не изменяя сам процесс. Своевременное обнаружение несоответствий позволяет не только выявлять отклонения, но и поддерживать процесс в стабильном состоянии, таким образом, обеспечивать повторяемость его результатов.

Оценка распределения, как и статистическая обработка данных, проведена в программе Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно стандарту (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015) рекомендуется применять не менее 25 подгрупп для обеспечения достоверных оценок изменчивости процесса (\bar{S} или \bar{R}_m) и, следовательно, контрольных границ. В связи с тем, что процесс производства новый, мы использовали данные первых 14 промышленных серий (2021 и 2022 годы).

В стандарте (ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015) предполагается нормальное распределение значений анализируемого показателя, коэффициенты вычисления контрольных границ выведены для нормального распределения характеристик, небольшие их отклонения не должны быть препятствием в ис-

пользовании таких карт, как эмпирической процедуры принятия решений.

В случае нормального распределения изучаемого показателя качества и при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии, контрольные границы, определенные как $\pm 3\sigma$, указывают на то, что около 99,7% значений попадут в эти пределы. При этом существует риск (0,3%), что нанесенная точка окажется вне контрольных границ, когда процесс стабилен. Такое событие (три на тысячу случаев) – маловероятно. Но У. Шухарт выбрал число три для определения контрольных границ и в случае других видов распределения данных, отличных от нормального, поскольку при числе три вероятности близки к единице. [13] Поэтому для карт размахов и стандартных отклонений также определяют границы на расстоянии $\pm 3\sigma$ вместо точных вероятностных пределов, при этом расчеты приближительны.

Таким образом, когда наносимое на карту значение выходит за любую из контрольных границ или значения образуют необычные структуры, состояние статистической управляемости (стабильность) процесса подвергается сомнению, и он снова будет готов к продолжению изготовления годной продукции, при условии восстановления стабильности, исключив неслучайные (специальные, особые) причины. У. Шухарт подчеркивал, что контрольные карты – это инструмент, предназначенный для практического использования и определения отклонений процесса от состояния статистической управляемости, поэтому углубляться в вероятностную интерпретацию карт не следует. [13]

Получены эмпирические доказательства того, что контрольные карты Шухарта применимы для анализа разных технологических процессов, в том числе и тех, в которых нормальность распределения показателя не подтверждается. [3, 4, 9]

Все вышеприведенные аргументы позволили использовать карты Шухарта для оценки нового производственного процесса с дальнейшим пополнением данных в режиме реального производства при непрерывной верификации.

Для определения границ X- и \bar{X} -карт применяли нормативные значения из внутренних спецификаций для данных показателей качества (дополнительные требования к готовой продукции): «Инфекционная активность» – $10^6 \dots 10^{10}$ МЛД50/см³ и «Извлекаемый объем» – 2,0...2,12 см³. При этом контрольные границы 3σ приняты как «уровень действий», а 2σ – «уровень тревоги». Поскольку контрольные границы заданы, то такие карты при анализе позволяют определить, отличаются ли наблюдаемые значения от соответствующих нормативных больше, чем можно ожидать при действии только случайных причин.

Анализ Rm- и X-карт, построенных по значениям показателя «Инфекционная активность», не выявил необычных структур, сигнализирующих о действии особых причин, приводящих к нарушению стабильности технологического процесса (рис. 1, 4-я стр. обл.).

Вычисленные для процесса естественные пределы $10^{3,5} \dots 10^{10}$ МЛД50/см³ оказались шире поля допу-

ска $10^6 \dots 10^{10}$ МЛД50/см³. Это сигнализирует о том, что процессу не хватает «жизненного пространства». Если один или оба естественных предела выходят за границы допуска, то считается, что процесс находится в пороговом состоянии: он управляем, однако гарантировать, что и дальше вся продукция будет годной, невозможно. Такой процесс стабилен, но невоспроизводим. В этом случае, необходимо или снижать внутреннюю вариацию процесса, обусловленную случайными причинами, изменяя критические параметры, или расширять границы допуска, изменяя значения показателей качества продукции. Решение, которое принято специалистами предприятия, исходило из сравнения данных инфекционной активности промежуточной (на стадии культивирования вируса) и готовой продукции и состояло в ужесточении показателя качества для промежуточной продукции. Эффективность принятых мер требуется проверить при дальнейшем сборе данных, чтобы добиться воспроизводимости процесса.

Анализ s- и \bar{X} -карт, построенных по средним значениям подгрупп показателя «Извлекаемый объем», не выявил необычных структур, сигнализирующих о действии особых причин, приводящих к нарушению стабильности технологического процесса (рис. 2, 4-я стр. обл.).

Вычисленные естественные пределы и пределы допуска совпали: UNPL = UCL = 2,12 см³ и LNPL = LCL = 2,00 см³. Это значит, что процесс протекает идеально (стабилен, воспроизводим) и в дальнейшем необходимо поддерживать такое же его состояние.

На основании успешно проведенных исследований в ходе непрерывной верификации процесса производства нами установлено, что на ФКП «Щелковский биокомбинат» можно производить вакцину Оралрабивак с надлежащим качеством продукции.

Выводы. Проведенная оценка стабильности производства ИБЛС Оралрабивак с помощью контрольных карт Шухарта показала, что в течение двух циклов производства (2021 и 2022 годы) технологический процесс находился в состоянии статистической управляемости. Для улучшения процесса и обеспечения качества готовой продукции специалистами предприняты превентивные меры.

Как показал наш опыт, контрольные карты в режиме реального времени помогают выявить отклонения в технологическом процессе и с помощью своевременных мер можно предотвратить их накопление и воздействие на качество готовой продукции. Организованный мониторинг в ходе непрерывной верификации процесса – неотъемлемая часть статистического управления производством, направленного на снижение его вариабельности и обеспечение выпуска более однородной и качественной продукции.

Таким образом, статистическая система управления качеством позволяет предприятию повышать производительность труда, объемы выпускаемой продукции и свою конкурентоспособность.

Авторы выражают благодарность специалистам ФКП «Щелковский биокомбинат» за помощь в сборе информации для проведения исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер Ю.П., Жулинский С.Ф., Шпер В.Л. Проблемы применения методов статистического управления процессами на отечественных предприятиях // Методы менеджмента качества. 2009. № 8. С. 36–40.
2. Алексеева И.А., Перельгина О.В., Кольшклина Е.Д. Оценка стабильности производства коклюшного компонента АКДС-вакцины по показателям Инфекционной активности и специфической безопасности с использованием карт Шухарта // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2018. № 18 (4) С. 243–248. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2018-18-4-243-248>
3. Алексеева И.А., Перельгина О.В., Кольшклина Е.Д. Оценка стабильности производства коклюшного, дифтерийного и столбнячного компонентов АКДС-вакцины с помощью контрольных карт Шухарта // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2021. № 21 (4). С. 256–265. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-4-256-265>
4. Васин Л.А., Нечаев Ю.В. Проблемы применения метода Шухарта для мониторинга технологических процессов. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 5. С. 133–140.
5. Дейкин А. Бомбардировка. Как работает российская программа вакцинации диких животных с воздуха // Коммерсантъ Наука. 2019. № 47. С. 14 <https://www.kommersant.ru/doc/4134733>
6. Кольшкин В.М., Васильев А.В. Оценка стабильности производства коревой вакцины // Биотехнология. 2008. № 1. С. 57–63.
7. Кольшкин В.М., Васильев А.В. Оценка стабильности производства ассоциированной паротитно-коревой вакцины // Биотехнология. 2008. № 4. С. 64–68.
8. Кольшкин В.М., Васильев А.В. Оценка стабильности производства паротитной вакцины // Биотехнология. 2008. № 5. С. 68–75.
9. Максимова О.В., Шпер В.Л. Исследование эффективности работы контрольных карт Шухарта // Методы менеджмента качества. 2010. № 12. С. 40–45.
10. Мельник Р.Н. Методы борьбы с бешенством диких животных с использованием малой авиации. Ветеринарный врач. 2020. № 4. С. 25–29. DOI: 10.33632/1998-698X.2020-4-25-30.
11. МЭБ 2021. www.oie.int бешенство (дата обращения 16.06.2022)
12. Нуратинов Р.А. Экологическая дивергенция вируса бешенства. // Юг России: экология, развитие. 2013. № 8(4). С. 62–72.
13. Shewhart W.A. Statistical method from the viewpoint of quality control New York: Dover Publ., Inc. 1986.
14. WHO expert consultation on rabies: Third Report. TRS N°1012-2018 (дата обращения 16.06.2022)
15. WHO, 2018. Zero by 30: the global strategic plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030. <http://apps.who.int/handle/10665/272756>

REFERENCES

1. Adler Yu.P., Zhulinskij S.F., Shper V.L. Problemy primeneniya metodov statisticheskogo upravleniya processami na otechestvennyh predpriyatiyah // Metody menedzhmenta kachestva. 2009. № 8. S. 36–40.
2. Alekseeva I.A., Perelygina O.V., Kolyshkina E.D. Ocenka stabil'nosti proizvodstva koklyushnogo komponenta AKDS-vakciny po pokazatelyam Infekcionnoj aktivnosti i specificheskoy bezopasnosti s ispol'zovaniem kart Shuharta // BIOpreparaty. Profilaktika, diagnostika, lechenie. 2018. № 18(4) S. 243–248. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2018-18-4-243-248>
3. Alekseeva I.A., Perelygina O.V., Kolyshkina E.D. Ocenka stabil'nosti proizvodstva koklyushnogo, difterijnogo i stolbnyachnogo komponentov AKDS-vakciny s pomoshch'yu kontrol'nyh kart Shuharta // BIOpreparaty. Profilaktika, diagnostika, lechenie. 2021. № 21 (4). S. 256–265. <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2021-21-4-256-265>
4. Vasin L.A., Nechaev Yu.V. Problemy primeneniya metoda Shuharta dlya monitoringa tekhnologicheskikh processov. // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2013. № 5. S. 133–140.
5. Dejkin A. Bombardirovka. Kak rabotaet rossijskaya programma vakcinirovaniya dikih zhivotnyh s vozduha // Kommersant" Nauka. 2019. № 47. S. 14. <https://www.kommersant.ru/doc/4134733>
6. Kolyshkin V.M., Vasil'ev A.V. Ocenka stabil'nosti proizvodstva korevoj vakciny // Biotekhnologiya. 2008. № 1. S. 57–63.
7. Kolyshkin V.M., Vasil'ev A.V. Ocenka stabil'nosti proizvodstva associirovannoj parotitno-korevoj vakciny // Biotekhnologiya. 2008. № 4. S. 64–68.
8. Kolyshkin V.M., Vasil'ev A.V. Ocenka stabil'nosti proizvodstva parotitnoj vakciny // Biotekhnologiya. 2008. № 5. S. 68–75.
9. Maksimova O.V., Shper V.L. Issledovanie effektivnosti raboty kontrol'nyh kart Shuharta // Metody menedzhmenta kachestva. 2010. № 12. S. 40–45.
10. Mel'nik R.N. Metody bor'by s beshenstvom dikih zhivotnyh s ispol'zovaniem maloj aviatsii. Veterinarnyj vrach. 2020. № 4. S. 25–29. DOI: 10.33632/1998-698X.2020-4-25-30.
11. MEB 2021. www.oie.int beshenstvo (data obrashcheniya 16.06.2022)
12. Nuratinov R.A. Ekologicheskaya divergenciya virusa beshenstva. // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2013. № 8 (4). S. 62–72.
13. Shewhart W.A. Statistical method from the viewpoint of quality control New York: Dover Publ., Inc. 1986.
14. WHO expert consultation on rabies: Third Report. TRS N°1012-2018 (data obrashcheniya 16.06.2022).
15. WHO, 2018. Zero by 30: the global strategic plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030. <http://apps.who.int/handle/10665/272756>

Поступила в редакцию 17.04.2023

Принята к публикации 01.05.2023

ТЕХНОЛОГИЯ БЕСКОНТАКТНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫМЕНИ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ*

Сергей Сергеевич Юрочка, кандидат технических наук
 Дмитрий Юрьевич Павкин, кандидат технических наук
 Игорь Анатольевич Пехальский, кандидат технических наук
 Артем Рустамович Хахимов, аспирант
 Александра Александровна Поликанова, магистрант
 Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия
 E-mail: arty.hv@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты исследования по созданию технологии для бесконтактного обнаружения локального изменения температуры кожи вымени. Направленность технологии – ранняя диагностика заболевания коров маститом, одного из наиболее распространенных и наносящих большой ущерб молочному животноводству, приводящего к снижению удоев. Применение технологии уменьшает дополнительные расходы, связанные с лечением заболевания. В работе представлен алгоритм бесконтактной диагностики температуры кожи вымени коров с применением трех тепловизионных модулей, позволяющих получать термограммы одновременно со всех локальных участков. Нами были выведены формулы основных параметров тепловизионных модулей для расположения их относительно друг друга. Сбор данных можно проводить как в динамичном, так и статичном положении животного. Данный алгоритм присваивает животному один из трех возможных статусов: «здоровое», «подозрение на субклинический мастит», «подозрение на клинический мастит».

Ключевые слова: молочное животноводство, мастит, оптические технологии, тепловизионная диагностика

TECHNOLOGY FOR NON-CONTACT ASSESSMENT OF THE UDDER PHYSIOLOGICAL STATE FOR EARLY DISEASES DIAGNOSIS

S.S. Yurochka, PhD in Engineering Sciences
 D.Yu. Pavkin, PhD in Engineering Sciences
 I.A. Pekhalskiy, PhD in Engineering Sciences
 A.R. Khakimov, PhD Student
 A.A. Polikanova, Master Student

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
 E-mail: arty.hv@gmail.com

Abstract. The results of a study on the creation of technology for non-contact detection of local temperature changes in the skin of the udder and teats are presented. The focus of the technology is the early diagnosis of mastitis in cows, since this disease of the udder is one of the most common and causes great damage to dairy farming, leading to a decrease in milk yield. The technology makes it possible to determine the temperature increase in local areas of the udder skin, to carry out early diagnosis and reduce additional costs associated with the treatment of mastitis. This paper presents an algorithm for non-contact temperature diagnostics of local areas of the skin of the udder of cows using 3 thermal imaging modules that allow you to receive thermograms simultaneously from all local areas of the skin of the udder. We have derived formulas for the main parameters of thermal imaging modules for their location relative to each other. Data collection can be carried out both in the dynamic and in the static position of the animal. This algorithm assigns one of 3 possible statuses to the animal: “healthy”, “suspicion of subclinical mastitis”, “suspicion of clinical mastitis”.

Keywords: dairy farming, mastitis, optical technologies, thermal imaging diagnostics

Одна из проблем, которая в настоящее время присутствует на фермах, это воспалительные заболевания вымени у коров, в частности маститы разных форм проявления. Маститы наносят экономический ущерб производителям молока из-за его недополучения, снижения качества, преждевременной выбраковки коров, заболеваемости новорожденных телят и затрат на лечение. [1–3, 6, 8] В работе Д.Р. Тогобицкой подробно описан патогенез воспалений молочной железы у коров, одно из проявлений которого – общее повышение темпе-

ратуры тела. [7] Измерение температуры локальных участков кожи вымени с помощью спектрального оборудования – быстрый, автоматизированный и эффективный способ для диагностирования физиологического состояния животного. [13, 17] Инфракрасная температура вымени у коров с заболеванием существенно отличается от таковой у здоровых животных. [14, 19] Важно также разделять воспаление от суточных колебаний температуры вымени и ее изменения в помещении. [9, 11, 18] Эффективные методы диагностики могут привести

* Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации на право получения гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук – МК-2513.2022.4 / The work was supported by the Council for Grants of the President of the Russian Federation for the right to receive a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists – Candidates of Sciences – МК-2513.2022.4.

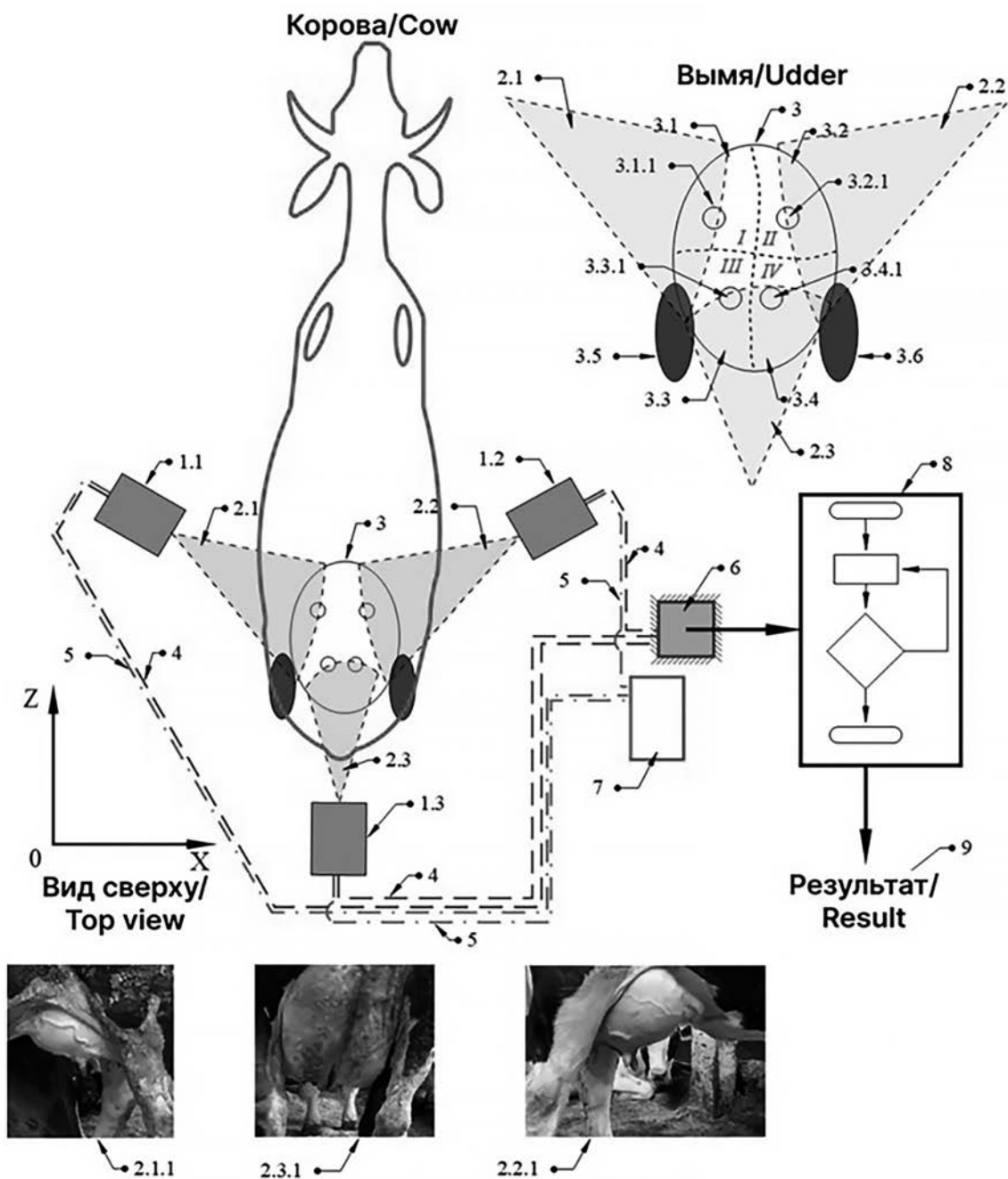


Рис. 1. Схема реализации концепта технологии.

Тепловизионные модули, направленные на определенную четверть вымени (1.1–1.3); угловая апертура для I и III, II и III, III и IV четвертей вымени (2.1–2.3); вымя (3); I–IV четверти вымени (3.1–3.4); соски вымени (3.1.1–3.4.1); способ передачи термограмм в блок обработки данных (4); питание тепловизионного модуля (5); блок обработки данных (6); блок питания (7); работа внутренних алгоритмов по обнаружению локального изменения температуры вымени и сосков крупного рогатого скота (8); формирование результата в необходимом формате (9).

к быстрому контролю мастита и способствовать ответственному использованию противомикробных препаратов. [15]

Наименее ресурсозатратный метод при ранней диагностике маститных заболеваний – оптическое дистанционное измерение температуры вымени коров и отслеживание отклонения от нормы. [10, 12, 16] Существуют устройства, предназначенные для обнаружения локального изменения температуры вымени крупного рогатого скота, устанавливаемые стационарно в местах, где животное бывает по меньшей мере один раз в сутки. Информация передается

в единый центр обработки данных с разработанным алгоритмом функционирования системы.

Цель исследований – разработка технологии для бесконтактного обнаружения локального изменения температуры кожи вымени коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Технология предполагает использование одновременно трех тепловизионных модулей под разными углами (рис. 1). На схеме показано, как она применяется при раннем обнаружении локального

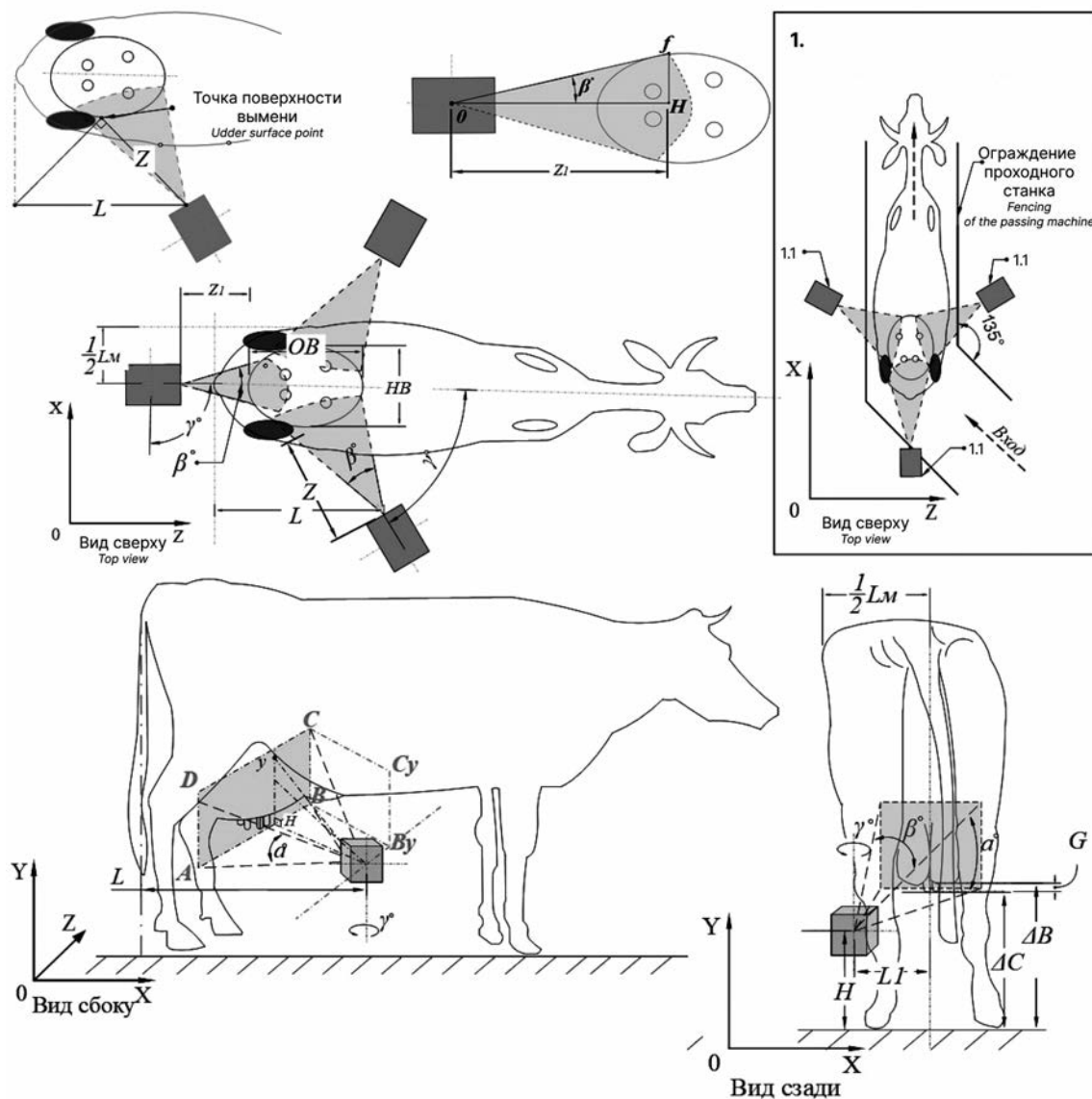


Рис. 2. Параметры установки тепловизионных модулей.

изменения температуры вымени крупного рогатого скота. Необходимо, чтобы корова ежедневно попадала в область действия тепловизионных модулей, которые установлены таким образом, чтобы в совокупности угловая апертура каждого покрывала все четверти и соски вымени.

Установка трех тепловизионных модулей позволяет получать термограммы всех не перекрытых ногами и хвостом участков кожи вымени.

Тепловизионные модули передают любым подходящим способом полученные термограммы участков вымени и сосков. Показания отправляются в блок обработки данных, например, панельный компьютер. Результаты обработки тепловизионных карт выдаются в числовом, текстовом или графическом виде.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для установки тепловизионных модулей в животноводческом оборудовании были рассчитаны основные параметры: Z , L , H , γ° (рис. 2).

Расстояние от внешней линзы тепловизионного модуля до ближайшей поверхности вымени:

$$Z = \frac{0H + Hf}{\tan \frac{1}{2}\beta^\circ} \quad (1)$$

Область видимой части любого из тепловизионных модулей примем как трапецию с прямыми углами. Местоположение объекта определяют по формулам:

$$l_1 = \frac{C_y - B_y}{|AD| - Y} + B_y, \quad (2)$$

$$l_2 = \frac{D_y - A_y}{|AD| - Y} + A_y, \quad (3)$$

$$\cos(\alpha^0) = \frac{|AD|}{|AO|}, \text{ где } \alpha^0 \in [0, \alpha], \quad (4)$$

$$M = \frac{l_2 - l_1}{|AB|} X + l_1, \quad (5)$$

где l_1, l_2 – промежуточные переменные для вершины относительно координат пикселей на изображении в декартовой системе координат;

$|AD|, |AB|$ – разрешение тепловизионного модуля по оси OY и OX соответственно;

A, B, C, D – географические координаты вершин трапеции поля зрения камеры;

X, Y – координаты пикселей на изображении в декартовой системе координат, целые числа;

M – вектор координат тепловизионного модуля.

При этом, $|OB| < |AD|$, $L = Mx$, $H = My$, а расстояние Z от внешней линзы до ближайшей поверхности вымени зависит от бокового расстояния от корня хвоста до центральной точки тепловизионного модуля L:

$$\frac{Z}{L} = \cos(\gamma^\circ). \quad (6)$$

Тогда $\gamma^\circ = \cos^{-1}(Z/L)$. Итоговая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} l_1 = \frac{C_y - B_y}{|AD| - Y} + B_y, \\ l_2 = \frac{D_y - A_y}{|AD| - Y} + A_y, \\ \cos(\alpha^\circ) = \frac{|AD|}{|AO|}, \text{ где } \alpha^\circ \in [0, \alpha], \\ M = \frac{l_2 - l_1}{|AB|} X + l_1, \\ Z = \frac{OH + Hf}{\tan \frac{1}{2} \beta^\circ}, \text{ где } \beta^\circ \in [0, \beta], \\ L = M_x, \\ H = M_y, \\ \gamma^\circ = \cos^{-1}(Z/L). \end{array} \right. \quad (7)$$

Таким образом, определяются места установки тепловизионных модулей относительно положения животного.

Для проведения ранней диагностики маститных заболеваний технология предполагает работу в нескольких режимах, выбор которого зависит от условий и оборудования (рис. 3).

Технологию можно применять как в стационарных системах (автоматизированные и роботизированные доильные залы), где животное находится в статике, так и в случае, когда животное находится в динамике (например, проходит через сортировочные ворота).

Использование технологии в динамике предполагает режим получения термограмм с минимальной скоростью – от двух в секунду. Режим обосновывается данными линейной оценки экстерьера, в частности, длиной передних долей вымени, измеряемой по горизонтали от точки соединения вымени с туловищем до боковой борозды, может находиться в пределах от 0,13 до 0,27 м. [5] Дополнительно необходимо учитывать, что задней ногой частично или полностью закрываются III и IV четверти вымени, за длину видимого участка четверти вымени примем расстояние, равное половине максимального размера передней доли вымени – 0,27...0,135 м. Открытый участок четверти вымени может иметь максимальную длину ~0,405 м. По ранее полученным данным нами рассчитано, что средняя кровь проходит расстояние равное длине тела от головы до хвоста (2,2 м) ориентировочно за 5 сек., следовательно за 1 сек. корова преодолевает 0,44 м. Таким образом, установленный режим позволит получить по меньшей мере одну термограмму, пригодную для распознавания температуры локальных участков вымени и сосков. Скорость получения термограмм выше двух в секунду допускается устанавливать при условии, если есть технические возможности устройства обрабатывать значительный поток входящих данных. Алгоритм работы технологии представлен на рисунке 4.

Второй режим работы – наличие технической возможности тепловизионного модуля автоматически перемещаемых точек и областей в термограммах, где производится считывание и вычисление ми-

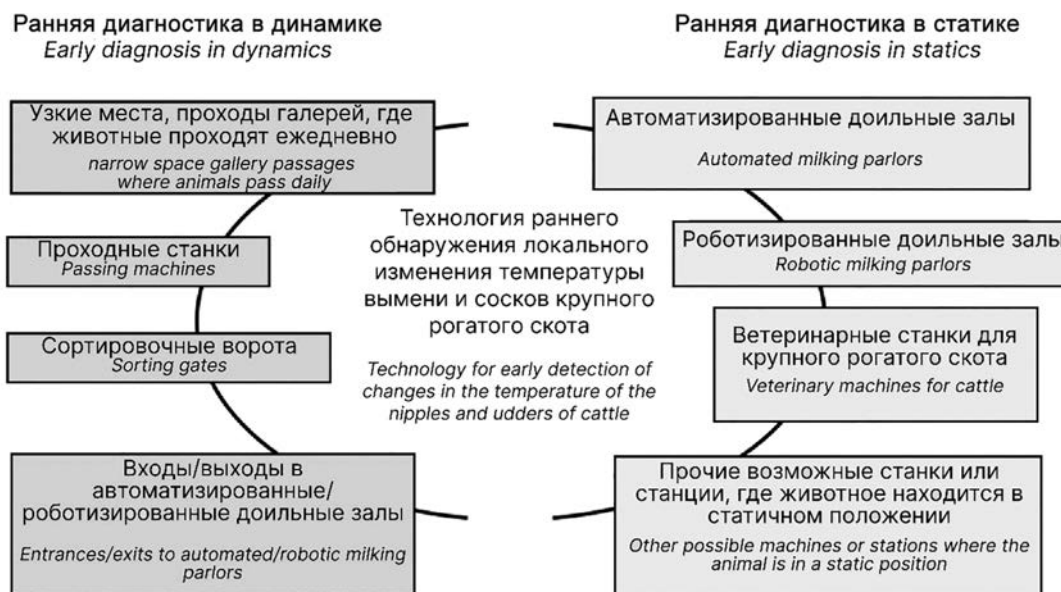


Рис. 3. Оборудование, которое может быть дооснащено технологией раннего обнаружения локального измерения температуры вымени крупного рогатого скота.

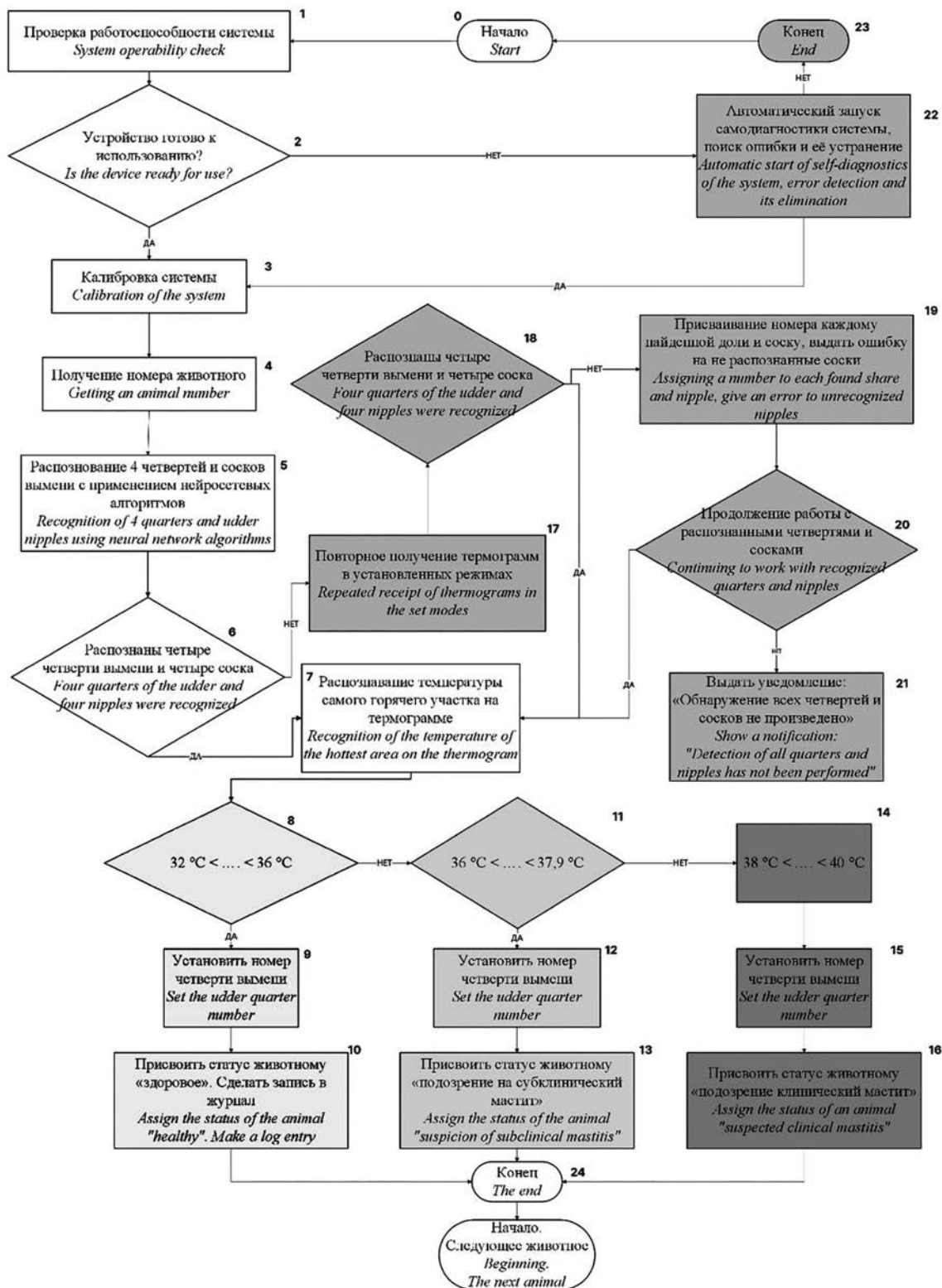


Рис. 4. Алгоритм работы технологии.

нимальной, максимальной и средней температуры в центральной области термограммы, автоматическое определение местоположения.

Работа алгоритма условно разделяется на два блока, в первом (1–7) определяется режим функционирования алгоритма, производится получение термограмм, распознавание всех четвертей вымени, четырех сосков, с присвоением им номеров на термограммах, во втором (8–16) устанавли-

вается физиологический статус животного: «здоровое», «подозрение на субклинический мастит», «подозрение на клинический мастит». Блоки алгоритма 17–23 (вспомогательные) – для отработки возникающих ошибок связанных с картами термограмм и с невозможностью идентифицировать четыре соска.

Внедрение технологии позволит снизить негативное влияние на экологию из-за меньшего потре-

бления лекарственных препаратов. В начале XXI века Европейское агентство по окружающей среде (ЕЕА) обозначило действие активных фармацевтических субстанций на окружающую среду как новую экологическую проблему. [4] Снижение количества заболеваний маститом увеличивает срок производственного использования животных, снижает нагрузку на убойные цеха и уменьшает количество отходов.

Выводы. Разработана схема технологии с тремя тепловизионными датчиками, получающими одновременно три термограммы с изображением четырех четвертей вымени и сосков, блоками энергообеспечения и обработки информации с внутренними алгоритмами принятия решений о текущем физиологическом статусе животного. Представлена методика расчета рациональных параметров установки тепловизионных модулей для определения температуры в статике и динамике. Найден алгоритм распознавания температуры вымени и сосков, по результатам которого животному присваивается один из трех физиологических статусов: «здоровое», «подозрение на субклинический мастит», «подозрение на клинический мастит».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдрахманов Т.Ж. Изучение физико-химических показателей молока при субклиническом мастите коров // Наука и образование. 2022. № 1-1 (66). С. 86–92.
2. Zubova T.V., Kolokol'ceva E.A., Prohorov O.N., Saparova E.I. Сравнительная эффективность применения препарата белмаст и раствора стрептоцида при лечении коров, больных субклиническим маститом // Успехи современной науки. 2017. № 4 (2). С. 139–141.
3. Коба И.С., Степанишин В.В., Новиков Е.Н., Скориков А.В. Особенности формирования антимикробной резистентности микроорганизмов на животноводческих комплексах при маститах у коров // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 10. С. 55–62.
4. Ларионов Г.А., Вязова Л.М., Дмитриева О.Н. Динамика поражения четвертей вымени коров при субклиническом мастите в период лактации // Аграрный вестник Урала. 2015. № 4 (134). С. 45–49.
5. Прожерина Ю. Современная экологическая проблема. Фармацевтические отходы // Водоочистка. 2018. № 11. С. 54–62.
6. Семина Л.К. Индикация кокковой микрофлоры в секрете вымени больных маститом коров // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2018. № 3. С. 56–60.
7. Тогобицкая Д.Р. Совершенствование комплексных лечебно-профилактических мероприятий при мастите коров в условиях Республики Башкортостан: дис. ... канд. вет. наук: 06.02.06: защищена 22.05.2019 / Диана Ривхатовна Тогобицкая. Саратов, 2019. 155 с.
8. Халипаев М.Г., Сакидибиоров О.П. Диагностика и лечение субклинического мастита у коров // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3 (39). С. 202–206.
9. Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection // Canadian journal of animal science. 2003. Vol. 83. 4. PP. 687–693.
10. Borah S., Soren S., Pame K. et al. Application of infrared thermography for animal health study // Emergent Life Sciences Research. 2022. Vol. 8. PP. 152–157.

11. Byrne D.T., Berry D.P., Esmonde H., McHugh N. Investigation of the relationship between udder quarter somatic cell count and udder skin surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography // J Anim Sci. 2018. Vol. 96 (10). PP. 4458–4470.
12. Hirutski I.I., Rakevich Y.A., Stankov A.G. Selection of the information parameter for the thermography method of diagnostics of dairy cows mastitis // Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. 2021. Т. 67. № 1. PP. 14–18.
13. Hovinen M., Siivonen J., Taponen S. et al. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera // J Dairy Sci. 2008. Vol. 91 (12). 4592. DOI: 10.3168/jds.2008-1218.
14. Metzner M., Sauter-Louis C., Seemueller A. et al. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods, and correlation with rectal temperature // Veterinary Journal. 2014. Vol. 199. PP. 57–62.
15. Pampariene I. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test // Journal of Vibroengineering. 2016. Vol. 18. No. 1. PP. 511–521.
16. Rizanov S., Yakimov P., Stoyanova A., Bonev B. The Role of Thermography in Cattle Smart Farming: A Review // 2022 XXXI International Scientific Conference Electronics (ET). 2022, PP. 1–6. DOI: 10.1109/ET55967.2022.9920269.
17. Sathiyabarathi M., Jeyakumar S., Manimaran A. et al. Infrared thermal imaging of udder skin surface temperature variations to monitor udder health status in Bos indicus (Deoni) cows // Infrared Physics & Technology. 2018. Vol. 88. PP. 239–244.
18. Wollowski L., Bertulat S., Kossatz A., Heuwieser W. Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102 (7). PP. 6532–6539.
19. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F. et al. First Evaluation of Infrared Thermography as a Tool for the Monitoring of Udder Health Status in Farms of Dairy Cows // Sensors 2018. Vol. 18. 862.

REFERENCES

1. Abdrahmanov T.Zh. Izuchenie fiziko-himicheskikh pokazatelej moloka pri subklinicheskom mastite korov // Nauka i obrazovanie. 2022. № 1-1 (66). S. 86–92.
2. Zubova T.V., Kolokol'ceva E.A., Prohorov O.N., Saparova E.I. Sravnitel'naya effektivnost' primeneniya preparata belmast i rastvora streptocida pri lechenii korov, bol'nyh subklinicheskim mastitom // Uspekhi sovremennoj nauki. 2017. № 4 (2). S. 139–141.
3. Koba I.S., Stepanishin V.V., Novikov E.N., Skorikov A.V. Osobennosti formirovaniya antimikrobnoj rezistentnosti mikroorganizmov na zhivotnovodcheskih kompleksah pri mastitah u korov // Veterinariya, zootekhnija i biotekhnologiya. 2021. № 10. S. 55–62.
4. Larionov G.A., Vyazova L.M., Dmitrieva O.N. Dinamika porazheniya chetvertej vymeni korov pri subklinicheskom mastite v period laktacii // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 4 (134). S. 45–49.
5. Prozherina Yu. Sovremennaya ekologicheskaya problema. Farmaceuticheskie othody // Vodoochistka. 2018. № 11. S. 54–62.
6. Semina L.K. Indikaciya kokkovej mikroflory v sekrete vymeni bol'nyh mastitom korov // Problemy veterinarnoj sanitarii, gigeny i ekologii. 2018. № 3. S. 56–60.

7. Togobickaya D.R. Sovershenstvovanie kompleksnyh lecheno-profilakticheskikh meropriyatij pri mastite korov v usloviyah Respubliki Bashkortostan: dis. ... kand. vet. nauk: 06.02.06: zashchishchena 22.05.2019 / Diana Rivhatovna Togobickaya. Saratov, 2019. 155 s.
8. Halipaev M.G., Sakidibirov O.P. Diagnostika i lechenie subklinicheskogo mastita u korov // Problemy razvitiya APK regiona. 2019. № 3 (39). S. 202–206.
9. Berry R.J., Kennedy A.D., Scott S.L., Kyle B.L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection // Canadian journal of animal science. 2003. Vol. 83. 4. PP. 687–693.
10. Borah S., Soren S., Pame K., Paul D. at al. Application of infrared thermography for animal health study // Emergent Life Sciences Research. 2022. Vol. 8. PP. 152–157.
11. Byrne D.T., Berry D.P., Esmonde H., McHugh N. Investigation of the relationship between udder quarter somatic cell count and udder skin surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography // J Anim Sci. 2018. Vol. 96 (10). PP. 4458–4470.
12. Hirutski I.I., Rakevich Y.A., Stankov A.G. Selection of the information parameter for the thermography method of diagnostics of dairy cows mastitis // Mechanization in agriculture & Conserving of the resources. 2021. T. 67. № 1. PP. 14–18.
13. Hovinen M., Siivonen J., Taponen S. at al. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera // J Dairy Sci. 2008. Vol. 91 (12). 4592. DOI: 10.3168/jds.2008-1218.
14. Metzner M., Sauter-Louis C., Seemueller A. at al. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: Characteristics, methods, and correlation with rectal temperature // Veterinary Journal. 2014. Vol. 199. PP. 57–62.
15. Pampariene I. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test // Journal of Vibroengineering. 2016. Vol. 18. No. 1. PP. 511–521.
16. Rizanov S., Yakimov P., Stoynova A., Bonev B. The Role of Thermography in Cattle Smart Farming: A Review // 2022 XXXI International Scientific Conference Electronics (ET). 2022, PP. 1–6. DOI: 10.1109/ET55967.2022.9920269.
17. Sathiyabarathi M., Jeyakumar S., Manimaran A. et al. Infrared thermal imaging of udder skin surface temperature variations to monitor udder health status in *Bos indicus* (Deoni) cows // Infrared Physics & Technology. 2018. Vol. 88. PP. 239–244.
18. Wollowski L., Bertulat S., Kossatz A., Heuwieser W. Short communication: Diagnosis and classification of clinical and subclinical mastitis utilizing a dynamometer and a handheld infrared thermometer // Journal of Dairy Science. 2019. Vol. 102 (7). PP. 6532–6539.
19. Zaninelli M., Redaelli V., Luzi F. et al. First Evaluation of Infrared Thermography as a Tool for the Monitoring of Udder Health Status in Farms of Dairy Cows // Sensors 2018. Vol. 18. 862.

Поступила в редакцию 15.05.2023

Принята к публикации 29.05.2023

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ КОРОВ В УСЛОВИЯХ ПРИАМУРЬЯ

Наталья Федоровна Ключникова, доктор сельскохозяйственных наук
Михаил Тихонович Ключников, кандидат сельскохозяйственных наук

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН –
обособленное отделение Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
п. Восточный-1, Хабаровский край, Россия
E-mail: nauka1952@mail.ru

Аннотация. На примере коров молочной фермы ОАО «Заря» (Хабаровский край) показано влияние интенсивности выращивания телок голштинской породы австралийской селекции на их дальнейшую жизнеспособность и продуктивность. Из 3416 особей у 40,2% отелы прошли в возрасте старше 30 месяцев. В результате исследований установили ярко выраженную сезонность отелов и повышенную встречаемость коров-долгожительниц (27) в группе животных сезонов рождения и первого отела – осень-осень, в сезоны – лето-лето из 69 коров не было особей старше четырех отелов. На практике следует больше внимания обращать на равномерное распределение отелов в течение года. Владельцам мелких ферм молочного скота целесообразно летние отелы перенести на осенне-зимний сезон, что существенно повысит экономическую эффективность хозяйства.

Ключевые слова: Приамурье, австралийские голштины, интенсивность выращивания, сезон рождения и первого отела, жизнеспособность и продуктивность

SEVERAL ASPECTS OF THE COWS VIABILITY IN THE AMUR REGION

N.F. Klyuchnikova, PhD in Agricultural Sciences

M.T. Klyuchnikov, PhD in Agricultural Sciences

Khabarovsk Federal Research Centre of DVO RAN,
Isolating Subdivision the Far East Scientific-Research Institute of Agriculture,
Vostochny-1, Khabarovsk Krai, Russia
E-mail: nauka1952@mail.ru

Abstract. The influence of intensive breeding of Australian Holstein heifers on their future viability and productivity in the dairy farm ОАО “Zarya” (Khabarovsk region) is showed as an example. The researches determined, that the overweights of twenty-four-hours up to 400 g is the main cause of late coupling of heifers. From 3416 individuals 40,2% had calvings in the age after 30 months. And what is more, the researches exposed the pronounced seasonal prevalence of calvings and the heightened meetings of cows with longevity (27) in the group of animals of born seasons and first calving “autumn-autumn”, while there were no individuals elder than 4 calvings from 69 cows in the seasons “summer-summer”. In practice, more attention should be paid to an even distribution of calvings throughout the year. It is advisable for owners of small dairy cattle farms to postpone summer calving to the autumn-winter season, which will significantly increase the economic efficiency of the farm.

Keywords: Amur region, australian Holsteins, breeding intensity, born season and first calving season, viability and productivity

Основная задача молочного скотоводства – обеспечение населения высококачественными продуктами питания, что невозможно без постоянного повышения продуктивности на основе улучшения селекционной и племенной работы, полноценного кормления и совершенствования технологии выращивания. Главная цель селекционной работы – ускорение генетического прогресса в популяциях животных по комплексу признаков за минимально возможный промежуток времени. [1,2] В нашей стране с использованием лучшего мирового генофонда в последние десятилетия созданы высокопродуктивные стада молочного скота. Однако рост продуктивности коров негативно действует на их репродуктивные качества и продолжительность племенного использования, что затрудняет ремонт стада, даже при простом воспроизводстве. В результате снижается эффективность ведения отрасли. [1, 3, 9–11] Проблеме продуктивного долголетия молочных коров уделяется много внимания во всем мире, поскольку из-за влияния генетических

и технологических факторов этот очень важный в экономическом и селекционном значении признак имеет тенденцию к стремительному сокращению. Продолжительное продуктивное использование животных на молочных фермах служит одним из главных показателей высокой культуры ведения хозяйства. Основная причина снижения долголетия высокоудойных коров – несоответствие условий их кормления, содержания и эксплуатации с достигнутым уровнем продуктивности. [4] Срок хозяйственного использования коров зависит от возраста и живой массы телок при первом оплодотворении, интенсивности выращивания и раздоя первотелок, продолжительности сервис- и сухостойного периодов. Интенсивность выращивания ремонтных телок влияет на их продуктивное долголетие. Достижение наиболее оптимальных показателей у голштинизированного скота Вологодской области возможно при условии получения среднесуточных приростов свыше 800 г во время выращивания телочек от рождения до 6 мес. и свыше 700 г

Таблица 1.

Возраст первого отела и продуктивность коров

Показатель	Возраст первого отела, дн.										Итого	
	до 720		721...811		812...902		903...993		994 >			
	A*	M*	A*	M*	A*	M*	A*	M*	A*	M*	A*	M*
Коровы, п	90	46	468	293	646	502	347	401	153	471	1704	1713
Удой за 305 дн. первой лактации, кг	4056	3119	4443	4043	4449	3416	4261	3516	4132	3332	4363	3530
Молочный жир, кг	155	120	177	155	178	133	171	134	160	126	174	135
Живая масса, кг	463	464	477	480	482	480	491	480	512	477	485	478
Сервис-период, дн.	181	212	184	170	202	175	210	158	203	149	208	163
Яловость, %	81,0	82,6	71,6	73,4	86,1	73,1	82,1	64,8	92,2	72,2	81,4	71,4
Пожизненный удой, кг	15662	6097	10530	11380	11121	8699	10927	8370	9058	9333	11048	9216
Количество отелов/лактаций	3,33/2,89	1,86/1,64	2,54/1,96	2,99/2,56	2,42/2,02	2,49/1,93	2,42/2,02	2,44/1,87	2,18/1,60	2,26/1,71	2,48/2,01	2,48/1,96

Примечание. А* – рожденные в Австралии; М* – ОАО «Заря».

после 6 мес. [12] Но умеренно растущие животные в дальнейшем имеют более длинный срок хозяйственного использования, чем интенсивно растущие. [6, 13] По мнению большинства авторов раннее (до 14...15 мес.) и слишком позднее (свыше 24...25 мес.) оплодотворение телок ведет к снижению их племенного долголетия и уровня пожизненной продуктивности. [5, 7, 8]

Цель работы – изучить некоторые аспекты жизнеспособности коров в условиях Приамурья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на молочной ферме ОАО «Заря» Хабаровского края. Источником информации служили племенные карточки коров (форма МОЛ-2) за пять смежных лет. При этом учитывали: даты рождения, первого и последующих отелов, выбытия; живую массу при рождении, в возрасте 6-и и 18-и мес. и при первом отеле. Молочную продуктивность оценивали за 305 дн. первой и все последующие лактации. Воспроизводительную способность устанавливали только у первотелок по величине сервис-периода и проценту яловости для группы животных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 приведены данные продуктивности коров разного возраста первого отела, который в среднем по 3417 животным составил 2,8 мес. с длительностью продуктивного периода 2,48 отелов. Для 1704 телок, завезенных из Австралии, эти показатели составили соответственно 28,4 мес. и 2,48 отелов. Средний возраст 1713 местных первотелок оказался больше на 2,8 мес. при равном количестве отелов.

Несмотря на нестабильную изменчивость изучаемых показателей можно отметить тенденцию обратной зависимости величины удоя первотелок и пожизненного удоя от возраста первого отела. На основании полученных результатов следует считать крайне нежелательными отелы нетелей в 30 мес. и старше. Фактор наличия в хозяйстве первотелок данного возраста указывает на проблемы в организации выращивания молодняка. Мы изучили вли-

яние живой массы телок шестимесячного возраста на их дальнейшую жизнеспособность и продуктивность (табл. 2). Для этого животных одного возраста разделили на две группы. В первой (маловесная) средняя живая масса в шестимесячном возрасте составила 106 кг, второй (полновесная) – 136 кг. Наблюдаемое различие сохранилось в возрасте 18-и мес. – 284 и 339 кг соответственно. Это повлияло на сокращение возраста осеменения и первого отела в среднем на 2,9 мес.

Более высокие среднесуточные привесы от рождения до первого отела (495 г вместо 459) обеспечили повышение удоя первотелок в среднем на 8,0%, а по группе животных осенних отелов – 25,3% (4491 и 3583 кг соответственно). Повышение продуктивности привело к увеличению сервис-периода на 23 дн., яловости – 16,2%. Эти показатели увеличиваются до 96 дн. и 32,5% с повышением удоя на 58%. Наличие положительной связи удоя и сервис-периода у коров молочных пород характерно для хозяйств Дальневосточного региона. [13]

Неполноценное кормление телочек от рождения до первого отела – причина сокращения продуктивного периода коров, который составил в среднем 2,69...3,01 лактации с пожизненным удоём 10616...11772 кг молока.

Интерес представляют данные по группе коров-долгожителей (пять и более отелов), которые подтверждают значение интенсивного выращивания телочек в реализации генетического потенциала продуктивности коров. Для коров-долгожителей характерен невысокий удой за первую лактацию, что в условиях неполноценного кормления животных после отела обеспечило более длительный продуктивный период.

Учитывая практическое значение продуктивного долголетия молочных коров, аналогичный анализ в этом хозяйстве провели за пять смежных лет. Изучили влияние сезонов рождения и первого отела на встречаемость коров-долгожителей (табл. 3).

Результаты выявили ярко выраженную сезонность отелов. На зимне-весенний сезон их пришлось более 64,9%. Такая организация воспроизводства стада экономически не оправдана по многим причинам. Установлена повышенная встречаемость ко-

Таблица 2.

Продуктивное долголетие коров в зависимости от живой массы в шестимесячном возрасте

Показатель	Живая масса		Высокопродуктивные первотелки	
	низкая	высокая	живая масса	
			низкая	высокая
Количество голов	131	102	20	53
	Масса тела, кг			
6 месяцев	106	132	142	125
18 месяцев	284	339	350	311
первый отел	481	483	483	492
Возраст первого отела, дн.	999	911	944	950
Удой за 305 дн. первой лактации, кг	3365	3362	5319	3550
Масса жира, кг	129	142	201	135
Сервис-период, дн.	146	169	240	141
Яловость, %	50,8	73,0	83,3	64,2
Пожизненный удой, кг	10 616	11 772	14 973	19 736
Количество отелов/ лактаций	3,08/2,67	3,24/3,01	3,00/2,85	5,54/4,98

Таблица 3.

Встречаемость коров в возрасте пяти и более отелов по сезонам рождения и первого отела

Сезон рождения	Сезон первого отела								Год	
	зима		весна		лето		осень		всего	долгожители
	всего	долгожители	всего	долгожители	всего	долгожители	всего	долгожители		
Зима	271	32	273	24	178	18	292	53	1014	127
Весна	372	31	306	27	146	19	378	47	1208	124
Лето	163	20	155	22	69	0	129	30	516	72
Осень	196	35	263	33	111	16	114	27	684	111
Год	1002	118	997	106	504	53	913	157	3416	434

ров-долгожителей (23,7%) в группе животных сезонов рождения и первого отела осень-осень. В сезоны лето-лето среди 69 коров особей старше четырех отелов не было.

Таким образом, все вышеизложенное указывает на несоответствие интенсивности выращивания и кормления с потенциальной продуктивностью коров голштинской породы австралийской селекции. Следует больше внимания обращать на равномерное распределение отелов в течение года. Владельцам мелких ферм молочного скота целесообразно летние отелы перенести на осенне-зимний сезон, что существенно повысит экономическую эффективность хозяйства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Амерханов Х.А. Состояние и развитие молочного скотоводства в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 1. С. 2–5.
2. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям // Вестник БашГАУ. 2019. № 49. С. 55–62.
3. Батанов С.Д., Амерханов Х.А., Баранова И.А. Молочная продуктивность коров разных экстерьерно-

- конституциональных типов // Известия ТСХА. 2021. Вып. 2. С. 102–113.
4. Волохов И.М., Пашченко О.В., Морозов А.В., Скачков Д.А. Влияние уровня молочной продуктивности коров красно-пестрой породы на возраст их выбытия // Зоотехния. 2018. № 9. С. 17–20.
5. Делян А.С. Селекционные аспекты повышения сохранности телят и продуктивного долголетия коров. М.: Изд-во РГАЗУ, 2010. 85 с.
6. Добровольский Ю.Н. Влияние паратипических факторов на срок хозяйственного использования животных // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2014. № 11. С. 39–43.
7. Добровольский Ю.Н., Добровольская Н.Е. Влияние возраста первого плодотворного осеменения голштинизированных телок черно-пестрой породы на продолжительность их хозяйственного использования // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 7. С. 37–38.
8. Кадиева Т.А. Влияние различных факторов на продолжительность хозяйственного использования коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2010. Т. 47. № 2. С. 76–77.
9. Калашников В.В., Захаров В.А., Полянский С.Я., Слотина Е.В. Опыт и проблемы использования импортного генофонда в скотоводстве (на примере Рязанской области) // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 4. С. 43–49.
10. Ключникова Н.Ф. Аспекты повышения оплодотворяемости коров. Хабаровск, 2006. 256 с.
11. Тихомиров И.А. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 1 (21). С. 64–72.
12. Тяпугин Е.А., Сереброва И.С., Абрамова Н.И. и др. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы при различных способах содержания и технологиях доения // Владимирский земледелец. 2016. № 4 (78). С. 45–46.
13. Drew D. Growth targets for bulling heifers // Livestock Farmg. 1983. V. 21. № 11. P. 38–39.

REFERENCES

1. Amerhanov H.A. Sostoyanie i razvitie molochnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. № 1. S. 2–5.
2. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Model' prognozirovaniya molochnoj produktivnosti korov po ih ekster'ernym osobennostyam // Vestnik BashGAU. 2019. № 49. S. 55–62.
3. Batanov S.D., Amerhanov H.A., Baranova I.A. Molochnaya produktivnost' korov raznyh ekster'erno-konstitucional'nyh tipov // Izvestiya TSKHA. 2021. Vyp. 2. S. 102–113.
4. Volohov I.M., Pashchenko O.V., Morozov A.V., Skachkov D.A. Vliyanie urovnya molochnoj produktivnosti korov krasno-pestroj porody na vozrast ih vybytiya // Zootekhniya. 2018. № 9. S. 17–20.
5. Delyan A.S. Selekcionnye aspekty povysheniya sohranosti telyat i produktivnogo dolgoletiya korov. M.: Izd-vo RGAZU, 2010. 85 s.
6. Dobvol'skij Yu.N. Vliyanie paratipicheskikh faktorov na srok hozyajstvennogo ispol'zovaniya zhivotnyh // Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya. 2014. № 11. S. 39–43.
7. Dobvol'skij Yu.N., Dobvol'skaya N.E. Vliyanie vozrasta pervogo plodotvornogo osemneniya golshтинизированных телок cherno-pestroj porody na prodolzhitel'nost' ih hozyajstvennogo ispol'zovaniya // Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya. 2015. № 7. S. 37–38.

8. Kadieva T.A. Vliyanie razlichnykh faktorov na prodolzhitel'nost' hozyajstvennogo ispol'zovaniya korov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. T. 47. № 2. S. 76–77.
9. Kalashnikov V.V., Zaharov V.A., Polyanskij S.Ya., Slotina E.V. Opyt i problemy ispol'zovaniya importnogo genofonda v skotovodstve (na primere Ryazanskoj oblasti) // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2016. № 4. S. 43–49.
10. Klyuchnikova N.F. Aspekty povysheniya oplodotvoryaemosti korov. Habarovsk, 2006. 256 s.
11. Tihomirov I.A. Produktivnoe dolgoletie korov i analiz prichin ih vybytiya // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo institute mekhanizacii zhivotnovodstva. 2016. № 1 (21). S. 64–72.
12. Tyapugin E.A. Serebrova I.S., Abramova N.I. i dr. Produktivnoe dolgoletie korov cherno-pestroj porody pri razlichnykh sposobah sodержaniya i tekhnologiyah doeniya // Vladimirkij zemledec. 2016. № 4 (78). S. 45–46.
13. Drew D. Growth targets for bulling heifers // Livestock Farmg. 1983. V. 21. № 11. P. 38–39.

Поступила в редакцию 15.05.2023

Принята к публикации 29.05.2023

УДК 636.033

DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/93-97, EDN: XGOZXZ

ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МЯСНОГО СКОТА ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ПЛЕМЕННЫХ КАЧЕСТВ ЖИВОТНЫХ

Евгений Борисович Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Федор Евгеньевич Владимиров, научный сотрудник

Савр Олегович Базаев, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия

E-mail: fvladimirov21@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены показатели реализации генетического потенциала хозяйственно полезных признаков мясного скота, позволяющие расширить полноту оценки племенных качеств животных — критерии экстерьера (высота в холке, глубина и обхват груди, ширина туловища и другое), связанные с продуктивностью. Изучали факторы ведения отбора — генетические и фенотипические признаки. Особое внимание обращали на фенотипические показатели реализации генетического потенциала мясного скота, отражающие важный вклад генотипа и факторов среды. Высокий уровень их вариабельности способствует эффективности отбора. При этом значительная доля изменчивости обусловлена действием негенетических факторов, в первую очередь, влиянием изменяемых и неизменяемых условий внешней среды. Точность оценки племенных качеств животных напрямую зависит от методов их идентификации, регистрации и контроля продуктивности. Цель исследования — изучить ряд показателей наилучшего выражения признаков реализации генетического потенциала животных для цифровизации оценки племенных качеств мясного скота. Развитие направления цифровизации признаков качественной генетики, в частности, экстерьера животного, связанных с продуктивностью и включение их в программы и планы повышения генетического потенциала животных, будет одним из эффективных методов увеличения его в стадах крупного рогатого скота. Это позволит реализовать скрытые резервы для увеличения генетического потенциала признаков мясной продуктивности и охватить область показателей, которые ранее в связи с задействованием значительных ресурсов и трудоемкостью существующих методов сбора большого объема данных о животных, не использовались. Предлагаемая оценка племенных животных дает возможность получить инструмент расширенных границ генетической изменчивости при формировании желательного типа мясного скота, дополнит зоотехнические правила и поможет при разработке автоматизированной системы управления племенной работой. **Ключевые слова:** крупный рогатый скот, критерии экстерьера, оценка племенных животных, генетическая изменчивость, цифровизация признаков качественной генетики

STUDY OF THE BEEF CATTLE GENETIC POTENTIAL REALIZATION INDICATORS FOR DIGITALIZATION OF THE ANIMALS BREEDING QUALITIES ASSESSMENT

E.B. Petrov, PhD in Agricultural Sciences, Leading Researcher

F.E. Vladimirov, Researcher

S.O. Bazaev, PhD in Agricultural Sciences, Researcher

Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”, Moscow, Russia

E-mail: fvladimirov21@gmail.com

Abstract. In the course of the study, the indicators of the realization of the genetic potential of economically useful traits of beef cattle were considered, allowing to expand the completeness of the assessment of the breeding qualities of animals: exterior criteria (height at the

withers, chest depth, trunk width, chest girth, etc.) related to productivity (average daily weight gain, removable live weight, etc.). Factors of selection were studied – genetic and phenotypic features. Particular attention was paid to the phenotypic indicators of the realization of the genetic potential of beef cattle, reflecting the important contribution of genotype and environmental factors. The high level of their variability contributes to the efficiency of selection. At the same time, a significant proportion of variability is due to the action of non-genetic factors, primarily the influence of changeable and unchangeable environmental factors. The accuracy of the assessment of breeding qualities of animals directly depends on the methods of their identification, registration and control of their productivity. The purpose of the study is to study a number of indicators of the best expression of signs of the realization of the genetic potential of animals for the digitalization of the evaluation of breeding qualities of beef cattle. An assessment of breeding animals is proposed, which will allow obtaining an instrument of expanded boundaries of genetic variability in the formation of the desired type of beef cattle. The development of the direction of digitalization of signs of qualitative genetics, in particular, signs of the exterior of an animal related to productivity and their inclusion in programs and plans to increase the genetic potential of animals, will be one of the effective methods of increasing it in cattle herds. Digitalization of the assessment of breeding qualities of beef cattle allows you to realize hidden reserves to increase the genetic potential of signs of meat productivity and covers the use of indicators that were previously not used due to the use of significant resources and the complexity of existing methods of collecting a large amount of data on animals. The proposed assessment of breeding animals will allow us to obtain an instrument of expanded boundaries of genetic variability in the formation of the desired type of beef cattle and will serve as an addition to the zootechnical rules and in the development of an automated system for managing breeding work in beef cattle breeding.

Keywords: *cattle, exterior criteria, evaluation of breeding animals, genetic variability, digitalization of signs of qualitative genetics*

Племенное дело – важный комплекс мероприятий, с помощью которых улучшают продуктивные и племенные качества животных существующих пород и создают новые породные типы.

В программах разведения животных важную роль отводят геномной селекции. Геномная оценка животных на базе BLUP AM в странах с индустриальным ведением скотоводства проводится в рамках национальных и межгосударственных программ. [8] Данное направление технологий позволяет осуществлять селекцию в лабораторных условиях и перспективные цели могут быть реализованы за небольшой период времени. В результате интервал между поколениями будет определяться сроком, который потребуется для выполнения необходимых лабораторных манипуляций. [4]

Многообразие и сложность задач племенной работы требует применения различных методов разведения. Проверенный практикой прием улучшения племенных и продуктивных качеств животных – отбор, направленный на сохранение в стаде лучших из них для воспроизводства.

Различают массовый отбор и индивидуальный. Первый применяется чаще всего в стадах мясного скота, когда сложно учитывать происхождение каждой особи, и оценка ведется по экстерьеру. Индивидуальный отбор предполагает более точное изучение животных по комплексу признаков: продуктивность, конституция (экстерьер и интерьер), способность передавать потомству хозяйственно полезные признаки. Животных отбирают по родословной, изучая четыре-пять поколений предков и фиксируют в бонитировочной ведомости. Отбор по происхождению позволяет прогнозировать показатели животного, но не всегда дает положительные результаты. Наиболее точным считается отбор по качеству потомства.

При отборе мясного крупного рогатого скота наибольшее значение придают скорости роста и величине суточных привесов. Одновременно сравнивают продуктивность, живую массу, телосложение дочерей производителя с теми же показателями их матерей. Такой метод дает возможность учитывать влияние отца и матери на качество потомства.

Точность оценки племенных качеств животных связана с методами их идентификации, регистра-

ции и контроля продуктивности. Цифровизация современных методов изучения мясного скота по племенной ценности, наряду с генетическим анализом, позволит с большой точностью определить и применить на практике эффективные пути их дальнейшего совершенствования.

Цель работы – проанализировать показатели наилучшего выражения признаков реализации генетического потенциала животных для цифровизации оценки племенных качеств мясного скота.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты изучения – скот мясных пород, методы контроля продуктивности животных, программы разведения.

В ходе исследования применяли методы сбора, изучения, систематизации и обработки научной информации, полученной из передовой практики и экспертных оценок, сделанных в соответствии с технологическими регламентами научно-технического фонда. Была использована информация, полученная из интернет-ресурсов, литературных источников, справочников, методических руководств, рекомендаций, данных специализированных выставок, патентно-лицензионных источников, инновационных разработок ведущих производителей техники и оборудования для мясного скотоводства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрены показатели реализации генетического потенциала хозяйственно полезных признаков мясного скота: живая масса молодняка при отъеме от матерей; среднесуточный привес; среднесдаточная живая масса; общее количество прироста живой массы за период откорма и другие. Изучены факторы ведения отбора – генетические и фенотипические признаки. Особое внимание обращали на фенотипические показатели реализации генетического потенциала у мясного скота, отражающие важный вклад генотипа и факторов среды. Высокий уровень их вариабельности способствует эффективности отбора. При этом значительная доля изменчивости обусловлена действи-

ем негенетических факторов, в первую очередь, влиянием изменяемых и неизменяемых факторов внешней среды.

Выявлена различная степень пределов (Lim x) хозяйственно полезных признаков в разных стадах и популяциях мясного скота. Высокой степенью изменчивости характеризуются: живая масса; показатели телосложения; мясные качества. Полученные результаты согласуются с исследованиями Ф.Г. Каюмова и Р.Ф. Третьяковой мясных качеств бычков разных генотипов. Ими установлена сильная корреляционная зависимость между основными хозяйственно полезными признаками и весомым ростом, указывающая на возможность улучшения продуктивных качеств животных методом селекции. [2] В других работах отмечено, что научный интерес представляют вопросы изучения взаимосвязи балльной оценки упитанности с убойными качествами мясного скота (убойная масса, масса туши, количество мякоти в туше, количество мяса высшего сорта) и технологическими свойствами мяса (белковый показатель, влагоудерживающая способность, увариваемость). [1]

В основе оптимизации технологических процессов, по мнению большинства исследователей, находятся элитные животные племенного ядра. Действие отбора на повышение уровня реализации количественного признака происходит менее интенсивно и более длительно, чем качественного (телосложение). Количественные признаки (величина среднесуточных приростов, живая масса телят при отъеме и другое) имеют непрерывный характер изменчивости. Определить племенную значимость животного по таким признакам – значит оценить средний эффект генов, которые данная особь передает потомству.

Поскольку изменения живой массы не дают полного представления о характере роста и соотношении отдельных частей тела животного, при его оценке необходимо учитывать экстерьерные особенности, отражающие развитие скелета и имеющие взаимосвязь с продуктивностью. [6] Включение таких признаков в программы и планы повышения генетического потенциала животных может стать одним из эффективных источников увеличения его реализации в стадах крупного рогатого скота с помощью новых методов, позволяющих расширить границы генетической изменчивости при формировании желательного типа скота. Необходимо учитывать показатели корреляции, так как отбор животных ведется по многим признакам.

Для выявления племенных и продуктивных качеств животных ежегодно проводят комплексную оценку согласно методическим рекомендациям по бонитировке племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности с присвоением бонитировочного класса. [5]

Как отмечают исследователи, селекционный прогресс требует использования животных с выдающимися генотипами по интересующим признакам для получения следующего поколения. [2] Порядок и условия проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, по мнению многих

Таблица 1.
Показатели продуктивности и экстерьера у потомков быков симментальской мясо-молочной породы, данные 2021 года

Кличка быка	Инвентарный номер	Привес, балл	Обхват туловища, балл
Гектор	199 660	114	101
Гауди	190 163	96	100
Махутра Рр	859 680	115	111
Монтеро	193 560	97	96
Вебмастер	854 316	102	100
Валериус	180 595	121	113

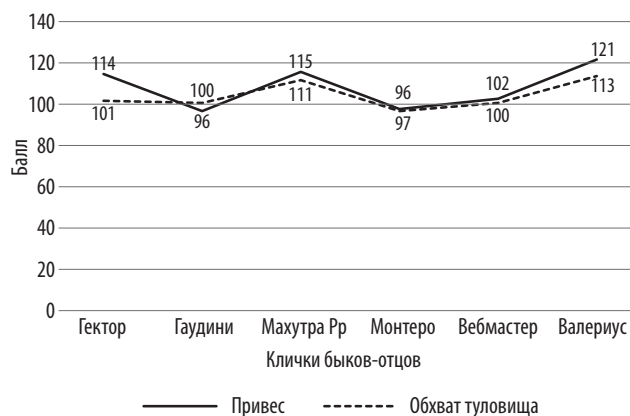


Рис. 1. Показатели экстерьера и продуктивности потомков быков.

авторов, требует значительной модернизации, так как он основан на традиционных методах селекции и не отражает прорывные открытия в генетике (расшифровка генома млекопитающих и человека). В то же время традиционные методы еще долго будут составлять основу селекционных программ, задача ученых и практиков заключается в их объединении и создании таких способов оценки, которые помогли бы ускорению селекционного процесса. [7]

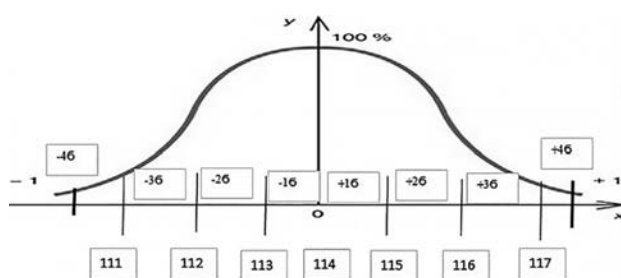


Рис. 2. Градации отбора для получения рекордных животных на основе учета корреляции признака экстерьера по глубине туловища и среднесуточного привеса.

Таблица 2.
Взаимосвязь признака отбора «среднесуточный привес» с экстерьером

Среднесуточный привес, г	1800	2000	2100	2500	2700	2900	3000
Глубина туловища, балл	111	112	113	114	115	116	117
Количество животных, гол.	4	5	15	20	7	6	3

Таблица 3.

Взаимосвязь (r) статей телосложения у потомков быков

Признак	Глубина туловища	Положение зада	Ширина зада	Задние ноги (сбоку)	Высота пятки	Задние ноги (сзади)	Крепость	Тип породы	Скакательный сустав
Рост	0,47	–	–	–	–	–	–	–	–
Положение зада	0,05	0,13	–	–	–	–	–	–	–
Ширина зада	0,11	–0,09	–0,16	–	–	–	–	–	–
Задние ноги (вид сбоку)	–0,11	0,12	0,14	0,03	–	–	–	–	–
Высота пятки	0,34	0,04	0,01	0,61	0,15	–	–	–	–
Задние ноги (вид сзади)	0,41	0,24	0,57	0,08	–0,54	–0,78	–	–	–
Крепость	–0,08	0,47	–0,23	0,12	0,01	0,28	0,57	–	–
Тип породы	0,06	0,33	–0,15	0,09	–0,01	0,18	0,94	0,15	–
Скакательный сустав	0,04	–0,17	–0,03	0,83	0,22	0,49	–0,12	–0,09	–0,1

С использованием цифровых технологий открываются возможности повысить эффективность и интенсивность племенной оценки скота на животноводческих предприятиях и вести их отбор на основе большого объема данных, выйти на ускоренное улучшение продуктивных показателей и закрепление их в потомстве (например, отбор особей только со среднесуточным привесом не ниже 2000 г). Расширить полноту изучения племенных качеств животных можно учитывая критерии экстерьера, связанные с продуктивностью (табл. 1).

Взаимосвязь признаков продуктивности и экстерьера оказалась равна +0,85, что говорит о ее высокой достоверности. Таким образом, отбор потомков наилучших быков для дальнейшего воспроизводства возможен по различным статьям экстерьера (рис. 1).

Отбор по признакам количественной генетики, например, «среднесуточный привес» слишком длителен и мало предсказуем, так как определяется большим числом генов и фенотипических факторов среды. Поэтому генетика качественных признаков, в частности, экстерьера, становится актуальной.

На рисунке 2 рассмотрен признак качественной генетики (экстерьер) «глубина туловища», связанный с признаком отбора «среднесуточный привес», который равен 2500 г. Интенсивность отбора зависит от количества поколений и может идти по нескольким градациям (при значении B со знаком плюс): слабый (0...+3B) – 75% материнского стада; умеренный (0...+2B) – 50%; жесткий (+2 B...+3B) – 25% (табл. 2, рис. 2).

Отбор по позиции +4B (среднесуточный привес более 2500 г) определяет дальнейший генетический прогресс.

Следует учитывать, что у животного при отборе по телосложению изменятся остальные статьи экстерьера в большей или меньшей степени (табл. 3).

Таким образом, появляются возможности выведения желательного типа животного с заданными параметрами продуктивности, например, со среднесуточным привесом от 2500 г.

На основании оценки по взаимосвязи комплекса признаков (продуктивность, конституция, происхождение и качество потомства) можно выявлять животных с выдающимися генотипами по интере-

сующим признакам для получения следующего поколения, как этого требует селекционный прогресс.

Объем накапливаемой информации повышает точность племенной оценки быков. Но даже в трехлетнем возрасте бык оценивается по 100...200 потомкам, родословной, собственной продуктивности и оценке генома – точность племенной оценки животных не превышает 50%. Максимальная точность племенной оценки (96%) животного может быть получена при наличии нескольких тысяч потомков. [3]

Выводы. С применением цифровых технологий открываются возможности повысить эффективность и интенсивность племенной оценки крупного рогатого скота, вести отбор для дальнейшего их племенного использования на основе большого объема данных, тем самым выйти на ускоренное улучшение продуктивных показателей и закрепление их в потомстве.

Развитие направления цифровизации признаков качественной генетики, в частности, признаков экстерьера животного, связанных с продуктивностью, и включение их в программы и планы повышения генетического потенциала животных, будет одним из эффективных методов увеличения его в стадах крупного рогатого скота.

Цифровизация оценки племенных качеств мясного скота поможет реализовать скрытые резервы для увеличения генетического потенциала признаков мясной продуктивности. Появляется возможность охватить область использования показателей, которые в связи с задействованием значительных ресурсов и трудоемкостью существующих методов сбора большого объема данных о животных, не используются для определения их племенной ценности.

Предлагаемая оценка животных позволит получить инструмент расширенных границ генетической изменчивости при формировании желательного типа мясного скота и послужит дополнением в зоотехнические правила и при разработке автоматизированной системы управления племенной работой в мясном скотоводстве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов А.Л. Взаимосвязь балльной оценки упитанности с хозяйственно-полезными признаками мясного скота. Автореф. ... дис. канд. наук, специальность ВАК РФ 06.02.07. 2020. 118 с.

2. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф. Продуктивность и селекционно-генетические параметры мясного скота разных генотипов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. 5 (85). С. 208–210. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-208-210.
3. Коновалова Е.Н., Гладырь Е.А., Костюнина О.В., Зиновьева Н.А. Генетические дефекты мясных пород крупного рогатого скота и стратегии их контроля // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 7. С. 42–52.
4. Кузнецов В.М. Племенная оценка животных: прошлое, настоящее, будущее (обзор) / Зональный НИИ ИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Киров, Россия. Проблемы биологии продуктивных животных, 2012. № 4. С. 18–57.
5. Методические рекомендации по Порядку и условиям проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности. 2021. 36 с.
6. Петрушко И.С., Петрушко С.А., Сидунов С.В. и др. Оценка племенных качеств быков мясных пород на основе комплексного индекса // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2013. № 16 (2). С. 96–105.
7. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д., Канатпаев С.М., Литовченко В.Г. Эффективность кроссов мясных симменталов // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 4 (100). С. 76–81.
8. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Кузьмина Т.Н., Тихомиров А.И. Анализ состояния и перспективы улучшения генетического потенциала крупного рогатого скота специализированных мясных пород отечественной селекции: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с.

REFERENCES

1. Akimov A.L. Vzaimosvyaz' ball'noj ocenki upitannosti s hozyajstvenno-poleznymi priznakami myasnogo skota. Avtoref. ... dis. kand. nauk, special'nost' VAK RF 06.02.07. 2020. 118 s.
2. Kayumov F.G., Tret'yakova R.F. Produktivnost' i selekcionno-geneticheskie parametry myasnogo skota raznyh genotipov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. 5 (85). S. 208–210. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-85-5-208-210.
3. Konovalova E.N., Gladyr' E.A., Kostyunina O.V., Zinov'eva N.A. Geneticheskie defekty myasnyh porod krupnogo rogatogo skota i strategii ih kontrolya // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya. 2017. № 7. S. 42–52.
4. Kuznecov V.M. Plemennaya ocenka zhivotnyh: proshloe, nastoyashchee, budushchee (obzor)/Zonal'nyj NIISKH Severo-Vostoka im. N.V. Rudnickogo, Kirov, Rossiya. Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh, 2012. № 4. S. 18–57.
5. Metodicheskoe rekomendacii po Poryadku i usloviyam provedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti. 2021. 36 s.
6. Petrushko I.S., Petrushko S.A., Sidunov S.V. i dr. Ocenka plemennyh kachestv bykov myasnyh porod na osnove kompleksnogo indeksa // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. 2013. № 16 (2). S. 96–105.
7. Tyulebaev S.D., Kadysheva M.D., Kanatpaev S.M., Litovchenko V.G. Effektivnost' krossov myasnyh simmentalov // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2017. № 4 (100). S. 76–81.
8. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Kuz'mina T.N., Tihomirov A.I. Analiz sostoyaniya i perspektivy uluchsheniya geneticheskogo potenciala krupnogo rogatogo skota specializirovannyh myasnyh porod otechestvennoj selekcii: nauch. analit. obzor. M.: FGBNU «Rosinformaagrotekh», 2019. 80 s.

Поступила в редакцию 21.06.2023

Принята к публикации 05.06.2023

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ С ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННЫХ КОМКОВ И ИХ ОТДЕЛЕНИЯ ОТ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ*

Алексей Семенович Дорохов, *академик РАН*
Алексей Викторович Сибирёв, *доктор технических наук*
Максим Александрович Мосяков, *кандидат технических наук*
Николай Викторович Сазонов, *кандидат технических наук*
Сергей Николаевич Петухов, *кандидат сельскохозяйственных наук*
Мария Михайловна Годяева, *аспирант*
Дмитрий Николаевич Кынев, *аспирант*
Оксана Сергеевна Чистякова, *магистрант*

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Россия
E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Аннотация. В ФНАЦ ВИМ разработаны концептуальные основы создания автоматизированного комбайна для уборки картофеля с цифровой системой идентификации почвенных комков и их отделения от товарной продукции. Существующие машины выполняют технологический процесс в условиях повышенной влажности почвы, что отрицательно влияет на показатели качества уборки в результате снижения полноты сепарации. Для определения оптимальных значений разработанной сепарирующей системы и рекомендаций в последующих изменениях конструктивно-технологических параметров машин представлена конструктивная схема автоматизированного комбайна, принципиальная схема моделирования системы идентификации почвенных комков в среде Matlab/Simulink, выполнена выборка данных полевых исследований качества сепарирующей системы уборочной машины, а также показана работа нейронной сети и поверхность ошибки нейрона по идентификации почвенных комков в процессе движения по сепарирующей поверхности.

Ключевые слова: автоматизированный комбайн, цифровая система идентификации, уборка, сепарация, картофель, рабочие органы, сепарирующая система

CONCEPTUAL FRAMEWORKS FOR CREATING AN AUTOMATED POTATO HARVESTER WITH A DIGITAL SYSTEM FOR IDENTIFYING SOIL LUMPS AND SEPARATING THEM FROM COMMERCIAL POTATO PRODUCTS

A.S. Dorokhov, *Academician of the RAS*
A.V. Sibirev, *Grand PhD in Engineering Sciences*
M.A. Mosyakov, *PhD in Engineering Sciences*
N.V. Sazonov, *PhD in Engineering Sciences*
S.N. Petukhov, *PhD in Agricultural Sciences*
M.M. Godyaeva, *PhD Student*
D.N. Kynev, *PhD Student*
O.S. Chistyakova, *Master Student*

FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, Russia
E-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Abstract. FSC VIM has developed the conceptual basis for creating an automated potato harvester with a digital system for identifying soil lumps and separating them from marketable products. Existing machines carry out the technological process in conditions of high soil moisture, which negatively affects the quality of harvesting as a result of a decrease in the completeness of separation. To determine the optimal values of the developed separating system and recommendations for subsequent changes in the design and technological parameters of the machines, a design diagram of an automated harvester is presented, a schematic diagram of modeling a system for identifying soil lumps in the Matlab/Simulink environment, data selection from field studies of the operation quality of the harvesting machine separating system, as well as the work of the neural network system and the neuron error surface for identifying soil lumps while moving along the separating surface are shown.

Keywords: automated harvester, digital identification system, harvesting, separation, potatoes, working parts, separating system

* Работа выполнена при государственной поддержке РФФ конкурса 2022 года «Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными № 22-76-10002 / The work was carried out with the state support of the RNF of the 2022 contest "Conducting research by scientific groups under the leadership of young scientists" of the Presidential Program of research projects implemented by leading scientists, including young scientists No. 22-76-10002.

Повреждение клубней картофеля при механизированной уборке зависит от конструкции картофелеуборочных машин, материала, из которого изготовлены их рабочие органы и режимов работы. Не последнюю роль играют физико-механические свойства клубней, определяемые сортом, агротехникой возделывания, структурой почвы, климатическими условиями. [1, 7, 11] Но основное влияние на полноту сбора продукции, сохранение урожайности картофеля и экономический эффект производства оказывают технологии уборки.

Существующие конструкции уборочных машин представляют совокупность различных систем сепарации, для повышения качества работы и материалоемкости которых используют сочетание известных схем очистки, учитывая отрицательное действие веса на уплотнение почвенного слоя при уборке. [3, 5, 10]

В настоящее время не достаёт автоматизированных инструментов принятия решений, комплексно берущих данные различных информационных источников для поддержки и оптимизации производственных и технологических процессов.

Для повышения уровня автоматизации следует регистрировать важные параметры в реальном времени и включать их в массив данных. Необходимо выполнить обзор конструктивных схем специализированных машин, по результатам определить процессы автоматизации и разработать принципиальную конструктивно-технологическую схему комбайна для совершенствования технологического процесса уборки картофеля. [4, 8, 12]

Цель исследования – разработка автоматизированного уборочного комбайна с цифровой системой идентификации почвенных комков и их отделения от товарной продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На территории России наибольшее распространение получили элеваторные комбайны – AVR Esprit, Grimme GV 3000, Kverneland UN 2212, Bolko, Dewulf RA-3060.

Выбор данных машин обусловлен более высокими показателями качества работы по сравнению с устаревшей техникой производства ГДР (E-684, E665) и СССР (ККУ-2А, КПК-2, ККР-2), что подтверждается протоколами машинно-испытательных станций.

На основании анализа конструктивных решений, представленных выше машин для уборки картофеля можно сделать вывод, что для более качественного и оперативного управления сложными процессами в современном сельскохозяйственном производстве, их оптимизации по определенным критериям, необходимо слияние различных показателей, получаемых от сенсоров разных типов и информационных источников. [2] Доступные важные и ценные данные не могут быть полностью использованы, если неизвестны алгоритмы их взаимосвязей.

Приводы элеваторов большинства уборочных машин выполнены с возможностью регулировки скорости вращения, но на практике для повышения чистоты сходового вороха чаще всего этот параметр устанавливается на максимальное значение, что

в значительной мере увеличивает содержание травмированных корнеплодов и луковиц.

Все чаще применяют электронные системы контроля и поддержания оптимальных режимов работы машин для уборки корнеплодов и лука с помощью специальных датчиков, оценивающих уровень загрузки сепарирующих элеваторов. Данные обрабатываются бортовым компьютером, и по заданному оптимизационному алгоритму устанавливается скорость элеваторов. Это позволяет исключить вмешательство человека в технологический процесс сепарации и снизить количество травмированных корнеплодов и луковиц. [9]

Основное условие эффективного использования картофелеуборочных машин – загрузка рабочих органов. В зависимости от физико-механических свойств продукта одно и то же количество товарной продукции, поступающее в комбайн, может привести к различной степени загрузки. Для уборочных агрегатов и самоходных шасси разработана широкая номенклатура универсальных систем автоматического контроля (УСАК) частоты вращения рабочих органов и сигнализации отклонений данных параметров от нормы.

Система внедрена на ботвоуборочных (БМ-4, БМ-6), свеклоуборочных (РКС-4, КС-6, РКМ-6) машинах, картофелеуборочном комбайне КСК-4. Известно, что сепарирующая способность пруткового элеватора зависит от угла наклона α и скорости $v_{эл}$ (рис. 1).

Схема картофелеуборочного комбайна с цифровой системой элементов искусственного интеллекта показана на рисунке 2 [6].

При движении машины по полю катки-диаболо 2, перемещаясь по междурядьям, обеспечивают необходимую глубину подкапывания. Пассивные плоские обрезные диски 4 подрезают почвенный пласт секционными лемехами 3 на глубину ниже залегания корнеплодов, картофеля и лука и предотвращают его разваливание. Затем масса вороха поступает на приемный сепарирующий элеватор 5, где от продукта отделяется крупноразмерная примесь с помощью встряхивателя 9. Далее ворох попадает на поперечно-пальчатое полотно переноса продукта элеватора 6 для очищения от более мелких примесей. В случае небольшой массы вороха положение полотна элеватора 6 не изменяется и остается горизонтальным, при ее увеличении автоматически происходит срабатывание датчиков 12, размещенных на полотне, сигнал поступает на блок управления 10,

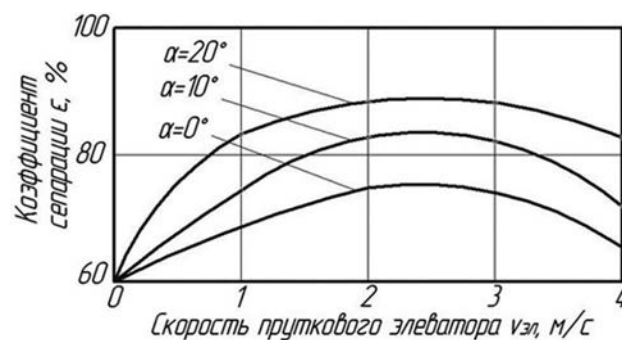


Рис. 1. График зависимости коэффициента сепарации ϵ от угла наклона α пруткового элеватора и поступательной скорости движения $v_{эл}$.

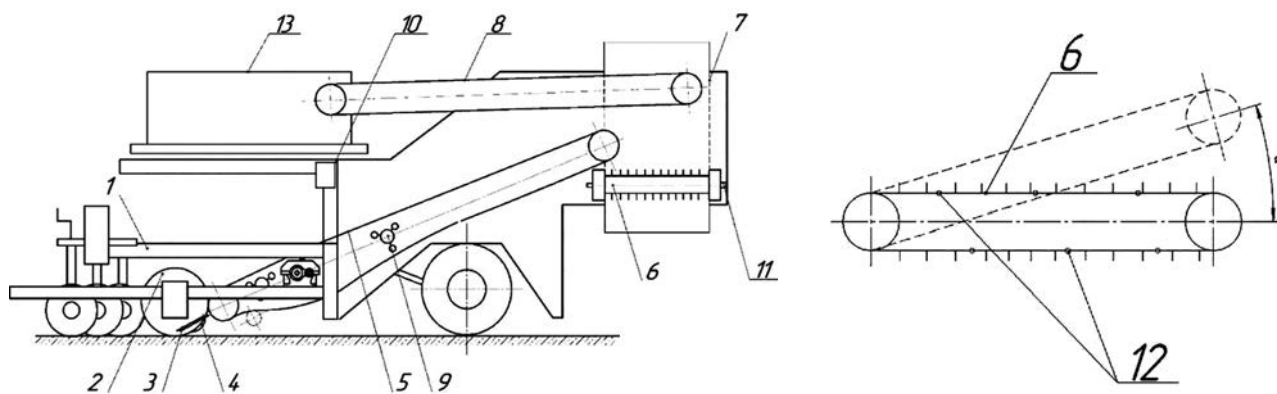


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема картофелеуборочного комбайна с цифровой системой элементов искусственного интеллекта: 1 – рама; 2 – каток-диаболо; 3 – плоский секционный лемех; 4 – диск обрезной; 5 – приемный элеватор; 6 – элеватор переноса продуктов; 7 – горка выносная; 8 – основной элеватор; 9 – встряхиватель; 10 – блок управления; 11 – механизм исполнительный; 12 – датчик массы; 13 – бункер приемный.

который приводит в действие исполнительный механизм 11, поднимающий заднюю часть полотна на угол 15...20°. Он считается оптимальным, поскольку увеличивается время сепарации, что позволяет более эффективно отделять примеси. После снижения массы снова срабатывают датчики 12 и по той же схеме полотно возвращается в исходное положение. Величина заданной массы зависит от урожайности убираемой культуры, а время сепарации – от физико-механического состава и влажности почвы. Качество убираемой продукции повышается и снижается ее травмируемость. Отсепарированная масса поступает на продольную выносную горку 7, которая перемещает корнеплоды, картофель и лук в безударном рабочем режиме на основной сепарирующий прутковый элеватор 8, при этом удаляются оставшиеся почвенно-растительные примеси. Затем поток поступает в бункер 13 машины, который после заполнения сбрасывает очищенный продукт, например, в кузов транспортного средства.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Приводы элеваторов большинства уборочных машин выполнены с возможностью регулировки скорости вращения, но на практике для повышения чистоты сходового вороха чаще всего данный параметр устанавливается на максимальное значение, что приводит к росту травмированных корнеплодов и луковиц в сходе.

Применение нейронных сетей в системах управления повышает качество функционирования сложных систем с нелинейными объектами и связями (рис. 3).

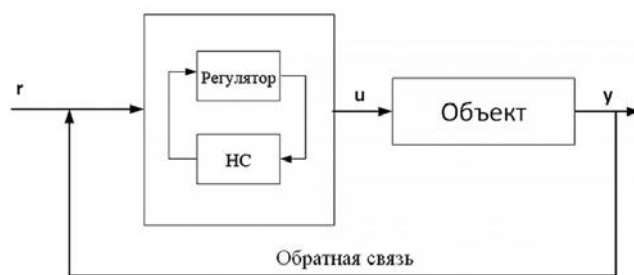


Рис. 3. Схема системы регулирования с использованием нейросетевой модели.

В вычислительном модуле системы синтезируется нейроконтроллер, который для определенного момента времени при известных данных входных возмущений с помощью нейросети (НС) находит значение управляющего воздействия с последующей его реализацией на управляющем модуле. На вход системы подается сигнал текущего значения скорости и вычисляется эталонное. Соответствующие массивы входных и выходных данных регулятора применяют для нахождения управляющего воздействия, минимизирующего отклонение оптимальных и фактических величин очистки клубней картофеля от механических примесей. Информация поступает в систему управления (СУ) машины. На основании данных о скорости u (в нашем случае – V) строится и обучается нейромодель объекта, ее выходные сигналы максимально приближены к выходным сигналам реального объекта, в качестве которого будет выступать поливная норма – y (в нашем случае – m). Строится процесс обучения нейромодели управления полнотой сепарации. Для создания обучающего множества на вход объекта управления подается случайный процесс V – значения полноты сепарации (согласно агротехническим требованиям и протоколам машинно-испытательных станций). На территории Российской Федерации для этой цели построены государственные зональные машиноиспытательные станции (МИС). За время их существования были исследованы образцы картофелеуборочных комбайнов элеваторного и бункерного типа: Grimme SE 150-60; AVR Esprit; AVR Spirit 6200; AVR Spirit 8200; Grimme BR-150; Grimme DR 150; Grimme GT 170; Grimme GT 300; Grimme SE-260; двухрядный AVR Accent; ККР-2 (см. таблицу).

Задача обучения нейронной сети – найти значения $w_{1,k}, w_{2,k}, \dots, w_{n,k}$ и b_k , имея заданные наборы данных.

На первом этапе собирали исходные данные действующих широкозахватных дождевальных машин, необходимые для синтеза нейроконтроллера, а также программы расчета оптимальных показателей качества уборки. [8] Выборка данных полевых исследований фактических значений представлена на рисунке 4.

Задача синтеза нейроконтроллера требует скрупулезной работы по подбору топологии нейронных

Результаты испытаний картофелеуборочной техники

Марка и модель	Технологический показатель, %	Скорость комбайна, км/ч	Протокол
Grimme SE 150-60	Потери – 1,7 чистота вороха клубней – 98,3 повреждение клубней – 12,5	5,6	№ 10-41-17 (6240632)
AVR Esprit	Потери – 0,7...0,8 чистота вороха клубней – 91,2...91,8 повреждение клубней – 1,2	3,9...4,6	№ 03-60-06 (4090062)
AVR Spirit 6200	Потери – 1,8 чистота вороха клубней – 95,4 повреждение клубней – 1,5	3,96	№ 03-70-13 (5090052)
AVR Spirit 6200	Потери – 0,1 чистота вороха клубней – 99,7 повреждение клубней – 4	2,9	№ 03-34-16 (2090052)
AVR Spirit 8200	Потери – 0,3 чистота вороха клубней – 99 повреждение клубней – 3,3	5,8	№ 03-43-19 (5090012)
AVR Spirit 8200	Потери – 1...1,1 чистота вороха клубней – 88,4...90,6 повреждение клубней – 1,3...1,4	3,55...5,6	№ 03-54-06 (4090132)
Grimme BR150	Потери – 0,4 чистота вороха клубней – 89,8 повреждение клубней – 5	5,5	№ 08-20-2015 (5090022)
Grimme DR 150	Потери отсутствуют чистота вороха клубней – 80,4 повреждение клубней отсутствуют	4,8	№ 08-26-2016 (5090092)
Grimme GT 170	Потери – 1,5 чистота вороха клубней – 87,5 повреждение клубней – 0,35	4,5	№ 08-39-2013 (5090022)
Grimme GT 300	Потери – 2 чистота вороха клубней – 85,7 повреждение клубней – 0,5	4,3	№ 08-37-2013 (5090032)
Grimme SE260	Потери – 1 чистота вороха клубней – 86,7 повреждение клубней – 2,6	5,3	№ 08-29-2015 (5090032)
AVR Accent	Потери – 0,5...0,8 чистота вороха клубней – 86,1...88,6 повреждение клубней – 2,94...3,25	3,7	№ 03-53-06 (4090052)
ККР-2	Потери – 0,5 чистота вороха клубней – 100 повреждение клубней – 3,3	2,8	№ 03-91-19 (5090022)

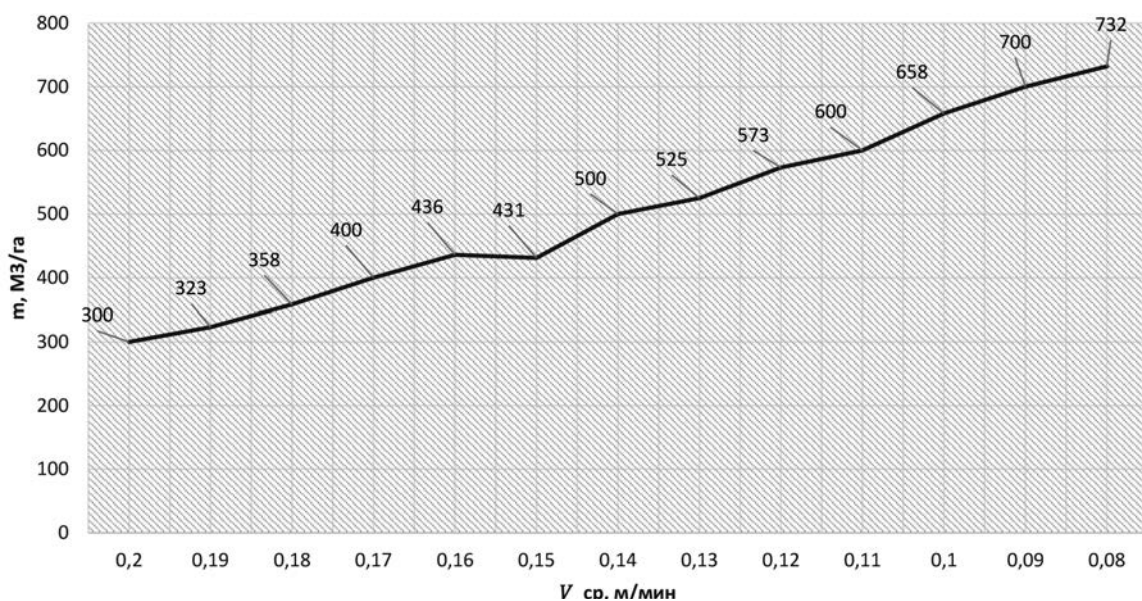


Рис. 4. Выборка данных полевых исследований.

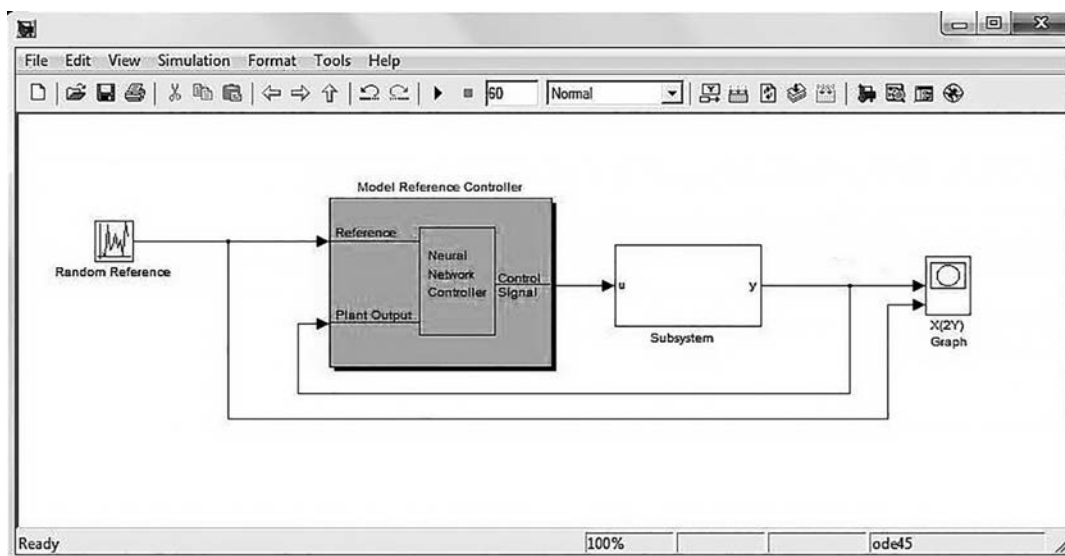


Рис. 5. Принципиальная схема моделирования в обозначениях системы Matlab/Simulink.

сетей, параметров обучения. Должна быть получена нейронная сеть, представляющая модель контроллера, правильно вырабатывающая выходной сигнал на обучающем множестве.

Для проверки адекватности модели формируют выходной сигнал системы на тестовом множестве. Исходя из результатов, можно заключить, что нейромодель вырабатывает выходной сигнал, соответствующий ожидаемому, при этом ошибка (разница между требуемой и фактической величиной поливной нормы) – минимальная. Нейронная сеть должна быть способна передать динамику процесса.

Принципиальная схема моделирования в программной среде Matlab/Simulink изображена на рисунке 5.

Нейронная сеть обучается на основе этих данных с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта. Алгоритм показывает лучшие результаты по сравнению с другими, хотя и требует большего объема памяти. Была выбрана структура нейронной сети, позволяющая наиболее точно описать динамику системы: два слоя (первый содержит шесть нейронов, второй – один), функция активации – гиперболический тангенс, функция качества об-

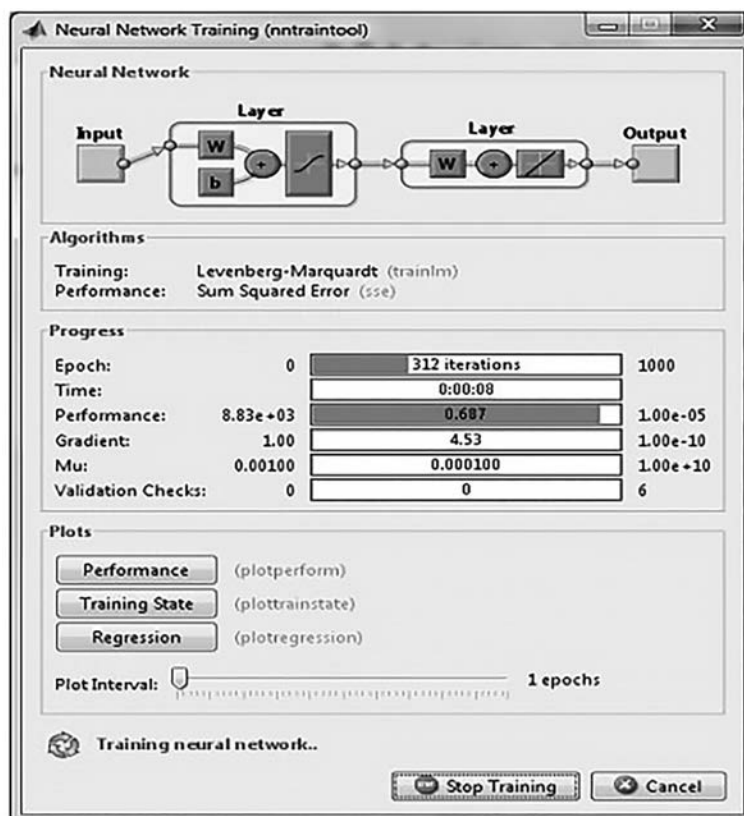


Рис. 6. Обучение нейросети в Matlab.

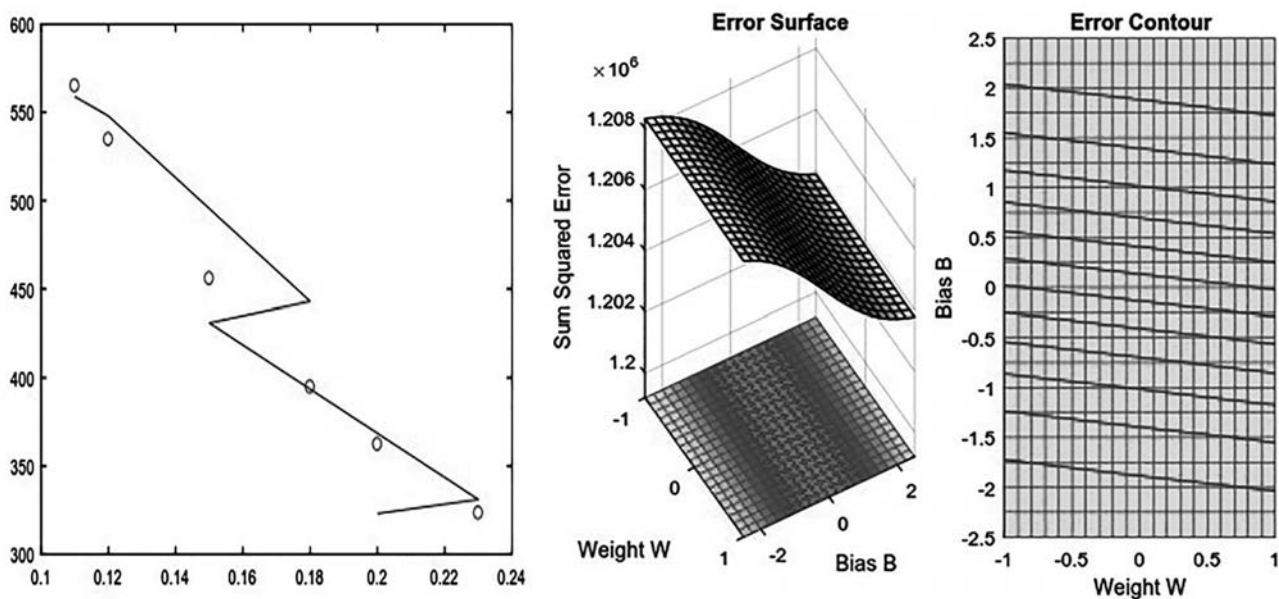


Рис. 7. Работа сети (слева) и поверхность ошибки нейрона (справа).

учения – среднеквадратическая ошибка. Процесс обучения приведен на рисунке 6.

Матрицы весовых коэффициентов первого и второго слоев (W_1 и W_2), а также векторы смещений (b_1 и b_2) имеют значения:

$$W_1 = \begin{bmatrix} -8.5276 \\ 8.4022 \\ -8.3422 \\ 8.4009 \\ -8.406 \\ 8.3973 \end{bmatrix}, \quad b_1 = \begin{bmatrix} 8.2727 \\ -5.0357 \\ 2.0904 \\ 1.6856 \\ -5.0327 \\ 8.4032 \end{bmatrix}$$

$$W_2 = [-0.69215 \quad 0.06806 \quad 1.6576 \quad 0.6581 \quad 1.0787 \quad 0.14988],$$

$$b_2 = [0.064735].$$

Графическая иллюстрация работы сети приведена на рисунке 7 (элементы обучающей выборки отображены точками, сплошная линия – выход сети).

Проведенное исследование ошибок и линий уровня для нейрона в зависимости от весов W и смещений b иллюстрирует адекватные параметры обучения. Лучший вес и значение порога – это самые низкие точки на поверхности ошибки. Затем данная сеть подключается к регулятору. Весовые коэффициенты сети считаются постоянными, а настраиваются лишь веса сети-регулятора, минимизируя расхождение отклика эталонной модели и заданных нейронных сетей на одинаковый входной сигнал. После обучения регулятор используется в контуре управления.

Выводы. Разработана конструктивная схема автоматизированного комбайна для уборки картофеля с цифровой системой идентификации почвенных комков в среде Matlab/Simulink и их отделения от товарной продукции, выполнена выборка данных полевых исследований показателей качества работы сепарирующей системы, представлены показатели нейронной сети и поверхность ошибки нейрона по идентификации почвенных комков при движении по сепарирующей поверхности уборочной машины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бышов Н.В., Сорокин А.А., Успенский И.А. и др. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин: Учеб. пособие. Рязань: Изд-во РГСХА, 2005. 282 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002859051>
2. Дорохов А.С., Аксенов А.Г., Сибирёв А.В. и др. Теоретические предпосылки повышения сепарирующей системы машины для уборки корнеплодов тепловой энергией системы отработавших газов // Вестник Казанского ГАУ. 2021. № 1 (61). С. 71–77. URL: http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021_ru
3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. и др. Современные технологии и техника для сельского хозяйства – тенденции выставки Agritechnika 2019. Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28–40. URL: <https://journals.eco-vector.com/0321-4443/article/view/66556>
4. Камалетдинов Р.Р. Объектно-ориентированное имитационное моделирование в среде теории информации (информационное моделирование) // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. Т. 1. № 14. С. 186–194. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17693760>
5. Костенко М.Ю., Костенко Н.А. Вероятностная оценка сепарирующей способности элеватора картофелеуборочной машины // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 12. С. 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13022951>
6. Патент № 2799653 Россия, МПК A01 D 17/22 Машина для уборки корнеплодов, картофеля и лука / А.С. Дорохов, А.В. Сибирёв, А.Г. Аксенов и др. № 2023101961, Заяв. 17.02.2023; Опубл. 07.07.2023, Бюл. № 19. <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=fe83b8b7880f1706dedbf75772fbb9ca>
7. Протасов А.А. Функциональный подход к созданию лукоуборочной машины // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2011. № 2 (47). С. 37–43. URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/funktionalnoy-podhod-k-sozdaniyu-lukouborochnoy-mashiny>
8. Рейнгарт Э.С., Сорокин А.А., Пономарев А.Г. Унифицированные картофелеуборочные машины нового поколения // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 10. С. 3–5. URL: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
 9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2023620546. Динамическое и статическое воздействие по разрушению комков почвы при уборке картофеля и корнеплодов / А.С. Дорохов, А.В. Сибирев, А.Г. Аксенов и др. Опубл. 13.02.2023. 1 с. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
 10. Сорокин А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин (монография). М.: ВИМ. 2006. 159 с. URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
 11. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. № 2 (58). С. 63–75. URL: http://www.inmateh.eu/INMATEH_2_2019/INMATEH-Agricultural_Engineering_58_2019.pdf
 12. Dorokhov A., Didmanidze O., Aksenov A. et al. The Results of Experimental Studies of the Physical and Mechanical Properties of an Elastic-Plastic Material for Tribological Properties during Separation. Agriculture. 2023. 13. 1735. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091735>
- REFERENCES**
1. Byshov N.V., Sorokin A.A., Uspenskij I.A. i dr. Principy i metody rascheta i proektirovaniya rabochnih organov kartofeleuborochnyh mashin: Ucheb. posobie. Ryazan': Izdvo RGSKHA, 2005. 282 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002859051>
 2. Dorokhov A.S., Aksenov A.G., Sibiryov A.V. I dr. Teoreticheskie predposylki povysheniya separiruyushchej sistemy mashiny dlya uborki korneplodov teplovoj energiej sistemy otrabotavshih gazov // Vestnik Kazanskogo GAU. 2021. № 1 (61). С. 71–77. URL: http://www.vestnik-kazgau.com/stranitsi/vestnik-kazanskogo-gau-1-60-2021_ru
 3. Izmajlov A.Yu., Lobachevskij Ya.P., Dorokhov A.S. i dr. Sovremennye tekhnologii i tekhnika dlya sel'skogo hozyajstva – tendencii vystavki Agritechnika 2019. Traktory i sel'hoz mashiny. 2020. № 6. С. 28–40. URL: <https://journals.eco-vector.com/0321-4443/article/view/66556>
 4. Kamaletdinov R.R. Ob"ektno-orientirovannoe imitacionnoe modelirovanie v srede teorii informacii (informacionnoe modelirovanie) // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2012. Т. 1. № 14. С. 186–194. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17693760>
 5. Kostenko M.Yu., Kostenko N.A. Veroyatnostnaya ocenka separiruyushchej sposobnosti elevatora kartofeleuborochnoj mashiny // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. 2009. № 12. С. 4. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13022951>
 6. Patent № 2799653 Rossiya, МПК А01 D 17/00 Mashina dlya uborki korneplodov, kartofelya i luka / A.S. Dorokhov, A.V. Sibiryov, A.G. Aksenov i dr. № 2023101961, Zayav. 17.02.2023; Opubl. 07.07.2023, Byul. № 19. <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=fe83b8b7880f1706dedbf75772fbb9ca>
 7. Protasov A.A. Funkcional'noj podhod k sozdaniyu lukouborochnoj mashiny // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet im. V.P. Goryachkina. 2011. № 2 (47). С. 37–43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/funktionalnoy-podhod-k-sozdaniyu-lukouborochnoy-mashiny>
 8. Rejngart E.S., Sorokin A.A., Ponomarev A.G. Unificirovannye kartofeleuborochnye mashiny novogo pokoleniya // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. 2006. № 10. С. 3–5. URL: <http://www.avtomash.ru/gur/2006/200610.htm>
 9. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM RU № 2023620546. Dinamicheskoe i staticheskoe vozdejstvie po razrusheniyu komkov pochvy pri uborke kartofelya i korneplodov / A.S. Dorokhov, A.V. Sibiryov, A.G. Aksenov i dr. Opubl. 13.02.2023. 1 s. URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet
 10. Sorokin A.A. Teoriya i raschet kartofeleuborochnyh mashin (monografiya). М.: ВИМ. 2006. 159 s. URL: <http://vniiesh.ru/results/katalog/2342/16135.html>
 11. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines // INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. № 2 (58). С. 63–75. URL: http://www.inmateh.eu/INMATEH_2_2019/INMATEH-Agricultural_Engineering_58_2019.pdf
 12. Dorokhov A., Didmanidze O., Aksenov A. et al. The Results of Experimental Studies of the Physical and Mechanical Properties of an Elastic-Plastic Material for Tribological Properties during Separation. Agriculture. 2023. 13. 1735. <https://doi.org/10.3390/agriculture13091735>

Поступила в редакцию 16.07.2023

Принята к публикации 30.07.2023